



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LAS INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO PARA AHUMADO DE CARNE Y QUESO PARA LOS LABORATORIOS DE AGROINDUSTRIA SALACHE”

Autores:

Aquieta Rivera Diego Segundo

Garzón Villarroel Jimmy Wladimir

Tutor:

Ing. Andrés German Arévalo Zabala M.Sc.

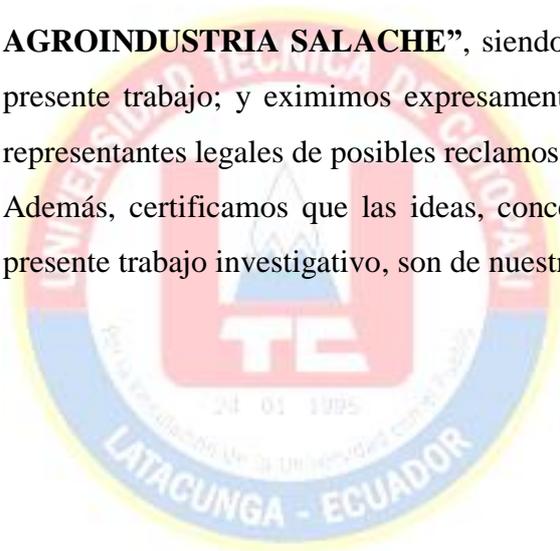
Latacunga - Ecuador

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Garzón Villarroel Jimmy Wladimir y Diego Segundo Aquieta Rivera declaramos ser autores del presente proyecto de tecnológico: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO PARA AHUMADO DE CARNE Y QUESO PARA LOS LABORATORIO DE AGROINDUSTRIA SALACHE”**, siendo el Ing. Andrés German Arévalo Zabala tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Aquieta Rivera Diego Segundo

C.I. 1722578232



Garzón Villarroel Jimmy Wladimir

C.I. 0503794380



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO PARA AHUMADO DE CARNE Y QUESO PARA LOS LABORATORIO DE AGROINDUSTRIA SALACHE”, de Aquieta Rivera Diego Segundo con C.I. 172257823-2 y Garzón Villarroel Jimmy Wladimir con C.I. 050379438-0, de la carrera de Ingeniería Electromecánica considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto de investigación que el Consejo Directivo de la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

Latacunga, julio del 2018

Ing. Andrés German Arévalo Zabala Ms.C

CC.171032684-2

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: y AQUIETA Rivera Diego Segundo con C.I. 172257823-2 y Garzón Villarroel Jimmy Wladimir con C.I. 050379438-0 con el título de Proyecto de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO PARA AHUMADO DE CARNE Y QUESO PARA LOS LABORATORIO DE AGROINDUSTRIA SALACHE”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, julio del 2018

Para constancia firman:



Lector 1

Ing. Enrique Torres Tamayo; Ph.D.

C.I.175712194-0

Universidad
Técnica de
Cotopaxi

Lector 2

Ing. Luis Rolando Cruz Panchi; Ms.C.

C.I.050259517-6



Lector 3

Ing. Yadira Araceli Herrera Martínez; M.B.A

C.I. 050290485-7

AVAL DE IMPLEMENTACION

Con el presente documento, hago constar que los estudiantes, **AQUIETA RIVERA DIEGO SEGUNDO** con C.I. 172257823-2 y **GARZÓN VILLARROEL JIMMY WLADIMIR** con C.I. 050379438-0, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi implementaron en el proyecto de Granos Andinos cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO PARA AHUMADO DE CARNE Y QUESO PARA LOS LABORATORIOS DE AGROINDUSTRIA SALACHE”**, ubicado en la ciudad de Latacunga

Los autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la universidad.

Latacunga, Julio 2018



Dr. Marcó Rivera M.
C.I.: 050151895-5

Responsable del Proyecto Granos Andinos

AGRADECIMIENTO 1

Primero quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza de llegar a esta instancia de mi vida y demostrarme que no hay imposibles para él.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi madre hermosa Matilde Rivera porque a pesar de las adversidades y dificultades de la vida me ayudo a cumplir mis sueños y mis metas sin importarle lo que piensen los demás, a mi mujer hermosa Jessica Navarro por ser uno de los pilares fundamentales de mi vida quien me fortaleció en momentos difíciles y me dio ánimos para poder culminar mi sueño, sin ustedes no lo hubiera logrado Dios les pague por todo.

Diego

AGRADECIMIENTO 2

Quiero expresar mi gratitud a Dios por permitirme llegar a culminar mi carrera y a toda mi familia por estar siempre presente.

Mi profundo agradecimiento a mi madre Fabiola Villarroel por ser un pilar fundamental en el trascurso de mi vida y de mi formación como profesional, por ser padre y madre a la vez, ya que con su esfuerzo, apoyo incondicional, consejos y palabras de aliento permitió que saliera adelante consiguiendo mis objetivos.

Agradezco a Piedad Villarroel a quien considero mi segunda madre, por velar por mi bienestar, cuidándome y guiándome para verme realizado como profesional, quien ha creído en mí siempre, dándome ejemplo de humildad y sacrificio , enseñándome a valorar todo lo que tengo.

A estas dos personas agradezco porque han fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida, lo que han contribuido a la consecución de este logro espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

He logrado lo que ellas tanto anhelaban, tener un Ingeniero en casa, con lucha y sacrificio entre altos y bajos no les he defraudado y hoy aquí comienza una nueva etapa de mi vida.

Jimmy

DEDICATORIA 1

Este logro quiero dedicárselo a mi madre Matilde Rivera, a mi hijo Matías Aquieta ya que fueron ellos mi inspiración para seguir sin decaer en ningún momento los amo demasiado por ustedes fue mi esfuerzo y constancia.

A mi mujer Jessica Navarro por ayudarme en todo momento y cuidarme y encaminarme por el camino del bien y hacer de mí un mejor hombre y un buen padre.

A mis hermanas Amparo, Narcisa y Fernanda que siempre estuvieron pendientes y me dieron ánimos de seguir y no decaer.

Diego

DEDICATORIA 2

Esta propuesta tecnológica dedico a la memoria de mi abuelito Luis Gonzalo Villarroel Través por haber sido una persona extraordinaria, un abuelo que talvez pocos nietos hayan tenido, siempre estuve orgulloso de tener un abuelo como él, pero dios no nos permitió llegar a culminar juntos nuestras alegrías porque hace seis meses se te me adelantaste, estabas deseoso que tu nieto se graduara de Ingeniero porque eso fue tu más grande orgullo y ahora que no está presente físicamente , pero yo sé que estas aquí guiándome y recordando los consejos llenos de motivación y alegría que a pesar de tu ausencia me impulsaron a seguir adelante y de todo corazón con ese amor y cariño que te tuve no me olvidado de ti abuelito ,por tal razón dedico este proyecto porque fuiste una parte súper importante en mi vida. A tu memoria

Jimmy

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACION.....	v
AGRADECIMIENTO 1	vi
AGRADECIMIENTO 2	vii
DEDICATORIA 1	viii
DEDICATORIA 2.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xix
RESUMEN.....	xx
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xxii
1. INFORMACIÓN BÁSICA.....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1. Título de la propuesta tecnológica	2
2.2. Tipo de alcance	2
2.3. Área del conocimiento:.....	3
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica	3
2.5. Objeto de estudio y campo de acción	3
2.5.1. Objeto de estudio.....	3
2.5.2. Campo de acción	3
2.6. Situación problémica y problema	4
2.6.1. Situación problémica:.....	4
2.6.2. Problema.....	4

2.7.	Hipótesis o formulación de pregunta científica	4
2.8.	Objetivo(s)	5
2.8.1.	Objetivo general	5
2.8.2.	Objetivos específicos.....	5
2.9.	Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	5
3.	MARCO TEÓRICO.....	6
3.1.	Horno	6
3.2.	Tipos de Hornos	6
3.2.1.	Horno eléctrico	6
3.2.2.	Horno Solar.....	7
3.2.3.	Horno microondas	7
3.2.4.	Horno de leña.....	7
3.2.5.	Horno de gas	8
3.2.6.	Horno Atmosférico	8
3.3.	El ahumado	9
3.4.	Propósito del ahumado.....	9
3.5.	Clases de ahumado.....	10
3.5.1.	Ahumado en caliente	10
3.5.2.	Ahumado en frío.....	10
3.6.	Parámetros inherentes a la tecnología del Ahumado	11
3.6.1.	Tiempos y temperaturas de ahumado de carnes	11
3.7.	La madera.....	13
3.8.	Compuestos derivados de los principales constituyentes de la madera	13
3.9.	Clasificación de las maderas para el ahumado	13
3.9.1.	Maderas Duras:.....	13
3.9.2.	Maderas Blandas:	14
3.10.	Maderas Recomendadas para el ahumado	14

3.11.	Descripción de maderas	15
3.12.	Descomposición Térmica de la madera	15
3.12.1.	Formas de descomposición térmica de la madera	15
3.13.	Temperatura de Combustión de la madera	16
3.14.	Contenido de humedad en la madera	17
3.15.	El humo.....	18
3.15.1.	Producción del humo del ahumado	18
3.15.2.	Composición del humo.....	18
3.16.	Factores que influyen en la composición del humo.....	19
3.16.1.	La naturaleza de la madera (Composición)	19
3.16.2.	La temperatura de pirolisis (combustión).....	19
3.16.3.	La cantidad de oxígeno introducido en la combustión	20
3.17.	Tipos de generadores de humo	20
3.17.1.	Generador convencional de humo	20
3.17.2.	Generador de humo por fricción.....	21
3.17.3.	Generador de humo húmedo.....	21
3.17.4.	Generador de humo fluido.....	21
3.17.5.	Generador de humo por carbonización.....	22
3.18.	Efectos consecuentes del humo en el ahumado	22
3.19.	Partes principales de un horno ahumador	22
3.19.1.	Cámara de ahumado	23
3.19.2.	Cámara de Quemado	24
3.20.	Funcionamiento del horno ahumador	24
3.21.	Construcción del horno Ahumador	25
3.22.	Acero Inoxidable en la industria alimenticia	26
3.23.	Tipos de aceros Inoxidables.....	26
3.23.1.	Acero Galvanizado	27

3.24.	Aislamiento Térmico	27
3.24.1.	Razones básicas para el aislamiento térmico de equipos y procesos	28
3.24.2.	Clasificación de los aislamientos térmicos	28
3.24.3.	Fibras minerales.....	28
3.24.4.	Lana de Escoria / Lana de Roca	28
3.24.5.	Lana de vidrio	29
3.24.6.	Fibra cerámica	29
3.24.7.	Aislantes térmicos celulares	30
3.24.8.	Aislantes térmicos granulares.....	30
3.25.	Sistema de control del encendido del horno	30
3.26.	Descripción general del encendido electrónico horno de gas.....	31
3.26.1.	Piloto intermitente	31
3.26.2.	Encendido por superficie caliente.....	31
4.	METODOLOGÍA	32
4.1.	Señalización de variables.....	32
4.2.	Operacionalización de variables	32
4.3.	Metodología de ecuaciones.....	33
4.3.1.	Calentamiento inicial.....	34
4.3.2.	Operación de la cámara de secado.....	38
4.3.3.	Cálculo térmico fase operación	39
4.3.4.	Cálculo térmico cámara de secado	39
4.3.5.	Cálculo del ventilador –Extractor.....	39
4.4.	Metodología de materiales.....	40
4.4.1.	Acero inoxidable.....	40
4.4.2.	Lana de vidrio	40
4.5.	Metodología de instrumentos.....	41
4.6.	Equipos de automatización y control.....	41

4.6.1.	Termocupla tipo J	41
4.6.2.	Control de temperatura delta	41
4.6.3.	Electroválvula de gas	42
4.6.4.	Encendedor eléctrico	42
4.6.5.	Extractor	43
4.6.6.	PLC S7-200	43
4.6.7.	Indicadores luminosos	44
4.7.	Material eléctrico	44
4.7.1.	Cable AWG14	44
4.7.2.	Cable de alta temperatura	45
4.8.	Material Mecánico	45
4.8.1.	Caja para tablero de control.....	45
4.9.	Flautín de GLP	46
4.10.	Metodología experimental	46
4.10.1.	Diagrama de Pareto	46
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	47
5.1.	Alcance de alternativas	47
5.2.	Detalle de la construcción del horno ahumador.....	48
5.3.	Análisis de funcionamiento del horno ahumador	49
5.4.	Arquitectura del horno ahumador	49
5.5.	Dimensionamiento	50
5.5.1.	Cálculo Ventilador extractor	55
5.6.	Diseño del sistema de control	56
5.6.1.	Programación en TIA PORTAL V14.....	56
5.7.	Pruebas Realizadas.....	57
5.8.	Resultados	57
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	58

6.1.	Presupuesto	58
6.2.	Gastos directos	59
6.3.	Análisis de impactos	60
6.3.1.	Impacto practico	60
6.3.2.	Impacto Simbólico.....	60
6.3.3.	Impacto Tecnológico	60
6.3.4.	Impacto epistemológico.....	60
6.3.5.	Impacto económico.....	61
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
7.1.	Conclusiones	61
7.2.	RECOMENDACIONES.....	61
8.	REFERENCIAS	62
	ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Área del conocimiento.....	3
Tabla 2.2. Sistema de tareas por objetivos	5
Tabla 3.1. Clases de ahumado	11
Tabla 3.2. Tiempos y temperaturas de ahumado de carnes	12
Tabla 3.3. Porcentaje de Lignina, Celulosa, Hemicelulosa en maderas	14
Tabla 3.4. Maderas Duras recomendadas para el ahumado	14
Tabla 3.5. Maderas más utilizadas en base al alimento a ahumar	15
Tabla 3.6. Poder calorífico y tiempo de combustión de las maderas duras.....	17
Tabla 3.7. Familia de compuestos específicos que posee la madera en base a su aroma.....	19
Tabla 3.8. Compuestos del humo y sus funciones en alimentos	20
Tabla 3.9. Clasificación de los Aceros Inoxidables.....	26
Tabla 3.10. Clasificación del diseño de presentación de la lana de escoria /lana de roca.....	29
Tabla 3.11. Clasificación del diseño de presentación de la Fibra de vidrio	29
Tabla 3.12. Clasificación del diseño de presentación de la Fibra cerámica	29
Tabla 4.1. Métodos de Investigación empleados.....	32
Tabla 4.2. Operacionalización de variables del sistema.....	33
Tabla 4.3. Operacionaización de variables del programa.....	33
Tabla 4.4. Acero inoxidable utilizado para la construcción del horno ahumador	40
Tabla 4.5. Propiedades y características de la lana de vidrio	40
Tabla 4.6. Especificaciones Técnicas del cable AWG 14	44
Tabla 4.7. Análisis de Maderas para ahumado	46
Tabla 5.1. Alcance de las alternativas	48
Tabla 6.1. Detalle de costos de elementos mecánicos	59
Tabla 6.2. Detalle de costos de elementos eléctricos y electrónicos	59
Tabla 6.3. Detalle de costos de construcción y manufactura.....	59
Tabla 6.4. Total de gastos Directos	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama Causa –Efecto.....	4
Figura 3.1. Horno eléctrico.....	6
Figura 3.2. Partes de un horno solar	7
Figura 3.3. Horno Microondas mediante Ondas electromagnéticas.....	7
Figura 3.4. Horno de leña	8
Figura 3.5. Horno a gas	8
Figura 3.6. Horno Atmosférico.....	9
Figura 3.7. Alimentos sometidos al proceso de ahumado tradicional en cuartos cerrados	9
Figura 3.8. Descripción de los componentes principales de la madera.....	13
Figura 3.9. Rangos de temperatura para ahumar utilizando madera verde	16
Figura 3.10. Grafica humedad (%) vs poder calorífico (Kw/h/kg)	18
Figura 3.11. Representación gráfica de una sustancia volátil y una molécula de fenol	19
Figura 3.12. Partes principales del ahumador.....	23
Figura 3.13. Cámara de ahumado construida de acero inoxidable	23
Figura 3.14. Cámara de quemado ubicada en la parte interior del horno ahumador.....	24
Figura 3.15. Proceso de funcionamiento del ahumador	25
Figura 3.16. Horno ahumador manual construido de acero inoxidable.....	25
Figura 3.17. Aplicaciones del Acero Inoxidable	26
Figura 3.18. Horno eléctrico recubierto de material termoaislante	28
Figura 3.19. Partes principales de un sistema de encendido automático de un horno a gas ..	30
Figura 3.20. Filamento de encendido del sistema de Ignición de superficie caliente	31
Figura 4.1. Termocupla tipo J implementada en el ahumador	41
Figura 4.2. Control de temperatura delta utilizado en el horno ahumador.....	42
Figura 4.3. Válvula solenoide utilizada en el horno ahumador	42
Figura 4.4. Encendedor eléctrico utilizado en el sistema de encendido del ahumador	43
Figura 4.5. Extractor de humo utilizado en el horno ahumador	43
Figura 4.6. PLCS 7200 utilizado en la Programación	44
Figura 4.7. Indicadores luminosos para verificar el estado del equipo Off/ On.....	44
Figura 4.8. Cable de alta temperatura usado en la Instalación del horno ahumador	45
Figura 4.9. Caja para tablero de control utilizada para el horno ahumador	45
Figura 4.10. Flautín de gas utilizado en el horno ahumador	46

Figura 4.11. Diagrama de Pareto de los diferentes tipos de madera	47
Figura 5.1 Distribución de carne para obtener volumen de la cámara de ahumado.....	50
Figura 5.2. Programacion en TIA PORTAL V14	56
Figura 5.3. Bloques de programación TIA PORTAL V14.....	57
Figura 5.4. Tabla de temperatura de operación	58
Figura 5.5. Curva de temperatura de operación.....	58

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 4.1. Calor necesario para elevar la temperatura de la carne	34
Ecuación 4.2. Calor necesario para elevar la Temperatura de la estructura	34
Ecuación 4.3. Calor necesario para elevar la temperatura del aire en el interior de la cámara	35
Ecuación 4.4. Calor necesario para precalentar la carne.	35
Ecuación 4.5. Calor necesario para compensar pérdidas de las paredes	36
Ecuación 4.6. Coeficiente global de trasferencia de calor de las paredes	36
Ecuación 4.7. Coeficiente de convección	37
Ecuación 4.8. Calor necesario para compensar pérdidas en ventilas	37
Ecuación 4.9. Fase de Calentamiento	37
Ecuación 4.10. Fase de calentamiento	37
Ecuación 4.11. Calor necesario para evaporar el agua de la carne	38
Ecuación 4.12. Calor necesario para compensar pérdidas en las paredes	38
Ecuación 4.13. Renovación del aire	38
Ecuación 4.14. Fase de operación térmica	39
Ecuación 4.15. Calculo térmico cámara de secado	39
Ecuación 4.16. Ventilador- Extractor	39

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERA Y APLICADAS

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO AHUMADOR PARA CARNE Y QUESO PARA LOS LABORATORIOS ACADÉMICOS DE AGROINDUSTRIAS”

Autores:

Aquieta Rivera Diego Segundo

Garzón Villarroel Jimmy Wladimir

RESUMEN

El proyecto tecnológico propuesto en el presente documento consiste en la implementación de un horno ahumador para carnes y queso para los laboratorios académicos de la Carrera de Agroindustrial en la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache, con la finalidad de proveer una herramienta útil para la cátedra y la realización de trabajos de titulación que vaya en beneficio de la comunidad estudiantil de la carrera.

El horno ahumador está compuesto de dos cámaras en la primera cámara se realizara la combustión y se ubica el gas combustible y su quemador de leña; en la segunda cámara se realiza el ahumado de los productos aprovechando la recirculación interna de los gases producto de la combustión.

Para la construcción de las cámaras de combustión y quemado se utiliza materiales como láminas de acero inoxidable, láminas de acero galvanizado, lana de vidrio y placas metálicas que generan un aislamiento térmico adecuado en beneficio del ahorro energético y el proceso de ahumado. El horno cuenta con un sistema de control que monitorea la temperatura existente dentro de la cámara de ahumado el sistema se encuentra compuesto por una Termocupla tipo J que censa la temperatura y un flautín por donde se distribuye el gas.

El horno ahumador genera una potencia de 68.44 kW, la temperatura máxima de operación es de 120 °C y el tiempo de ahumado dependerá del tipo de carne a ser ahumado.

Palabras clave: Horno, Temperatura, Tiempo, Ahumado

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES ACADEMIC UNIT

TOPIC: IMPLEMENTATION OF A SMOKER OVEN FOR MEAT AND CHEESE FOR THE ACADEMIC LABORATORIES OF AGROINDUSTRIES

Authors:

Aquieta Rivera Diego Segundo

Garzón Villarroel Jimmy Wladimir

ABSTRACT

The technological project proposed in this document consists of implementing a smoker oven for meats and cheeses for academic labs of the race of Agroindustrial at the Technical University of Cotopaxi Salache campus, with the aim to provide a useful tool for the Chair and the degree that go for the benefit of the student community of the career. Smoker Oven is composed of two chambers in the first chamber will be combustion and is located the fuel gas and your burner of firewood; in the second chamber the products are smoked by taking advantage of the internal recirculation of the gases produced by the combustion. For the construction of the combustion chambers and burned is used materials such as stainless steel sheet, sheets of galvanized steel wool, glass and metal plates that generate an adequate thermal insulation for the benefit of the energy saving and the smoking process. The oven has a control system that monitors the temperature within the chamber, the system is composed of a Thermocouple Type J that censa temperature and a piccolo by where you distribute the gas. Smoker Oven it produces a power of 68.44 kW the maximum operating temperature is 120°C and the smoked time will depend on the type of meat to be smoked.

Key words: oven, Temperature, Time, Smoked



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

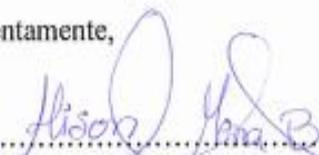
AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del idioma inglés del centro de idiomas de la universidad técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: la traducción del resumen de tesis al idioma inglés presentado por los señores Egresados de la carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Facultad de ciencias de la ingeniería y Aplicadas: **AQUIETA RIVERA DIEGO SEGUNDO Y GARZON VILLARROEL JIMMY WLADIMIR**, cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO AHUMADOR PARA CARNES Y QUESOS PARA LOS LABORATORIOS ACADÉMICOS DE AGROINDUSTRIAL”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramática del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios a ser uso del presente certificado de la manera ética que estimaren convenientemente

Latacunga julio del 2018

Atentamente,


.....
Msc. Alison Mena Barthelotty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 050180125-2



1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

Diego Segundo Quieta Rivera

Jimmy Wladimir Garzón Villarroel

TEMA APROBADO:

“Implementación de un horno para ahumado de carne y queso para los laboratorio de agroindustria Salache”

CARRERA:

Ingeniera Electromecánica

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:

Ing. Andrés German Arévalo Zabala M.Sc.

EQUIPO DE TRABAJO:

Proponente de proyecto:

- Quieta Rivera Diego Segundo

Proponente de proyecto:

- Garzón Villarroel Jimmy Wladimir

Tutor del proyecto:

- Ing. Andrés German Arévalo Zabala M.Sc.

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Sierra Centro, Cotopaxi, Latacunga, Sector Salache

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA:

El proyecto Tecnológico está programado para 5 meses desde Abril 2018 - Agosto 2018.

FECHA DE ENTREGA:

Julio del 2018

LÍNEA(S) Y SUBLINEAS DE INVESTIGACIÓN A LAS QUE SE ASOCIA EL PROYECTO:

Línea principal: se encuentra relacionado a Procesos Industriales.

Las investigaciones que se desarrollen en esta línea estarán enfocadas a promover el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido, fomentando la producción industrial más limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial. También a diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios de las empresas públicas y privadas, con el fin de contribuir al desarrollo socioeconómico del país y al cambio de la matriz productiva de la zona.

Sub líneas de Investigación de la Carrera

Diseño, Construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:

El presente proyecto por desarrollarse es un equipo tecnológico el cual será implementado en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi con el fin de que los estudiantes de la carrera desarrollen y complementen sus conocimientos teóricos adquiridos durante el proceso de aprendizaje con la práctica generada en un laboratorio.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la propuesta tecnológica

“Implementación de un horno ahumador automatizado para carnes y quesos de pasta hilada para los laboratorios académicos de Agroindustrial”

2.2. Tipo de alcance

Desarrollo: La ejecución de la presente propuesta tecnológica será de gran ayuda para el desarrollo práctico de los estudiantes de ingeniería agroindustrial, ya que el mismo será utilizado como herramienta para realizar los diferentes ensayos de ahumado; Al mismo tiempo, este proyecto contribuirá con el equipamiento tecnológico del laboratorio de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión Salache.

Integrador: Mediante este proyecto todas las personas vinculadas a la carrera de Agroindustrial se verán beneficiadas por el uso del equipo en especial los estudiantes quienes son los principales involucrados al momento de adquirir conocimientos prácticos. De esta forma se crean importantes lazos de cooperación entre carreras de Ingeniería Agroindustrial y Electromecánica fomentando el desarrollo académico de ambas partes.

2.3. Área del conocimiento:

Tabla 2.1 Área del conocimiento

Área de conocimiento	Sub área del conocimiento	Sub área Específica conocimiento
07 ingeniería, Industria y Construcción	071 Ingeniería y Profesionales Afines	0714 Electrónica y automatización

Fuente: [1]

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

El ahumado es una técnica de preservación alimenticia que tiene por objeto, la deshidratación de la carne y la adición de determinadas sustancias provenientes de la combustión de las maderas duras de tipo oloroso que contribuyen como saborizantes de los productos que se desea conservar .

Mediante la implementación del horno ahumador automatizado se podrá mantener una temperatura adecuada, controlar el tiempo de ahumado y el flujo de corriente de aire seco provocado por la quema de viruta de madera.

Con la implementación del presente proyecto se soluciona la falta del ahumador automático en el laboratorio de Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión Salache.

La beneficiaria por la presente propuesta tecnológica será la Universidad Técnica de Cotopaxi al incrementar su contingente tecnológico y principalmente los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial quienes podrán verificar mediante la práctica los conocimientos adquiridos en las aulas de clase.

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1. Objeto de estudio

Horno para ahumado de carne y queso mediante el uso de maderas duras

2.5.2. Campo de acción

Implementación de un horno para ahumado de carne y queso para la deshidratación, conservación y la adición de determinadas sustancias que contribuya como saborizantes para los productos que se desea preservar.

2.6. Situación problémica y problema

2.6.1. Situación problémica:

En la actualidad se han ido desarrollando técnicas para la conservación de alimentos que sean más efectivas y beneficiosas al momento de preservar los nutrientes de cada producto con la finalidad de encontrar un alto grado de satisfacción al momento de su consumo.

El ahumado favorece la conservación de los alimentos debido a una acción combinada de las sustancias impregnadas por el humo, el calor generado durante el proceso del ahumado y la acción deshidratadora ejercida en su superficie.

Los estudiantes de la facultad de Ingeniería Agroindustrial del campus Salache, no pueden saber cuáles son los beneficios de usar este tipo de técnica en la conservación de alimentos debido a que la Universidad no cuenta con un horno ahumador dentro de sus instalaciones

2.6.2. Problema

¿La falta de un horno ahumador de carnes y quesos origina que los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache no puedan completar sus conocimientos teórico práctico en ahumado de alimentos?

Diagrama Causa – Efecto

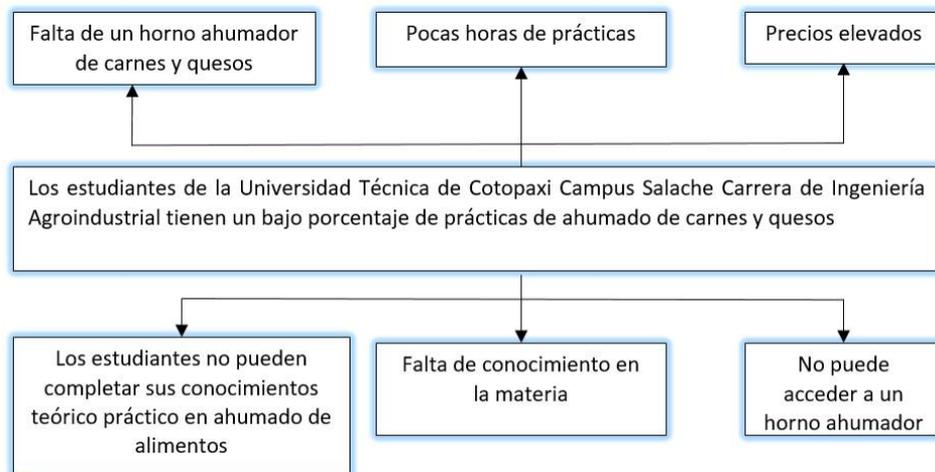


Figura 2.1. Diagrama Causa –Efecto

2.7. Hipótesis o formulación de pregunta científica

La falta de un horno ahumador de carnes y queso para prácticas de laboratorio causa que los estudiantes no completen sus conocimientos teórico- práctico en la Universidad técnica de Cotopaxi Campus Salache Facultad Agroindustrias

2.8. Objetivo(s)

Dentro de los objetivos que el proyecto tiene que cumplir para su realización se detalla los siguientes.

2.8.1. Objetivo general

Implementar un horno ahumador automatizado para carnes y quesos de pasta hilada en los laboratorios académicos de agroindustrias.

2.8.2. Objetivos específicos

- Diseñar e implementar un horno ahumador para productos cárnicos para la Facultad de Agroindustrias
- Realizar un protocolo de pruebas para medir la funcionalidad del horno con diferentes productos cárnicos
- Generar un manual de usuario especificando los parámetros de funcionamiento del equipo.

2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

En el presente proyecto se desarrollará la implementación de un horno ahumador automatizado para carnes y quesos de pasta hilada para los laboratorios académicos de agroindustrias en dónde especificamos las actividades, resultados, técnicas e instrumentos de acuerdo a los objetivos planteados.

Tabla 2.2. Sistema de tareas por objetivos

Objetivo	Actividades	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
Diseñar e implementar un horno ahumador para productos cárnicos para la Facultad de Agroindustrias	Indagar y recolectar información (revistas, artículos, libros, páginas web etc.) acerca del horno ahumador Diseño en el programa Inventor	Identificar los hornos ahumadores existentes, sus sistemas de funcionamiento y dimensiones y medidas del ahumador	Determinar cuál equipo ahumador sería el más acorde a la necesidad del proyecto

Realizar un protocolo de pruebas para medir la funcionalidad del horno con diferentes productos cárnicos	Pruebas del horno ahumador	Verificar que el horno ahumador funcione de acuerdo a los parámetros establecidos	Verificar el funcionamiento del horno
Generar un manual de usuario especificando los parámetros de funcionamiento del equipo.	Funcionamiento de cada una de las partes del horno ahumador	Un manual de operación del horno ahumador	Verificar que el manual sea entendible para el operador

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Horno

El horno es un aparato que genera calor y que permite conservarlo dentro de un compartimento cerrado. Se utiliza habitualmente en la cocina para calentar, cocer o secar alimentos. La energía calorífica utilizada para alimentar un horno puede ser reemplazada directamente por combustión (leña, gas), radiación (luz solar), o indirectamente por medio de electricidad (horno eléctrico), esto es lo que permite establecer los diferentes tipos de horno. [2]

3.2. Tipos de Hornos

3.2.1. Horno eléctrico

Un horno eléctrico calienta y cocina los alimentos transmitiéndoles calor mediante resistencias eléctricas y en algunos casos, mediante un ventilador que mueve el aire caliente. El horno eléctrico ha sustituido prácticamente a los viejos hornos de gas y de leña ya que es más cómodo de usar e incorpora sistemas de programación muy útiles, fiables y versátiles. [3] En la Figura 3.1 se visualiza un horno eléctrico que genera calor mediante sus resistencias eléctricas.



Figura 3.1. Horno eléctrico

Fuente: [3]

3.2.2. Horno Solar

El horno solar utiliza la radiación solar como fuente de energía. En términos amplios lo que hace un horno solar es transformar la luz solar en calor útil, el cual es almacenado en un espacio interior aislado térmicamente de modo que se puedan alcanzar temperaturas apropiadas para cocinar alimentos [4] tal como se muestra Figura 3.2.

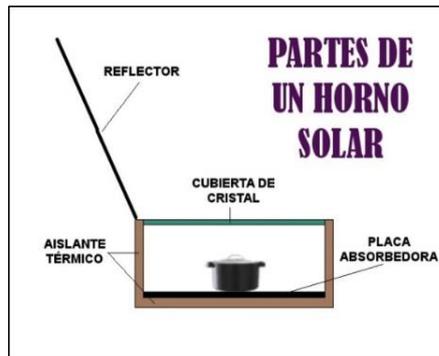


Figura 3.2. Partes de un horno solar

Fuente: [4]

3.2.3. Horno microondas

El horno microondas es una caja metálica provista de una lámpara de alta frecuencia, llamada magnetrón, que convierte la energía eléctrica convencional en ondas electromagnéticas, o microondas, semejantes a las que propagan el sonido, las imágenes o la luz. La energía (en forma de calor) generada por la fricción molecular determina la cocción y otros efectos culinarios. [5].

En la Figura 3.3 se visualiza el esquema de las partes principales de un horno microondas.

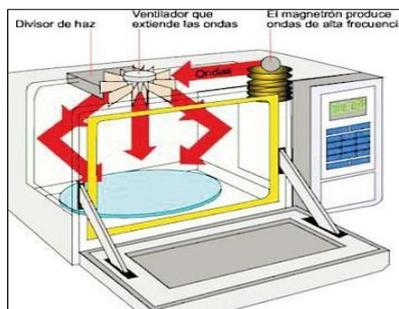


Figura 3.3. Horno Microondas mediante Ondas electromagnéticas

Fuente: [5]

3.2.4. Horno de leña

El horno de leña es el que funciona utilizando, madera y troncos, es decir leña. A pesar de que actualmente no es el más utilizado, es de vital importancia resaltar la gran cantidad de funciones, dentro del área gastronómica, que se enfocan en él, ya que permite que los alimentos elaborados

con este método tengan un sabor exquisito. [6]. En la Figura 3.4 se visualiza un horno tradicional a leña.



Figura 3.4. Horno de leña

Fuente: [6]

3.2.5. Horno de gas

Un horno de gas calienta y cocina los alimentos mediante la combustión de gas. En cuanto al manejo hay que destacar que resulta fácil regular la atmósfera interior del horno, simplemente variando la inyección de la mezcla de gas y aire, por lo que se muestran muy útiles para cocinar productos. [7]. En la Figura 3.5 se muestra un horno a gas convencional.

Cabe decir que el proceso de calentamiento en un horno industrial a gas es bastante rápido y uniforme, por lo que la cocción resulta sencilla. Sin embargo, es necesario ser cuidadoso, ya que, al abrir la puerta, la temperatura escapa con facilidad y tiende a desequilibrar el ambiente que se ha generado al interior. [8]



Figura 3.5. Horno a gas

Fuente: [7]

3.2.6. Horno Atmosférico

Este tipo de horno posee un quemador atmosférico potente para el servicio con gas licuado o gas natural. En la versión básica, al comenzar el proceso, los quemadores deben encenderse manualmente. Seguidamente, es el control quien se encarga de regular la curva de cocción. Una

vez terminado el programa, los quemadores se apagan automáticamente. [9] Como se observa en la Figura 3.6



Figura 3.6. Horno Atmosférico

Fuente: [9]

3.3. El ahumado

El ahumado consiste en someter los alimentos a los efectos de los gases y vapores de partes de plantas incompletamente quemadas, generalmente de madera (productos de combustión lenta). Es un proceso que además de darle sabores distintos a los alimentos sirve como conservador alargando la vida útil de los mismos. [10]. En la Figura 3.7 se muestra varios alimentos cárnicos que se encuentran bajo el proceso de ahumado.



Figura 3.7. Alimentos sometidos al proceso de ahumado tradicional en cuartos cerrados

3.4. Propósito del ahumado

El propósito del ahumado es aumentar la capacidad de conservación y la modificación adecuada de la textura, el aspecto (color), el aroma y el sabor de los alimentos. [10]

El ahumado desarrolla una acción térmica (deseccación y calentado) y otra de ahumado conformemente dicha. En el ahumado se sustrae agua del producto en un porcentaje que oscila

entre el 10 y 40 %, reseca la porción superficial, estabiliza el color de la carne y produce el olor y sabor típicos del ahumado.

El ahumado suele requerir entre 18 y 24 horas. Esto es suficiente en el caso de productos de carne si se los cuece antes o después de la operación del ahumado. Pero si se trata de un producto que se consumirá sin que se le someta a un tratamiento térmico adicional, el ahumado tiene que continuarse hasta que la temperatura interna del producto alcanza 59 °C como mínimo, a fin de destruir los microorganismos o parásitos que pudieran estar presentes. [11]

3.5. Clases de ahumado

Dependiendo del procedimiento que se aplique para la obtención de un producto ahumado puede ser:

- Ahumado en caliente
- Ahumado en frío

Dos procesos con resultados totalmente distintos, el mismo producto sabe muy diferente dependiendo de si se ahúma en frío (aromas suaves, dulces) o en caliente (vainilla, clavo, especias, fuerte presencia del humo). [12]

3.5.1. Ahumado en caliente

Para el ahumado en caliente las temperaturas van entre 50 y 55 °C. Los componentes del humo no penetran muy profundo por la elevada desecación y arrugamiento de la superficie. Por la formación de una costra superficial las pérdidas de peso son menores. El ahumado entre 60 y 100 °C proporciona productos de muy corta conservación. [11]

En este tipo de ahumado el humo se puede producir en la misma cámara de ahumado; en equipos más sofisticados el quemador de madera se encuentra en una cámara independiente. La cámara de ahumado suele tener una resistencia eléctrica que calienta el interior para ayudar a alcanzar la temperatura deseada. (El calentamiento y uso de la resistencia dependerá del diseño del equipo ahumador). Los tiempos de ahumados se reducen entre 1 y 3 o 4 horas [12]

3.5.2. Ahumado en frío

El ahumado frío se consigue quemando leña dura o aserrín un poco húmedo. Para el proceso de ahumado en frío y de corta duración hay una pérdida de peso que va desde el 2 al 5 %. Los productos se exponen a una temperatura que varía entre 12 y 30 °C. Dependiendo del producto a tratar, el tiempo de ahumado es de 1 a 7 días hasta unas semanas. Las pérdidas de peso en el producto a ser ahumado dependen de la humedad en el cuarto de ahumado. [11]

El ahumado en húmedo se lleva a cabo a una humedad relativa de 95 % y en seco al 60 % o 70 %. El ahumado en frío se utiliza para embutidos crudos y cocidos y otros productos cárnicos curados. [11]

En la Tabla 3.1 indica de manera generalizada las temperaturas que se aplican dependiendo de la clase de ahumado.

Tabla 3.1. Clases de ahumado

Ahumado Frio	Ahumado húmedo	Ahumado caliente	Ahumado muy caliente
12-18 °C virutas	Hasta 29 °C Gas ,Virutas humedecidas, o humo con vapor de agua	Hasta 50 °C Virutas ,Leña, o Gas	60-100°C Virutas , Madera o Gas
Cámaras o estantes de ahumado		Torres y celdas de ahumado	

Fuente: [11]

3.6. Parámetros inherentes a la tecnología del Ahumado

La temperatura y humedad son dos de los parámetros que intervienen en el sistema de control de ahumado, los cuales darán un sabor, color, textura y conservación, dependiendo del tipo de madera y tiempo al que se sometan el queso o carne bajo la acción del humo. [13]

El porcentaje de humedad relativa interna que necesitamos depende del producto que quiera ahumar, o también si el ahumado es en frío o en caliente. En cuanto a su temperatura se puede considerar que:

- Cuanto más baja sea la temperatura mayor dispersión del humo.
- A mayor temperatura, menor tiempo de ahumado.
- A menor tiempo de ahumado, menor tiempo de conservación del producto final.
- A mayor tiempo de ahumado, más intenso será el sabor. [14]

3.6.1. Tiempos y temperaturas de ahumado de carnes

En la Tabla 3.2 se indica las diferentes temperaturas y tiempos a las cuales se debe realizar el ahumado de los diferentes tipos de carne.

Tabla 3.2. Tiempos y temperaturas de ahumado de carnes

PECHO/PULPAS	LOMO/COSTELET	COSTILLAS DE CERDO
 <p>Temperatura:105 °C Tiempo: 3Hrs/Kg Temperatura final:80 °C</p>	 <p>Temperatura:107 °C Tiempo:3-4 Hrs Temperatura final:74 °C</p>	 <p>Temperatura: 107 °C Tiempo:5Hrs Temperatura final:-</p>
COSTILLAS	BANDIOLA CERDO	SALCHICHAS
 <p>Temperatura: 107 °C Tiempo: 6Hrs Temperatura final:-</p>	 <p>Temperatura: 107 °C Tiempo: 3Hrs/Kg Temperatura final:74 °C</p>	 <p>Temperatura:120°C Tiempo:2Hrs Temperatura final:71°C</p>
SALMON	POLLO ENTERO	POLLO CUARTOS
 <p>Temperatura: 65 °C Tiempo: 2-3Hrs Temperatura final: 60°C</p>	 <p>Temperatura: 100 °C Tiempo: 4Hrs Temperatura final: 74°C</p>	 <p>Temperatura: 105°C Tiempo: 4Hrs Temperatura final: 74°C</p>
POLLO MUSLOS	POLLO ALITAS	PAVO ENTERO
 <p>Temperatura: 105 °C Tiempo: 3 Hrs Temperatura final:74 °C</p>	 <p>Temperatura: 105 °C Tiempo: 2 Hrs Temperatura final:74°C</p>	 <p>Temperatura: 105 °C Tiempo: 7 Hrs Temperatura final: 74°C</p>
PAVO PATAS	PAVO ALITAS	PAVO PECHUGA

 <p>Temperatura: 107 °C Tiempo: 4 Hrs Temperatura final: 74 °C</p>	 <p>Temperatura: 107 °C Tiempo: 2.5 Hrs Temperatura final: 74 °C</p>	 <p>Temperatura: 107 °C Tiempo: 6Hrs Temperatura final: 74 °C</p>
---	---	--

Fuente: [15]

3.7. La madera

Sustancia dura y fibrosa que está constituida por celulosa y hemicelulosa (fibras de la madera) lignina (Es el ligante que mantiene juntas las fibras) oxígeno y agua. [16].

3.8. Compuestos derivados de los principales constituyentes de la madera

La madera está formada básicamente por tres elementos principales que son la celulosa, Hemicelulosa y Lignina. [17]

CELULOSA	HEMICELULOSA	LIGNINA
<ul style="list-style-type: none"> • En la combustión forma gas carbónico, agua y pequeñas cantidades de furanos y fenoles. 	<ul style="list-style-type: none"> • En la combustión forma derivados carbonilos, furfural, furano y diferentes lactonas. 	<ul style="list-style-type: none"> • En la combustión de esta, se forma la mayoría de compuestos que confieren las características sensoriales de los productos ahumados.

Figura 3.8. Descripción de los componentes principales de la madera

Fuente: [17]

3.9. Clasificación de las maderas para el ahumado

Dentro de la clasificación de las maderas se encuentran las siguientes:

3.9.1. Maderas Duras:

Las maderas duras suelen aportar sabores más intensos y ricos, por lo que se suelen usar en carnes sabrosas, provienen de árboles de un crecimiento lento y tardan en alcanzar un grado de madurez suficiente para ser cortados. En relación a precios son mucho más costosas que las maderas blandas. (Roble, nogal, mezquite, aliso, pecán, arce) [18]

3.9.2. Maderas Blandas:

Las maderas blandas al quemarse producen sabores acres debido a su alto contenido de resina, tienen un periodo menor de crecimiento a diferencia de las maderas duras este tipo de madera no tiene un periodo de vida tan largo y en referencia a precios son mucho más económicas. (Pino, abeto, olmo, eucalipto, sicómoro, secuoya). [18]

Se recomienda el uso de maderas duras para el ahumado ya que éstas proporcionan un sabor y olor agradable al producto. En la Tabla 3.3 se indica el porcentaje de contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa que contienen las maderas duras y maderas blandas. [19]

Tabla 3.3. Porcentaje de Lignina, Celulosa, Hemicelulosa en maderas

Clasificación de maderas	Lignina	Celulosa	Hemicelulosa
Maderas Duras	17-25 %	40-45%	15-35%
Maderas Blandas	25-35%	40-45%	20%

Fuente: [19]

3.10. Maderas Recomendadas para el ahumado

En la Tabla 3.4 se establece una selección múltiple de maderas duras, para el uso exclusivo del ahumado. Para ahumar es recomendable usar madera en forma de virutas, la combustión con pellet, serrín o astillas sería demasiado rápida.

Tabla 3.4. Maderas Duras recomendadas para el ahumado

Maderas duras de uso común	Maderas de árboles frutales	Otras maderas aptas para el ahumado
Roble Nogal Mezquite Aliso Pecán Arce	Manzano Cerezo Peral Albaricoquero Naranja Melocotonero Ciruelo Pomelo Limonero	Acacia Almendro Fresno Haya Castaño Álamo Higuera Olivo Sauce

Fuente: [18]

En la Tabla 3.5 se cita algunas de las aplicaciones, características y descripción de tres de las maderas más usadas para ahumar, entre las cuales se indica que el roble es la madera más usada para ahumar la mayoría de alimentos:

Tabla 3.5. Maderas más utilizadas en base al alimento a ahumar

	Cerezo	Manzano	Roble
Pescados	✓	✓	✓
Aves	✓	✓	✓
Cerdo	✓	✓	✓
Cordero			✓
Tenera			✓
Verduras	✓	✓	✓
Quesos		✓	✓

Fuente: [18]

3.11. Descripción de maderas

Cerezo: Aporta un sabor ahumado sutil, dulce, afrutado. Madera especialmente indicada para carnes delicadas: aves o pescado. Se obtiene buenos resultados también en verduras.

Manzano: Especialmente indicada para aves y cerdo. También es adecuada para el pescado, verduras y quesos. Produce un humo denso, con un sabor ligeramente dulce y afrutado.

Roble: De sabor más intenso que el cerezo y el manzano, pero sin ser abrumador. Madera muy versátil, su uso es apto para todo tipo de alimentos. Produce un humo muy denso y de alta calidad. [18]

3.12. Descomposición Térmica de la madera

La descomposición térmica es un proceso de transformación, con cambios, irreversibles, que ocurren en la composición química de la madera por acción del calor. La energía térmica altera los enlaces entre las unidades que conforman los polímeros (hemicelulosa y lignina), desdoblándolos en unidades simples o polímeros de menor peso molecular. [20]

3.12.1. Formas de descomposición térmica de la madera

La descomposición de la madera por efecto del calor se clasifica según las condiciones del medio de reacción, que considera la presencia del aire, o presión atmosférica.

- **Condición aeróbica:** Involucra la presencia del aire durante toda la reacción; el oxígeno interviene junto con los componentes de la madera, en reacción; parcial o total, catalizada por la temperatura y favorecida por las características de la materia prima (tamaño y humedad).
- **Condiciones anaeróbica:** A diferencia de la condición aeróbica ésta impide la presencia del aire en la reacción; de igual manera, la madera se descompone a partir de los 200 °C [20].

3.13. Temperatura de Combustión de la madera

De acuerdo a la Figura 3.9 se menciona que si se utiliza la madera verde para ahumar ésta empieza a producir humo a partir de los 100°C. Al no contener los compuestos aromáticos que se producen a altas temperaturas es recomendable usar siempre madera seca y curada para ahumar.

En 170°C se produce la pirólisis, un proceso químico que provoca la desintegración de las moléculas generando distintos ácidos. Aunque son importantes por su efecto conservante y porque ayudan a obtener el color del ahumado, proporcionan un olor acre y pueden aportar un mal sabor.

A 200°C disminuye la producción de ácidos volátiles y la pirólisis empieza a producir las moléculas aromáticas llamadas carbonilos. La condensación de los carbonilos en la superficie de carnes y pescados (alimentos ricos en proteínas) produce la reacción de Maillard, que genera nuevos aromas y que origina el cambio del color original al marrón / amarillo característico de los productos ahumados. [21]

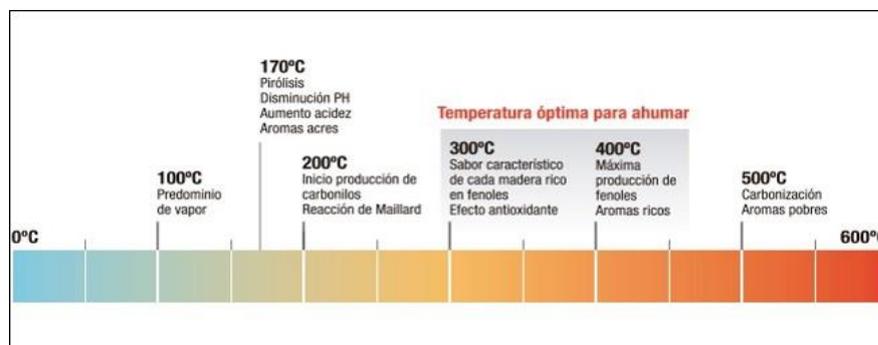


Figura 3.9. Rangos de temperatura para ahumar utilizando madera verde

Fuente: [21]

Es importante tener en consideración que las maderas verdes recién cortadas todavía están llenas de humedad. Esta humedad hace que sea más difícil que la madera se queme de manera

eficiente, lo que lleva a la pérdida de calor y más humo. En el caso de la madera seca ésta posee un bajo índice de humedad dejando la madera un tanto más ligera y más fácil de quemar.

3.14. Contenido de humedad en la madera

La humedad de la madera es algo muy a tener en cuenta. Una madera húmeda tarda más en consumirse pero tendrá menos poder calorífico y desprenderá mucho humo. Una madera excesivamente seca, se consumirá mucho más rápido que si tiene un factor de humedad óptimo. [22]. En la Tabla 3.6 se establece los diferentes tipos de madera duras teniendo en cuenta una humedad del 5%.

Tabla 3.6. Poder calorífico y tiempo de combustión de las maderas duras

Madera	Calor Especifico Kcal/Kg °C	Tiempo de combustión	Tiempo de secado
Roble	0.57	Muy Lenta	Lento
Haya	0.32	Rápida	Normal
Arce	0.38	Lenta	Rápido
Castaño	0.48	Media	Normal
Alamo Álamo	0.55	Rápida	Normal

Fuente: [23]

Dependiendo del tipo de madero y poder calorífico que posean cada una, en la figura 3.10 se puede apreciar tres tipos de maderas (Almacenada, fresca, pallets) con un contenido de humedad del 10, 20, y 45 % respectivamente.

Dependiendo del tipo de madero y poder calorífico que posean cada una, en la Figura 3.10 se puede apreciar tres tipos de maderas (Almacenada, fresca, pallets) con un contenido de humedad del 10, 20, y 45 % respectivamente.

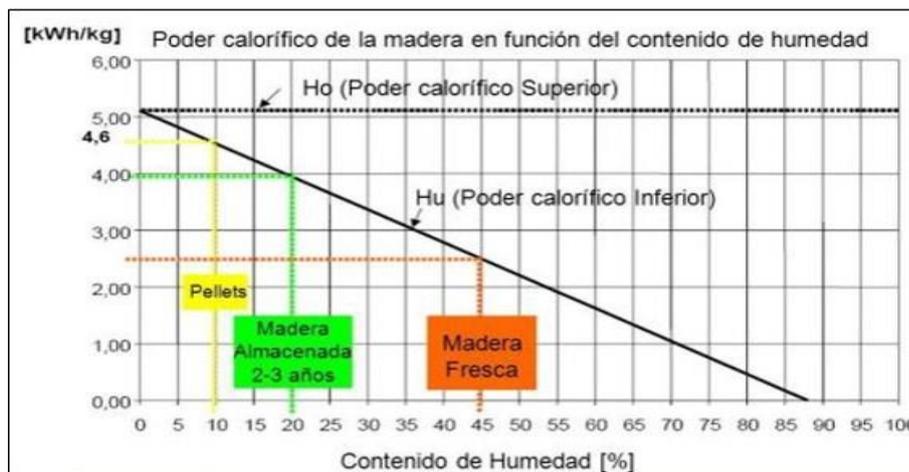


Figura 3.10. Grafica humedad (%) vs poder calorífico (Kw/h/kg)

Fuente: [21]

3.15. El humo

El humo es un producto gaseoso de la combustión de materias orgánicas. Se compone principalmente de vapor de agua y pequeñas partículas de carbón y polvo. [24]

Por lo general el humo se obtiene quemando trozos de madera preferiblemente duras (roble, caoba, abedul). Las maderas resinosas (ciprés, pino), no son adecuadas porque tienen sustancias volátiles que producen sabores desagradables.

3.15.1. Producción del humo del ahumado

El humo se produce en dos etapas:

- **Por pirolisis**, que consiste en la descomposición térmica de los componentes de las maderas y en la formación de nuevos productos de reacción.
- **Por oxidación**, con aporte de aire de una parte de dichos productos de descomposición.

Los componentes principales de la madera – la celulosa, la hemicelulosa y la lignina – se descomponen en la pirolisis.

3.15.2. Composición del humo

Contiene esencialmente:

- **Sustancias gaseosas:** Fenoles, ácidos orgánicos y carbonilos
- **Sustancias no volátiles** (en forma de partículas): Alquitranses, resinas, cenizas y hollín.

[10] como se observa en la Figura 3.11.

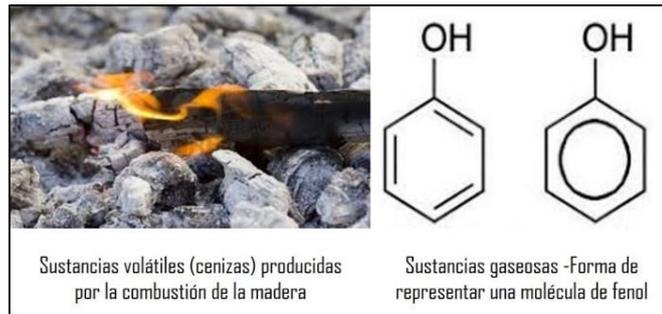


Figura 3.11. Representación gráfica de una sustancia volátil y una molécula de fenol

Fuente: [10]

3.16. Factores que influyen en la composición del humo

La composición del humo depende de tres factores:

3.16.1. La naturaleza de la madera (Composición)

Además de los componentes principales de la madera ya citados en la sección 3.3.1. La madera también contiene componentes específicos como las resinas y los compuestos aromáticos que a su vez son subcomponentes de la madera. [17]

Cada familia de compuestos citado en la Tabla 3.7 presenta un olor característico, pero en conjunto la mezcla de todos los compuestos forma el olor identificado por cada consumidor.

Tabla 3.7. Familia de compuestos específicos que posee la madera en base a su aroma

Familia de Compuestos	Olor
Furanos (furfural)	Dulce a pino, caramelizado, especias, dulce perfumado
Alcoholes y cetoalcoholes	Cebollino
Ésteres	Floral
Ácidos	Áspero
Lactonas	Quemado, ligeramente amargo, ahumado
Carbonilos	Especias, dulce a caramelo, dulce floral, amargo
Fenoles	Picante, cresólico, dulce, ahumado

Fuente: [17]

3.16.2. La temperatura de pirolisis (combustión)

Como se mencionó en el punto 3.4.1 se entiende que la pirolisis es la descomposición térmica de los componentes de la madera producido al final de cada proceso de combustión [25]. En la tabla 3.8 se detallan las temperaturas de combustión en función a los compuestos del humo.

Los compuestos de humo son generados por reacciones de oxidación en la generación de humo en la pirolisis. Los componentes de humo que vienen del generador de humo están presentes en

dos fases: la primera fase que se basa en la generación de partículas que contienen alquitranes, resinas, compuestos fenólicos e hidrocarburos potenciales policíclicos aromáticos, y una fase gaseosa, en la cual produce compuestos volátiles generadores del sabor y color. [26]. Algunos de estos componentes y sus funciones se detallan en la Tabla 3.8

Tabla 3.8. Compuestos del humo y sus funciones en alimentos

Temperatura °C de combustión	Compuestos del humo	Función en el alimento
200-260	Furanos y Ácidos Carboxílicos	Coagulación de proteínas, formación de capa externa y provee algunas propiedades bacteriostáticas.
260-310	Grupos Carboxílicos	Reacciona para proporciona sabor a ahumado, color y caramelizarían
310-500	Fenoles y esterres fenólicos	Sabor a humo y propiedades antifúngicas.

Fuente: [26]

3.16.3. La cantidad de oxígeno introducido en la combustión

El oxígeno contribuido por el aire es necesario para la combustión de la madera. Al aumentar la cantidad de oxígeno hasta concentraciones comprendidas entre el 10 y el 20% se observa una disminución de la formación de compuestos furánicos y un aumento de compuestos fenólicos, mientras que a concentraciones altas los compuestos fenólicos se estabilizan. [27]

3.17. Tipos de generadores de humo

La producción del humo se realiza en diversos tipos de generadores, como los mencionados a continuación:

- El generador de humo convencional
- El generador de humo por fricción.
- El generador de humo húmedo.
- El generador de humo fluido.
- El generador de humo por carbonización

3.17.1. Generador convencional de humo

En el generador convencional de humo, se realiza la combustión lenta de aserrín. Esta combustión del aserrín puede efectuarse directamente por incandescencia, siendo este el caso

más frecuente, o puede igualmente ser cebado por una resistencia eléctrica, procedimiento de aplicación corriente en los actuales generadores de humo.

En este método, el flujo de aire es importante y la temperatura de combustión puede alcanzar los 800°C, el valor de este último parámetro, puede disminuirse reduciendo las cantidades de aire introducidas y actuando sobre la humedad del aserrín. No obstante, en este procedimiento, es difícil mantener la temperatura en valores bajos, en los niveles de temperaturas óptimas de pirolisis, con la finalidad de poder obtener un humo aromatizante y poco cargado de alquitrán y de hidrocarburos policíclicos aromáticos. [28]

3.17.2. Generador de humo por fricción

Este dispositivo consiste en un bloque de madera compactado de aproximadamente 50 x 100 cm, que se encuentra comprimido contra la superficie de un rotor dentado que gira a gran velocidad. La superficie de contacto es cortante y provoca el astillado de la madera. La temperatura se regula ajustando la presión sobre el bloque de madera e igualmente por intervención sobre la rotación del cilindro dentado cuya velocidad condiciona las cantidades de aire consumidas.

Con un dispositivo así la pirolisis se desarrollaría en las proximidades de los 400°C. El humo es rápidamente evacuado de la zona de combustión, y las reacciones secundarias descritas después, se desarrollarán a temperaturas inferiores a los 400°C. Este generador se caracteriza por su simplicidad de empleo y su rapidez de puesta en funcionamiento. [28]

3.17.3. Generador de humo húmedo

Una mezcla gaseosa de vapor a baja presión (1.3 bar) y de aire o de oxígeno, se lleva a una temperatura comprendida entre 300°C y 400°C. El aserrín es aportado por un tornillo sin fin, la mezcla gaseosa caliente pasa a través del aserrín produciendo su pirolisis.

La temperatura del humo así producido se sitúa alrededor de los 80°C cuando entra en el ahumador, por lo que este procedimiento es aplicable principalmente para los productos ahumados a altas temperaturas. [13]

3.17.4. Generador de humo fluido

En este método el aserrín se introduce en un reactor con aire comprimido. Por otro lado, entra el aire precalentado por una resistencia eléctrica a una temperatura de 300- 400°C y mantiene al aserrín en suspensión en el reactor bajo la forma de capa fluida.

El aserrín permanece unos 10 segundos en el reactor y es pirolizado a una temperatura próxima a los 350°C. El humo y las cenizas se separan posteriormente por una corriente de aire. [29]

3.17.5. Generador de humo por carbonización

La generación por carbonización consiste en introducir una bandeja con viruta de la madera a la cámara de quemado, donde llegara a una temperatura de 300 °C y se consumirá produciendo humo que se utilizara para el ahumado de carnes y queso.

En estas condiciones, la carbonización requiere muy pequeñas cantidades de aire y el procedimiento es tanto más eficaz cuanto la tasa de aire residual es menor. El humo así obtenido es denso y seco. [29]

3.18. Efectos consecuentes del humo en el ahumado

Una de las mayores consecuencias del ahumado es que durante la producción de humo mediante la combustión de la viruta de la madera se produce sustancias derivadas del hollín y de las cenizas muy perjudiciales para la salud. Estas sustancias se producen por el mal tratamiento del humo en equipos que no poseen filtros ni dispositivos de condensado del mismo para poder eliminar estas sustancias tan nocivas.

El humo ejerce una acción conservante limitada por lo que suele combinarse el ahumado con otro procedimiento de conservación (curado, secado). El curado es un proceso de conservación y sazonado de alimentos en especial de la carne mediante la adición de una combinación de sal, azúcar, nitratos o nitritos, los curados permiten alargar la vida de los alimentos, convirtiéndolos en ideales para refrigerios. [30]

Otra de las consecuencias al momento de ahumar un alimento, es cuando la madera ha sido tratada con productos químicos, por lo que puede ser potencialmente cancerígeno. [31] La madera cuando arde emite gases propios de la combustión pero no gases tóxicos como ocurre con otros materiales.

A algunos componentes del humo se les atribuye una acción antioxidante. El ahumado inhibe la oxidación de las grasas en los productos cárnicos, en este sentido se supone que los componentes activos del humo son, sobre todo, los fenoles y en menor grado los ácidos orgánicos. [10]

3.19. Partes principales de un horno ahumador

Un ahumador es un equipo que está compuesto por dos partes principales, la primera es la cámara de ahumado; donde se introducen los alimentos para que tengan contacto con el humo,

la segunda es la cámara de quemado donde se quema la madera para la producción de humo. [32] En la Figura 3.12 se ilustra el esquema básico de un horno ahumador.

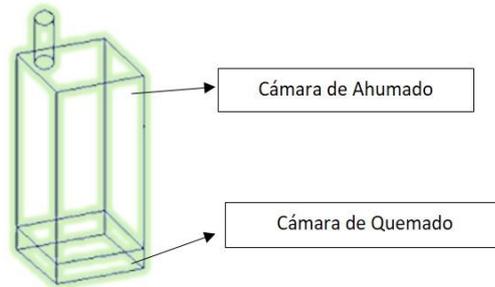


Figura 3.12. Partes principales del ahumador

3.19.1. Cámara de ahumado

La cámara de ahumado es un espacio construido en acero inoxidable, alimentado por la salida de humos de la cámara de quemado que puede estar incorporado o no en la cámara esto es opcional dependiendo del diseño que se elija y se construya.

La cámara tiene una salida de humos en su parte superior y en su interior se introducen los alimentos a ahumar por la puerta habilitada para ello. Los alimentos normalmente se cuelgan en el interior de la cámara con diferentes accesorios o se disponen en bandejas. [33]

La cámara de ahumado tiene accesorios para el control de tiro con el que se podrá controlar la temperatura de trabajo en su interior y posiblemente otros factores como el tiempo.

En la Figura 3.13 se puede apreciar la cámara de ahumado de un horno ahumador cuyo interior es totalmente construido de acero inoxidable. [34]

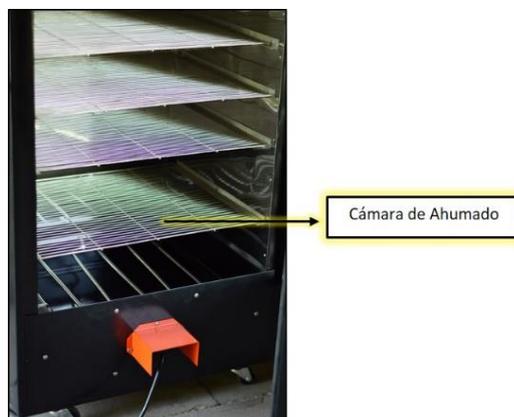


Figura 3.13. Camara de ahumado construida de acero inoxidable

Fuente: [34]

3.19.2. Cámara de Quemado

La cámara de quemado es un espacio cerrado con una puerta de fundición de hierro u otro material, por donde se introduce la madera a quemar y con una salida para los humos hacia la cámara de ahumado.

La cámara se controla mediante el registro de entrada de aire para que la combustión se produzca en presencia mínima de aire, para que la cantidad de humo producida sea alta y la temperatura del mismo no sea excesiva. [33]. En la Figura 3.14 se aprecia un horno ahumador con la cámara de quemado incorporada en un mismo compartimiento con la cámara de ahumado.



Figura 3.14. Cámara de quemado ubicada en la parte interior del horno ahumador

Fuente: [33]

3.20. Funcionamiento del horno ahumador

1. La madera se introduce en el quemador para ahumar, donde se controla la combustión con una presencia mínima de aire de forma natural.
2. El humo producido se introduce por convección natural en la cámara de ahumado, donde tiene contacto con los alimentos a ahumar, que se encuentran colocados en su interior. La temperatura de la cámara se controla con un control de tiro (sistema automático de control) del humo de entrada, permitiendo o no el paso del humo.
3. El humo en la cámara se extrae por la chimenea y los alimentos; se extraen por la misma puerta de entrada una vez terminado el proceso. En la Figura 3.15 se visualiza el funcionamiento de lo citado anteriormente.

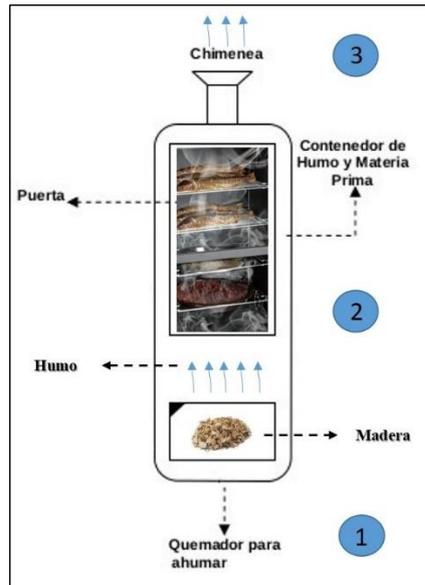


Figura 3.15. Proceso de funcionamiento del ahumador

3.21. Construcción del horno Ahumador

Las exigencias de calidad, higiene y seguridad requieren que las industrias que procesan alimentos tengan una maquinaria muy específica y procesos muy optimizados para que las exigencias al tratar los productos no mermen la competitividad económica de las fábricas.

El material fundamental y aliado de la industria alimentaria es el acero inoxidable. Material en el que se construye la mayoría de maquinaria utilizada en el procesado de alimentos. [35]

Por tal razón para la construcción del horno ahumador se presentan en un atractivo mueble de construcción metálica, a partir de chapas y perfiles de acero inoxidable, con un tratamiento especial anticorrosivo, de gran robustez y ligereza, con avanzado diseño lo que le confiere una larga vida y un acabado estéticamente agradecido. En la Figura 3.16 se puede observar un prototipo de un ahumador en donde la mayor parte de su estructura y componentes es de acero inoxidable.



Figura 3.16. Horno ahumador manual construido de acero inoxidable

Fuente: [36]

Desde la industria cárnica, hortofrutícola, oleícola hasta la vinícola utilizan equipos en acero inoxidable para tratar la materia prima y obtener su producto final.

3.22. Acero Inoxidable en la industria alimenticia

Los aceros inoxidables reúnen un conjunto de características que los hace diferentes de otros materiales. Entre estas características, que otros materiales presentan solo parcialmente, podemos destacar que los aceros inoxidables tienen buena resistencia a la corrosión, pueden ser soldados, doblados y conformados. [37]. Como se indica en la Figura 3.17.



Figura 3.17. Aplicaciones del Acero Inoxidable

Fuente: [36]

Por lo tanto el acero inoxidable es una opción ideal para aplicaciones en proyectos de construcción. El rendimiento óptimo se logra al tomar en cuenta las características ya mencionadas anteriormente, al momento de diseñar con acero inoxidable.

3.23. Tipos de aceros Inoxidables

Los tres tipos principales de aceros inoxidables utilizados en la industria son las clases Martensítica, Ferrítica y Austenítica, nombres derivados de la fase predominante en la que se encuentra el acero a temperatura ambiente. Existe una cuarta clase, los tipos PH (Precipitación Hardening) o de Endurecimiento por Precipitación, y la clase Dúplex. [38] En la Tabla 3.9 se indica el contenido de cromo y aplicación de los diferentes tipos de acero inoxidable.

Tabla 3.9. Clasificación de los Aceros Inoxidables

Tipos de acero inoxidable	Contenido de cromo (Cr)	Aplicación
----------------------------------	--------------------------------	-------------------

Acero inoxidable AISI 430	entre 10.5% y el 30% de Cr	electrodomésticos (cocinas, heladeras, etc.), mostradores frigoríficos, industria automovilística, cubiertos
Martensítico AISI 420 (Magnético)	más del 14% de Cr	Cuchillería, instrumentos quirúrgicos (como bisturí y pinzas), cuchillos de corte, discos de freno
Austeníticos AISI 304 y AISI 316 (No magnético)	varía desde 15-32% Cr	Pueden ser usados a Temperaturas tan bajas como - 270° Plantas y equipos químicos, Equipos para procesamiento de alimentos, Usos arquitectónicos.
Endurecido por precipitación	entre 12% y 18% de Cr	Intercambiadores de calor, tubos de sobrecalentamiento de calderas a vapor, Componentes aeroespaciales y marinos, Tanques de combustibles, Partes de bombas, Ejes y pernos, Sierras, cuchillos y juntas tipo fuelle flexibles.
Dúplex	18 y 28% de Cr	Tuberías de intercambiadores térmicos, tuberías de petróleo, plataformas de ultramar, pozos de gas, tuberías en línea, cuerpos de válvulas para manejar agua de mar y bombas de fundición.

Fuente: [38]

La resistencia de los aceros inoxidable a la corrosión se debe a su alto contenido de cromo, para fabricar un acero inoxidable tiene que haber por lo menos el 12% de cromo en el acero.

3.23.1. Acero Galvanizado

El acero galvanizado es un tipo de acero procesado con un tratamiento al final del cual queda recubierto de varias capas de zinc. Estas capas de zinc protegen al acero evitando que se oxide. El acero galvanizado también es un material con un acabado más duradero, resistente a las ralladuras y que resulta más atractivo para muchos consumidores. El acero galvanizado también es utilizado en la fabricación de muchos componentes de uso industrial. [39]

3.24. Aislamiento Térmico

Un material termoaislante es aquel que posee baja conductividad térmica y evita la pérdida o ganancia de calor de un equipo determinado (horno, caldera, refrigerador, entre otros), porque está compuesto de materiales básicos con un coeficiente de transmisión de calor bajo. El aislamiento térmico es necesario para garantizar la seguridad, reducir las pérdidas energéticas (calor-frio) y para aumentar la sostenibilidad de los procesos. [40]. En la Figura 3.18 se visualiza un horno eléctrico cuyo material térmico cubre las paredes laterales del equipo.



Figura 3.18. Horno eléctrico recubierto de material termoaislante

Fuente: [36]

3.24.1. Razones básicas para el aislamiento térmico de equipos y procesos

- Protección personal
- Mejorar la seguridad del proceso.
- Reducción de las pérdidas de calor y frío, economizando energía.
- Reducción del impacto ambiental. [41]

3.24.2. Clasificación de los aislamientos térmicos

Los aislantes térmicos se pueden clasificar, de acuerdo a su forma y composición:

- Fibras minerales
- Aislantes térmicos granulares
- Aislantes térmicos celulares

3.24.3. Fibras minerales

Materiales procesados a partir del estado de fusión de roca, escoria o vidrio, y convertidos a fibra con un procedimiento de centrifugación a alta velocidad, o a través de dados de estirado o la combinación de ambos. Los termoaislantes fibrosos más usados son la lana de escoria, de roca, fibra de vidrio y la fibra cerámica (refractario). [40]

3.24.4. Lana de Escoria / Lana de Roca

Es un termoaislante hecho a partir del estado de fusión de roca tipo basáltica o semejante, escorias de fundición, materiales con alto contenido de alúmina-silicatos. En la Tabla 3.10 se puede visualizar la forma del material y la temperatura de operación en el cual se diseña el material.

Tabla 3.10. Clasificación del diseño de presentación de la lana de escoria /lana de roca

Forma del material	Descripción /temperatura de operación
Con aceites minerales	Colchoneta armada con metal desplegado y tela hexagonal. Temperatura máxima de operación: 650 °C (1,200 °F)
Con aglutinantes orgánicos	Medias cañas, Placas rígidas y semirrígidas. Temperatura máxima de operación: 650 °C (1,200 °F) y 1,037 °C (°F).

Fuente: [40]

3.24.5. Lana de vidrio

Es un termoaislante hecho a partir del estado de fusión de vidrio. Este tipo de material es el más utilizado para la construcción de hornos, calderas y refrigeradores como se puede observar en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11. Clasificación del diseño de presentación de la Fibra de vidrio

Forma del material	Descripción /temperatura de operación
Con aceites minerales	Colchoneta. Temperatura máxima de operación: 538 °C (1,000 °F).
Con aglutinantes orgánicos	Medias cañas, Placas rígidas, Rollos. Temperatura máxima de operación: 538 °C (1,000 °F):

Fuente: [40]

3.24.6. Fibra cerámica

Se elabora a base de sílice y óxido de aluminio fundido y puede llevar otros óxidos (circonio, hierro, magnesio) en cantidades minoritarias. Estas fibras presentan una elevada resistencia a las temperaturas más altas, donde las lanas de aislamiento (Lana Mineral y Fibra de Vidrio) no son eficaces como se muestra en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12. Clasificación del diseño de presentación de la Fibra cerámica

Forma del material	Temperatura de operación
Colcha de Fibra Cerámica	982 °C, 1,260 °C, 1,316 °C, 1,427 °C,
Tabla de Fibra Cerámica	1,260 °C, 1,316 °C, 1,427 °C,

Fuente: [40]

3.24.7. Aislantes térmicos celulares

Materiales compuestos por pequeñísimas celdas individuales separadas entre sí. El material celular puede ser vidrio o plástico espumado. Los termoaislantes más usados son: vidrio espumado, poliestireno expandido, poliuretano, elastómeros y polisocianurato.

3.24.8. Aislantes térmicos granulares

Materiales compuestos por nódulos que contienen espacios vacíos. Son combinados con fibras de refuerzo con lo que consiguen rigidez, estructura y preforma. Los más comúnmente usados son: vermiculita expandida, perlita expandida, tierra diatomácea, silicato de calcio y silicato de sodio.

3.25. Sistema de control del encendido del horno

El cuadro de control y maniobra contiene los elementos necesarios para programar y mantener una temperatura adecuada y regular la entrada de humo. Estos dispositivos proporcionan mayor seguridad y confiabilidad. En el funcionamiento del horno se utiliza como fuente de combustible gas (GIP) y cuenta con un sistema de encendido electrónico que consta de un controlador sensible a la temperatura y una válvula eléctricamente controlada para mantener el encendido del horno. [42] En la Figura 3.19 se indica las partes principales de un sistema de encendido automático en un horno a gas.

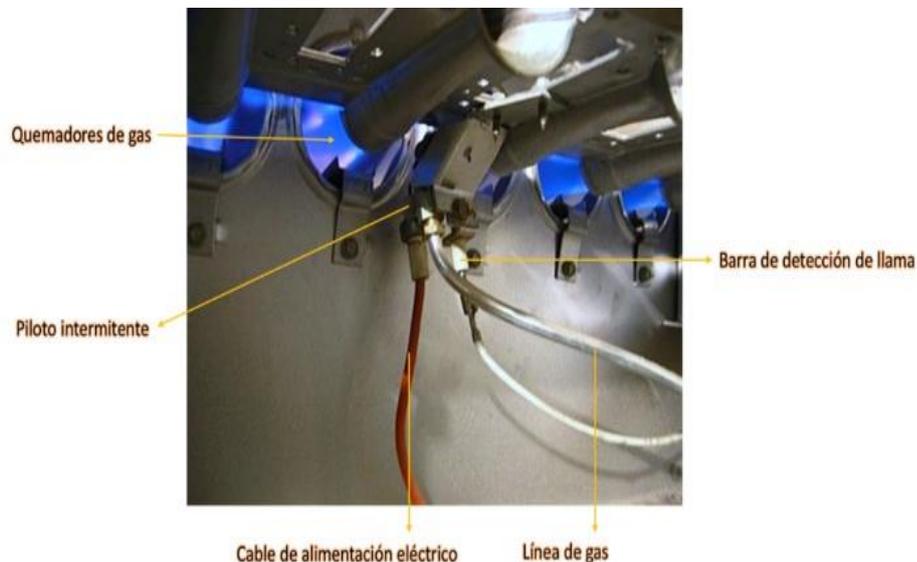


Figura 3.19. Partes principales de un sistema de encendido automático de un horno a gas

Fuente: [42]

Cuando el horno alcanza una temperatura máxima preestablecida, el control del horno corta la corriente a la válvula de gas y el encendedor; corta la flama del quemador. Cuando la temperatura cae a un valor mínimo, el control del horno más envía energía a través del

encendedor a la válvula de gas para que empiece nuevamente la combustión. El control del horno continúa su ciclo de funcionamiento entre los puntos máximos y mínimos para mantener la temperatura a la que está configurado. [42]

3.26. Descripción general del encendido electrónico horno de gas

El sistema de encendido eléctrico en un horno de gas es un invento moderno que permite un uso más fiable que el que ofrecen los hornos con el piloto encendido. El encendido eléctrico, además, ahorra energía y contribuye a una mejor eficiencia del aparato. [43]

El encendido eléctrico se produce, generalmente, de dos maneras:

3.26.1. Piloto intermitente

Utiliza una chispa eléctrica de voltaje controlada electrónicamente para encender el piloto de gas y a continuación los quemadores principales. En la figura 3.19 citada anteriormente se puede apreciar el piloto intermitente o encendido electrónico de un horno a gas.

3.26.2. Encendido por superficie caliente

Lo único que necesita este encendido es un sensor de llama que detecte la chispa del encendido y abra la válvula del quemador principal. El encendido de superficie caliente funciona como el filamento de una bombilla de luz, sólo que aquí el elemento es el calor y no la luz.

El encendido de superficie caliente se fabrica generalmente de un material como el carburo o nitruro de silicio que a medida que la electricidad pasa a través del encendido, se ilumina de rojo [43]. En la Figura 3.20 se visualiza el elemento para el encendido por superficie caliente.



Figura 3.20. Filamento de encendido del sistema de Ignición de superficie caliente

Fuente: [43]

4. METODOLOGÍA

Dentro de la metodología se detalla las variables, ecuaciones, materiales, equipos e instrumentos y el diseño experimental como se observa en Tabla 4.1 que permitirá un enfoque más amplio para la realización de este proyecto tecnológico.

Tabla 4.1. Métodos de Investigación empleados

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Deductivo	Se utilizara este método para determinar las conclusiones generales del comportamiento del horno ahumador basado en el funcionamiento y eficiencia del horno	Horno Ahumador	
Inductivo	Se utilizara este método, para deshidratación de diferentes productos cárnicos.	Horno Ahumador	
Analítico	Se aplicara este método para validación estructural y funcional del horno	Horno Ahumador	
Experimental	La metodología experimental nos ayudara para la validación de un protocolo de pruebas con diferentes productos cárnicos.	Horno Ahumador	Laboratorio de Agroindustrias Campus Salache

4.1. Señalización de variables

- Variable Independiente: Combustión interna de la madera
- Variable Dependiente: Implementación de un horno ahumador

4.2. Operacionalización de variables

En la Tabla 4.2 se observa la Operacionalización de variables

Tabla 4.2. Operacionalización de variables del sistema

Variables	Indicador	Unidades
Combustión interna	Poder calorífico	Kcal
	Tiempo	s.min.h
Implementación de un horno ahumador	Volumen	m ³

Fuente: [36]

Tabla 4.3. Operacionaización de variables del programa

Variables de entrada	Unidades	Variables de salida
Poder Calorífico	Kcal	Temperatura del Humo
Temperatura	°C	
Tiempo	s.min.h	

Fuente: [36]

4.3. Metodología de ecuaciones

Mediante las ecuaciones propuestas en este documento realizamos los cálculos correspondientes que nos permitieron determinar el calor necesario para elevar la temperatura de la carga de temperatura ambiente a temperatura de trabajo, calor necesario de operación, calor para elevar la temperatura de la estructura, calor necesario para compensar las pérdidas de calor en las paredes y calor necesario compensación de pérdidas en las paredes esto se divide en 2 fases tomando como referencia se tomaron las ecuaciones del libro [44]:

- a) Fase de calentamiento inicial de la cámara de secado
- b) Fase de operación de la cámara de secado

La fase a conlleva analizar los siguientes puntos:

q1 = El calor necesario para elevar la temperatura de la masa del producto cárnico desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de operación.

q2 =El calor necesario para elevar la temperatura de la estructura desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de operación

q3 =Calor necesario para elevar la temperatura del aire en el interior de la cámara desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de operación. (Calor sensible)

q4 =Calor necesario para precalentar la carne

q5 =Calor necesario para compensar pérdidas a través de las paredes

q6 =Calor necesario para compensar las pérdidas a través de las ventilas (chimenea)

En la fase b se analizan los siguientes puntos:

q4' =Calor necesario para evaporar el agua de la carne (calor latente)

q5' =Calor necesario para compensar las pérdidas a través de las paredes

q6' =Calor necesario para compensar pérdidas de calor del aire

4.3.1. Calentamiento inicial

Ecuación 4.1. Calor necesario para elevar la temperatura de la carne

$$q1 = V_C * \rho_C * H_i * C_{ch} \quad (4.1)$$

Donde:

q1 = Calor necesario para elevar la Temperatura de la carga de temperatura ambiente a temperatura de trabajo (Kcal)

V_C = Volumen de la carne a secar (m^3)

ρ_C = Densidad de la carne (kg/m^3)

H_i = Humedad inicial (%)

C_{ch} = Calor especifico carne húmeda(Kcal/kg)

Ecuación 4.2. Calor necesario para elevar la Temperatura de la estructura

$$q2 = [(m_{AI} * CP_{AI}) + (V_{LV} * \rho_{LV} * CP_{LV}) + (m_{AG} * C_{AP})] * \Delta T \quad (4.2)$$

Donde:

q_2 = Calor necesario para elevar la Temperatura de la estructura desde la temperatura ambiente a temperatura de trabajo (Kcal/°C)

m_{AI} = Masa acero inoxidable paredes (Kg)

CP_{AI} = Calor específico del acero inoxidable (kcal/kg)

V_{LV} = Volumen de la lana de vidrio (m³)

ρ_{LV} = Densidad de la lana de vidrio (kg/m³)

CP_{LV} = Calor específico de la lana de vidrio (kcal/kg)

m_{AI} = Masa del acero inoxidable parrillas (Kg)

C_{AP} = Calor específico acero inoxidable parrillas (kcal/kg)

ΔT = Diferencia de temperaturas (°C)

Ecuación 4.3. Calor necesario para elevar la temperatura del aire en el interior de la cámara

$$q_3 = V_{Aire} * d_{Aire} * C_{p_{aire}} * \Delta T \quad (4.3)$$

Donde:

q_3 = Calor necesario para elevar la temperatura del aire en el interior de la cámara desde temperatura ambiente a temperatura de operación (Kcal/°C) (calor sensible).

V_{Aire} = Volumen aire en el interior de la cámara (m³)

d_{Aire} = Densidad del aire (kg/m³)

$C_{p_{aire}}$ = Calor específico del aire (kcal/kg)

ΔT = Diferencia de temperatura (°C)

Ecuación 4.4. Calor necesario para precalentar la carne.

$$q_4 = \left[t_a * V_C * \rho_C * \frac{(H_i - H_f)}{T_b} \right] C_{LC} \quad (4.4)$$

Donde:

q_4 = Calor necesario para evaporar el agua de la carne (Kcal/°C)

t_a = Tiempo inicial calentamiento cámara (horas)

V_C = Volumen de la carne (m^3)

ρ_C = Densidad de la carne (kg/m^3)

H_i = Humedad inicial (%)

H_f = Humedad Final (%)

T_b = Tiempo de operación cámara (Horas)

C_{LC} = Calor Latente ($kcal/kg\ ^\circ C$)

Ecuación 4.5. Calor necesario para compensar pérdidas de las paredes

$$q_5 = U * A * \Delta T * t_a \quad (4.1)$$

Donde:

q_5 = Calor necesario para compensar pérdidas de las paredes (Kcal)

U = Coeficiente global de transferencia de calor de las paredes ($kcal/hm^2\ ^\circ C$)

A = Área de transferencia de calor de los paneles (m^2)

ΔT = Diferencia de temperatura ($^\circ C$)

T_a = Tiempo inicial calentamiento de la cámara (Horas)

Ecuación 4.6. Coeficiente global de transferencia de calor de las paredes

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{\lambda_{Ai}} + \frac{e_2}{\lambda_{Lv}} + \frac{e_3}{\lambda_{AG}} + \frac{1}{h_e}} \quad (4.6)$$

Donde:

U = Coeficiente global de transferencia de calor de las paredes ($kcal/hm^2\ ^\circ C$)

h_i = Coeficiente de convección interior ($kcal/hm^2\ ^\circ C$)

λ_{Ai} = Coeficiente de conductividad térmica del acero inoxidable a $80^\circ C$ ($kcal/hm^2\ ^\circ C$)

λ_{Lv} = Coeficiente de conductividad térmica de la lana de vidrio ($kcal/hm^2\ ^\circ C$)

λ_{AG} = Coeficiente de conductividad térmica del acero galvanizado ($kcal/hm^2\ ^\circ C$)

h_e = Coeficiente de convección exterior (kcal/hm²°C)

e_1 = Espesor acero inoxidable interno (mm)

e_2 = Espesor aislante (mm)

e_3 = Espesor exterior acero galvanizado (mm)

Ecuación 4.7. Coeficiente de convección

$$h_e = \frac{\lambda}{e} \quad (4.7)$$

Donde:

h_e = Coeficiente de convección exterior (kcal/hm²°C)

λ = Coeficiente de conductividad térmica (kcal/hm²°C)

e = Espesor de acero inoxidable (mm)

Ecuación 4.8. Calor necesario para compensar pérdidas en ventilas

$$q_6 = 0 \quad (4.8)$$

Ecuación 4.9. Fase de Calentamiento

$$Q_{\text{calentamiento}} = \Sigma_{q_{1-6}} \quad (4.9)$$

Donde:

$\Sigma_{q_{1-6}}$ = Sumatoria total de los calores (Kcal)

Ecuación 4.10. Fase de calentamiento

$$q_a = \frac{\Sigma_{q_{1-6}}}{t_a} \quad (4.10)$$

Donde:

q_a = Fase de calentamiento (kcal)

t_a = Periodo de calentamiento (h)

4.3.2. Operación de la cámara de secado

Con la siguiente formula podremos determinar el calor necesario para evaporar el agua de la carne.

Ecuación 4.11. Calor necesario para evaporar el agua de la carne

$$q4' = V_c * \rho_c * (H_i - H_f) * C_{LC} + 5 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} * V_c * \rho_c \quad (4.11)$$

Donde:

$q4'$ = Calor necesario para evaporar el agua de la carne (Kcal)

V_c = Volumen de la carne (m^3)

ρ_c = Densidad de la carne (kg/m^3)

H_i = Humedad inicial (%)

H_f = Humedad final (%)

C_{LC} = Calor Latente de la carne ($\text{kcal}/\text{Kg}^\circ\text{C}$)

Ecuación 4.12. Calor necesario para compensar pérdidas en las paredes

$$q5' = U * A * \Delta T * t_B \quad (4.12)$$

Donde:

$q5'$ = Calor necesario para compensar pérdidas en las paredes (kcal)

U = Coeficiente global de transferencia de calor de las paredes ($\text{kcal}/\text{hm}^2^\circ\text{C}$)

A = Área de transferencia de calor de los paneles (m^2)

ΔT = Diferencia de temperaturas ($^\circ\text{C}$)

t_B = Tiempo de operación cámara (h)

Ecuación 4.13. Renovación del aire

$$q6' = \left(\frac{p}{a - b} \right) * CP_{\text{aire}} * \Delta T \quad (4.13)$$

Donde:

q_6' = Renovaciones del aire (kcal)

p = Peso del H₂O o vapor (gr)

a = Peso de agua por peso de aire que sale de la cámara (gr/Kg)

b = Peso de agua por peso de aire que entra a la cámara (gr/Kg)

CP_{aire} = Calor específico del aire (Kcal/Kg)

ΔT = Diferencia de temperatura (°C)

4.3.3. Cálculo térmico fase operación

Ecuación 4.14. Fase de operación térmica

$$q_b = \frac{\sum q'_{4-6}}{tb} \quad (4.14)$$

Donde:

q_b = Fase de operación térmica (Kcal/h)

$\sum q'_{4-6}$ = Sumatoria de calores de la fase de operación del horno (Kcal/h)

t_B = Tiempo de operación (h)

4.3.4. Cálculo térmico cámara de secado

Con la siguiente ecuación se determina el calor total requerido dentro de la cámara de ahumado

Ecuación 4.15. Cálculo térmico cámara de secado

$$q_T = q_a + q_b \quad (4.15)$$

Donde:

q_T = Calor total de la cámara de ahumado (Kcal/h)

q_a = Fase de calentamiento (Kcal/h)

q_b = Calor de operación de la cámara de ahumado (Kcal/h)

4.3.5. Cálculo del ventilador –Extractor

Ecuación 4.16. Ventilador- Extractor

$$\text{ventilador} = V_{\text{camara}} * F_c \quad (4.16)$$

Donde:

V_{camara} = Volumen de la cámara (m³)

F_c = Factor de conversión

4.4. Metodología de materiales

Dentro de la metodología se especifica los materiales que se utilizó para realizar la construcción de la estructura del horno ahumador.

4.4.1. Acero inoxidable

En la Tabla 4.4 se señala las especificaciones de los dos tipos de acero inoxidable utilizado para la construcción del horno ahumador.

Tabla 4.4. Acero inoxidable utilizado para la construcción del horno ahumador

Clase	Espesor	Clasificación	Temperatura Max operación (°C)
Acero Galvanizado	2.00mm	ASTM A653 CS	725
Acero inoxidable	1.50mm	AISI Serie 304	925

Fuente: [45]

4.4.2. Lana de vidrio

En la Tabla 4.5 se indica las especificaciones técnicas de la lana de vidrio utilizada en la construcción del horno ahumador.

Tabla 4.5. Propiedades y características de la lana de vidrio

Propiedades	Lana de vidrio
Presentación	Manta
Composición	Fibras de vidrio silíceo
Conductividad Térmica (W/m °C)	0.04
Temperatura de aplicación	-84°C- 538°C
Densidad (Kg/m ³)	32

Combustibilidad	Incombustible
Facilidad de aplicación	No necesita pegante muy liviano y flexible

Fuente: [36]

4.5. Metodología de instrumentos

4.6. Equipos de automatización y control

Para tener un adecuado control del funcionamiento tanto de la cámara de ahumado y de la cámara de quemado se utilizarán elementos electrónicos que ayudaran a conocer los rangos de temperatura adecuados al momento de ahumar los cárnicos.

4.6.1. Termocupla tipo J

La Termocupla tipo J se compone de dos conductores tal como se indica en la Figura 4.1 el primero es un alambre de hierro y el segundo es un alambre de aleación de cobre y níquel unidos en un extremo. Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño, del orden de los mili volts el cual aumenta proporcionalmente con la temperatura. [46]. Para el diseño del horno ahumador se elige la Termocupla tipo J debido a que el rango de temperaturas que mantenemos es de nivel bajo (-180-750°C y 42.2mV).



Figura 4.1. Termocupla tipo J implementada en el ahumador

Fuente: [36]

4.6.2. Control de temperatura delta

El controlador de temperatura tiene una respuesta de salida rápida, acertados parámetros PID auto –ajustables, soporta protocolos de comunicaciones Modbus y está diseñado con varios tipos de salida, permitiendo alcanzar un control muy rápido en diferentes sistemas tal como se indica en la Figura 4.2 [47]. En el (ANEXO I) se indica las especificaciones técnicas del controlador de temperatura



Figura 4.2. Control de temperatura delta utilizado en el horno ahumador

Fuente: [48]

4.6.3. Electroválvula de gas

Como se indica en la Figura 4.3 la válvula solenoide que se utilizó en el ahumador es una válvula eléctrica N.C utilizada para controlar el paso del gas. La apertura o cierre de la válvula se basa en impulsos electromagnéticos de un solenoide (un electroimán) que trabaja junto a un muelle diseñado para devolver a la válvula a su posición neutral cuándo el solenoide se desactiva. Las válvulas solenoides ofrecen funciones de apertura o cierre total y no se pueden utilizar para la regulación del flujo de gas o fluido. [49] Véase (ANEXO II).



Figura 4.3. Válvula solenoide utilizada en el horno ahumador

4.6.4. Encendedor eléctrico

Como se indica en la Figura 4.4 el encendedor eléctrico funciona con corriente continua (DC) y su circuito interno genera una serie de chispas que encienden el gas. El plástico utilizado en la estructura y las partes internas es auto extingüible, lo que, en caso de incendio, evita la propagación de las llamas. [50]



Figura 4.4. Encendedor eléctrico utilizado en el sistema de encendido del ahumador

4.6.5. Extractor

Como se indica en la Figura 4.5 el extractor es un aparato que se encuentra situado por encima del horno ahumador destinado a la extracción de los humos, la grasa en suspensión en el aire, los productos de combustión, los olores, el calor, y el vapor del aire mediante una combinación de filtrado y la evacuación del aire. Todo ello gracias a su poder de succión. Las características operativas de los extractores se determinan en función de las dimensiones del espacio donde se llevara a cabo su instalación de modo que se logre su máxima capacidad de extracción. [51]



Figura 4.5. Extractor de humo utilizado en el horno ahumador

Fuente: [36]

4.6.6. PLC S7-200

Para la automatización del horno ahumador se utilizó un PLCs S7-200 que comprenden diversos sistemas de automatización pequeños (Micro--PLCs) que se pueden utilizar para numerosas tareas. El S7-200 vigila las entradas y cambia el estado de las salidas conforme al programa de usuario que puede incluir operaciones de lógica booleana, operaciones con contadores y temporizadores, operaciones aritméticas complejas, así como comunicación con otros aparatos inteligentes. [52] En la Figura 4.6 se indica el PLCs Utilizado en la programación del horno ahumador para mayor detalle véase la ficha técnica en el (ANEXO III).



Figura 4.6. PLCS 7200 utilizado en la Programación

4.6.7. Indicadores luminosos

Como se indica en la Figura 4.7 se usaron indicadores luminosos los cuales sirven para señalar el estado de maniobra del horno ahumador.



Figura 4.7. Indicadores luminosos para verificar el estado del equipo Off/ On

4.7. Material eléctrico

El material eléctrico para realizar el proyecto tecnológico del horno ahumador automatizado se utilizó lo siguiente:

4.7.1. Cable AWG14

El cable que se utilizó para el cableado eléctrico del tablero de control del horno ahumador se especifica en la Tabla 4.6

Tabla 4.6. Especificaciones Técnicas del cable AWG 14

AWG	Diámetro mm	A	Max. carga de voltaje
14	1.63	15	110 /220 V

Fuente: [53]

4.7.2. Cable de alta temperatura

El cable de alta temperatura como se indica en la Figura 4.8 se encuentra en sistemas de calentamiento por resistencias eléctricas, hornos, lámparas de alta densidad, maquinaria eléctrica entre otras aplicaciones donde hay alta temperatura hasta de 500 °C y está diseñado en una amplia variedad de materiales y calibres para ajustarse a cada aplicación. [54]



Figura 4.8. Cable de alta temperatura usado en la Instalación del horno ahumador

4.8. Material Mecánico

4.8.1. Caja para tablero de control

En la Figura 4.9 se indica un gabinete metálico, destinado a contener en su interior equipos de control eléctrico y electrónico necesarios para la medición, transmisión, señalización y control de las instalaciones eléctricas del horno ahumador, que requieren de protección contra el polvo y lanzamiento de aguas.

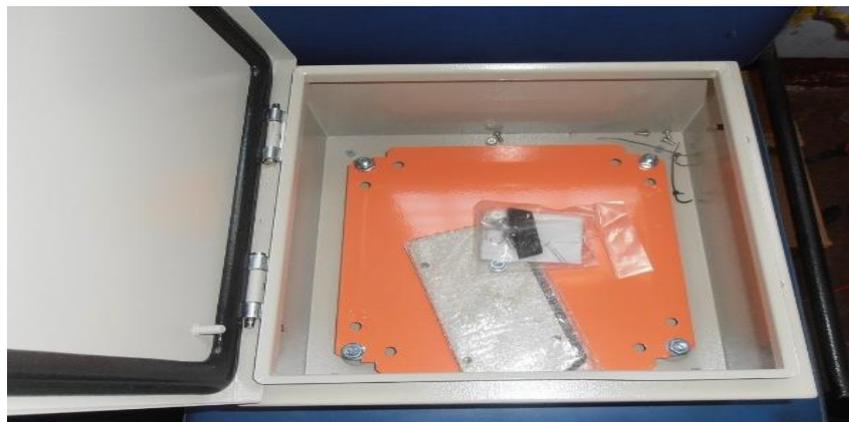


Figura 4.9. Caja para tablero de control utilizada para el horno ahumador

4.9. Flautín de GLP

Como se indica en la Figura 4.10 un flautín de gas es un artefacto que se emplea para quemar combustible (GLP), permite encender una llama dentro de la cámara de quemado del ahumador y, de esta manera, producir calor para calefaccionar y generar la combustión para la obtención de humo.



Figura 4.10. Flautín de gas utilizado en el horno ahumador

4.10. Metodología experimental

El diseño experimental partirá del análisis de variables que el proyecto está involucrado.

4.10.1. Diagrama de Pareto

Para nuestro proyecto se ha realizado un estudio a través del diagrama de Pareto (80%-20%) de siete tipos de maderas, utilizando como parámetros de su poder calorífico, tiempo de combustión y su calidad para el ahumado; parámetros que se relacionan en la Tabla 4.7

Tabla 4.7. Análisis de Maderas para ahumado

Tiempo de combustión	Calidad de ahumado	Madera	Poder calorífico	Porcentaje Acumulado	Frecuencia Acumulada	80-20
Lenta	Buena	Arce	5	15%	5.00	80%
Media	Buena	Castaño	4.9	30%	9.90	80%
Rápida	Básica	Álamo	4.8	44%	14.70	80%

Rápida	Buena	Abedul	4.7	59%	19.40	80%
Lenta	Muy buena	Fresno	4.6	73%	24.00	80%
Rápida	Buena	Haya	4.6	86%	28.60	80%
Muy lenta	Excelente	Roble	4.5	100%	33.10	80%
					33.10	

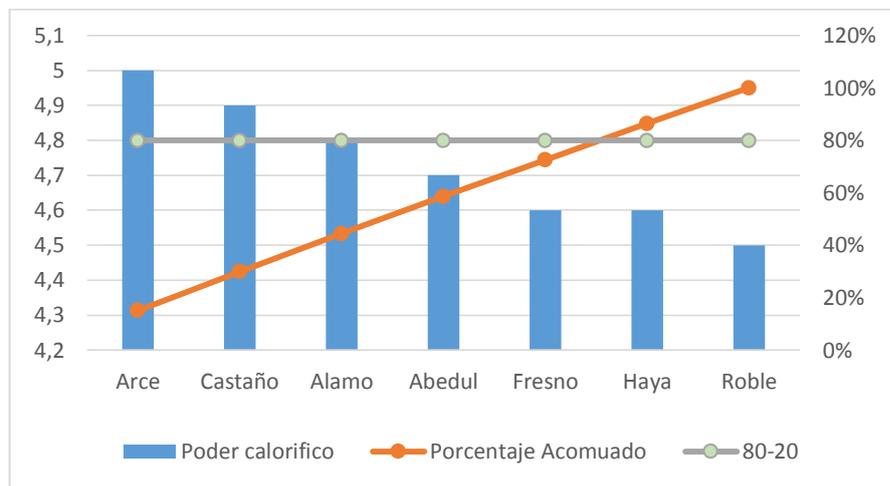


Figura 4.11. Diagrama de Pareto de los diferentes tipos de madera

En base a los resultados de la Tabla 4.7 y gráfica del diagrama de Pareto encontramos que la madera de roble se encuentra en un rango aceptable para ser utilizada en el proceso de ahumado.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Alcance de alternativas

La Tabla 5.1 muestra el alcance de las alternativas según las características de cada una de los cuatro tipos de hornos principales; estableciendo una ponderación donde a cada característica se le asignará un valor de (1 a 10) dependiendo de cómo satisfaga el desarrollo del horno ahumador, siendo 1 pésimo y 10 excelente.

Tabla 5.1. Alcance de las alternativas

Características	Horno a leña	Horno eléctrico	Horno ahumador	Horno de carbón	Ponderación			
					HL	HE	HA	HC
Tradición	Muy utilizado	Muy utilizado	Muy utilizada	Poco utilizado	10	8	10	7
Ahumado	Alto	Bajo	Alto	Alto	8	5	9	7
Cocido	Lento	Rápido	Lento	Lento	6	8	7	7
Calor	Medio	Alto	Medio	Bajo	7	9	8	6
Temperatura estable	No	Si	No	No	7	8	7	5
Utilización de resistencias eléctricas	No	Si	No	No	8	6	9	8
Quemado de maderas	Si	No	Si	Si	8	5	9	8
Tiempo de ahumado	Lento	Rápido	Lento	Lento	7	9	7	7
Sabor	Excelente	Bueno	Excelente	Bueno	9	8	10	7
Consumo de energía eléctrica	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	8	5	9	8
TOTAL					78	71	85	70

El resultado del análisis muestra que el horno ahumador presenta mejor ponderación para el caso descrito con respecto a las demás alternativas obteniendo un puntaje total de 85 sobre 100 en ponderación; sobre todo en favor a la capacidad de ahumado y bajo consumo de energía eléctrica.

5.2. Detalle de la construcción del horno ahumador

La construcción del horno se lo realizo con planchas de acero inoxidable AISI 304 para el interior del horno por el motivo que se trabajara con productos alimenticios (Cárnicos) (ANEXO X) y Acero Galvanizado para la parte externa (ANEXO IX). En la base de la cámara de quemado se encuentra ubicado un flautín o quemador de gas que es encendido mediante un

chispero eléctrico permitiendo quemar el gas, que hace que combustione la viruta para generar humo.

El horno ahumador consta de dos partes fundamentales que han sido concebidas por separado para su análisis y estudio respectivo.

- **Cámara de ahumado:** La cámara de ahumado es una estructura construida a base de rejillas de acero inoxidable que dispone de 2 compartimientos donde se ubica los cárnicos.
- **Cámara de Quemado:** La cámara de quemado contiene la viruta que es encendida para producir el humo, el mismo que es conducido al interior de la cámara de ahumado.

5.3. Análisis de funcionamiento del horno ahumador

Mediante un flautín que combustiona GLP ubicado en la parte inferior de la cámara de quemado se calienta la bandeja, ayudando así a la quema de la viruta, generando humo que llegara a la cámara de ahumado.

A fracción de lo sucedido anteriormente se introduce humo en la espacio interno de la cámara de ahumado. El humo generado sube desde la cámara de quemado que contiene viruta encendida y abastece de humo durante el tiempo de ahumado establecido. La viruta utilizada son pequeños trozos de Roble u otro tipo de madera cuyo humo generado por este tipo de madera dan un sabor y olor característico a la carne. La temperatura se elevara gracias a la quema de viruta, para evaluación de la misma se ubicó un sensor de temperatura tipo J en la parte central de la cámara de ahumado puesto que las temperaturas se mantienen en ese punto; es decir los índices de flujo de aire están controlados por un ventilador extractor que ayudara al control de la temperatura, ya que al sobrepasar la temperatura requerida para el ahumado del cárnico el ventilador extractor sacara el exceso de flujo y mantendrá la temperatura.

5.4. Arquitectura del horno ahumador

El horno ahumador está diseñado para aprovechar de forma eficiente los flujos de aire caliente y mantener una temperatura constante en toda la parte interna del horno. De tal forma que se pueda aprovechar el espacio interno de la cámara de ahumado en donde se coloca el alimento a ahumar, una acotación importante que se estima es que todos las carnes ubicados en las diferentes secciones donde están ubicadas las parillas se van ahumar al mismo ritmo y con la misma intensidad de cocción.

5.5. Dimensionamiento

Para conocer las dimensiones de nuestro horno ahumador lo primero que se realizó es conocer las medidas de nuestro fileteado de carne a ser ahumado, tomando como referencia el dato del sitio web hacienda Gavilanes empresa Agroindustrial [55] quien manifiesta que el corte de 3 cm de espesor, este tamaño es ideal para que no se reseque y que no sea tan grueso como para quedar crudo.

Para definir las medidas del horno tanto largo, profundidad y ancho se tomó en consideración la porción de carne que se va ahumar donde las medidas establecidas son 100mm*50mm*30mm siendo el fileteado ideal al momento de ahumar el alimento.

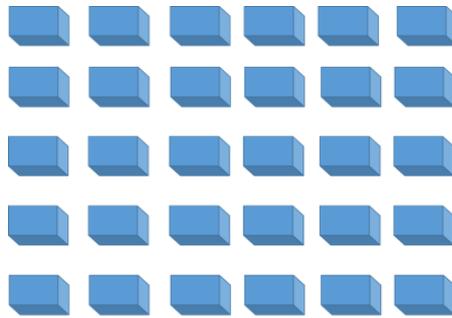


Figura 5.1 Distribución de carne para obtener volumen de la cámara de ahumado

De acuerdo a la distribución de la carne con una separación 20mm como se observa en la Figura 5.1 realizada anteriormente se tiene que la cámara de ahumado posee las siguientes dimensiones:

Alto: 800mm

Ancho:530mm

Profundidad:640mm

Volumen total de carne en la cámara de ahumado

$$V = L * L * L$$

$$V = 100\text{mm} * 50\text{mm} * 30\text{mm}$$

$$V = 150000\text{mm} \rightarrow 0.00015\text{m}^3$$

El volumen se obtiene a través de la siguiente formula con los datos obtenidos de la Tabla Cengel (ANEXO IV).

$$m = v * \rho$$

$$m = 0.00015\text{m}^3 * 790 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 0.1185\text{Kg} * 35 = 4.1475 \text{ Kg} * 2 \text{ bandejas}$$

$$m = 8.4425 \text{ Kg de carne}$$

Calentamiento inicial

Para q1 calor necesario para elevar la temperatura de la carne

$$\text{Volumen a secar: } 0.01069 \text{ m}^3$$

La humedad inicial se toma en consideración del libro de Cengel Tabla A-7 como se indica en el ANEXO IV

$$q1 = V_C * \rho_C * H_i * C_{ch} * \Delta T$$

$$q1 = 0.01069\text{m}^3 * 790 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.74 * 60^\circ\text{C} * 59.0344 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$q1 = 22135.68\text{Kcal}$$

Para **q2** calor necesario para elevar la temperatura de la estructura

$$q2 = [(m_{AI} * CP_{AI}) + (V_{LV} * \rho_{LV} * CP_{LV}) + (m_{AG} * C_{AP})] * \Delta T$$

Valores del acero inoxidable tomados del ANEXO V.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pared lateral} = 7.682 \text{ kg} * 2 \\ \text{Pared superior} = 6.216 \text{ kg} \end{array} \right\} 21.58 \text{ kg}$$

Valores tomados de la lana de vidrio del ANEXO VI

$$\left. \begin{array}{l} \text{Volumen de la lana de vidrio lateral} \\ V = 800\text{mm} * 530\text{mm} * 50\text{mm} \\ V = 0.0212 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen de la lana de vidrio superior} \\ V = 640\text{mm} * 530\text{mm} * 50\text{mm} \\ V = 0.017 \text{ m}^3 \end{array} \right\} 0.0594 \text{ m}^3$$

Masa acero de la parrilla. En el (ANEXO VII) se detalla las especificaciones de la varilla utilizada para la construcción de las parillas

$$m_{AC} = 6.609 \text{ Kg} * 2 \text{ parillas}$$

$$m_{AC} = 13.218 \text{ Kg}$$

$$q_2 = \left[\left(21.58 \text{ Kg} * 0.119423 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \right) + \left(0.594 \text{ m}^3 * 120 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.1578 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \right) + \left(13.218 \text{ Kg} * 0.119423 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \right) \right] * 60^\circ\text{C}$$

$$q_2 = [2.58 \text{ Kcal} + 1.125 \text{ Kcal} + 1.58 \text{ Kcal}] * 60^\circ\text{C}$$

$$q_2 = 317.1 \text{ Kcal}^\circ\text{C}$$

Para q3 (calor sensible) calor necesario para elevar la temperatura del aire

Para el cálculo se considera la densidad del aire $d_{Aire} = 1.204 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$, el calor específico $CP_{Ai} = 0.24052 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$ Tomando en consideración que al inicio la cámara está vacía. La tabla de las propiedades del aire se indica en la tabla del ANEXO VIII

$$q_3 = V_{Aire} * \rho_{Aire} * CP_{aire} * \Delta T$$

$$q_3 = \left[0.27136 \text{ m}^3 * 1.204 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.24052 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \right] * 60^\circ\text{C}$$

$$q_3 = 4.715 \text{ Kcal}^\circ\text{C}$$

Para q4 calor necesario para evaporar el agua

Datos tomados de la tabla A7 de cengel (ANEXO IV)

$$q_4 = \left[T_a * V_C * d_C * \frac{(H_i - H_f)}{t_b} \right] C_{LC}$$

$$q_4 = \left[1H * 0.01069 \text{ m}^3 * 790 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{(0.74 - 0.1)}{4h} \right] 59.0344 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$q_4 = 79.77 \frac{\text{Kcal}}{^\circ\text{C}}$$

Para q5 calor necesario para compensar las perdidas

Para el cálculo de Calor necesario para compensar pérdidas en las paredes se toma en consideración el coeficiente de conductividad térmica del acero galvanizado, acero inoxidable así como también sus medidas y espesores de acuerdo a la tabla del ANEXO IX y X

$$q_5 = U * A * \Delta t * t_a$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{\lambda A_i} + \frac{e_2}{\lambda L_v} + \frac{e_3}{\lambda A_G} + \frac{1}{h_e}}$$

$$h_e = \frac{\lambda}{e} = 33247,4 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}}$$

$$h_i = \frac{\lambda}{e} = 6018,92 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{6018.92 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}}} + \frac{0.002\text{m}}{12.04 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}}} + \frac{0.058\text{m}}{0.03956 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}}} + \frac{0.0015\text{m}}{49.9 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}}} + \frac{1}{33247.4 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}}}}$$

U

$$= \frac{1}{0.0002 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}} + 0.000166 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}} + 1.47 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}} + 0,00003 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}} + 0.000030077 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}}}$$

$$U = \frac{1}{1,47043 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}}} = 0.68 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}}$$

$$q_5 = 0.68 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2 \text{°C}} * 0.41\text{m}^2 * 60\text{°C} * 1\text{h}$$

$$q_5 = 16728\text{kcal}$$

Para q6 calor necesario para compensar las pérdidas en la chimenea

Calor necesario para compensar pérdidas en ventilas en esta etapa de calentamiento inicial no están abiertas las ventilas para ello el calor perdido es nulo.

$$q_6 = 0$$

En la fase de Calentamiento se determina el calor de operación que va a tener el horno ahumador.

$$q_a = \sum_{q1-6}$$

$$q_{(a)calent} = 22135.68Kcal + 317.1 Kcal + 4.715 Kcal + 79.77Kcal + 16728kcal + 0$$

$$q_{(a)calentamiento} = 39265.265 Kcal$$

Se adiciona un factor potencia de 15 % debido a las pérdidas de operación para esto se divide la fase de calentamiento inicial con el periodo de calentamiento t_a y adicionar el 15%

$$q_a = \frac{39265.265 Kcal}{1} * 1.15$$

$$q_a = 45155.055 \frac{Kcal}{h}$$

En el ANEXO XI, nos indica las especificaciones del poder calorífico y las propiedades térmicas del roble poder calorífico del roble por kilogramo $1kg=4473,68 Kcal$, por lo tanto para llegar a la fase de calentamiento se utiliza 10.09 Kg de Roble.

Operación del horno ahumador

Para q_4' (Calor latente) para el determinar el calor necesario para evaporar el agua de la carne se toma en consideración los datos citados anteriormente.

$$q_4' = V_c * \rho_c * (H_i - H_f) * C_{LC} + 5 \frac{Kcal}{Kg} * V_c * \rho_c$$

$$q_4' = 0.01069m^3 * 790 \frac{Kg}{m^3} * (2.74\% - 0.10\%) * 59.0344 \frac{Kcal}{Kg^\circ C} + \left[5 \frac{Kcal}{Kg} * 0.01069m^3 * 790 \frac{Kg}{m^3} \right]$$

$$q_4' = 319.073Kcal + 42.23Kcal$$

$$q_4' = 361.3Kcal$$

Para q_5' Calor necesario para compensar pérdidas en las paredes

$$q_5' = 0.68 \frac{Kcal}{hm^2^\circ C} * 0.41m^2 * (120 - 80)^\circ C * 4h$$

$$q_5' = 44608 Kcal$$

Para q_6' para el análisis de Renovación del aire se debe utilizar la carta Psicométrica ASHRAE como se indica en el ANEXO XII teniendo en cuenta la humedad relativa del 65% dato tomado de la página worldmeteo donde nos indica la humedad a la cual se encuentra la ciudad de Latacunga, las temperaturas $20^\circ C$ a $120^\circ C$ y peso del H₂O o Vapor de 5400 gr.

$$P = (0,01069 \text{ m}^3 * 790 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (0,74 - 0,1)) = 5,4 \text{ Kg} = 5400 \text{ gr}$$

$$q_6' = \left(\frac{P}{a - b} \right)$$

$$q_6' = \left(\frac{5400 \text{ gr}}{32 \frac{\text{gr}}{\text{Kg}} - 12,5 \frac{\text{gr}}{\text{Kg}}} \right) * 0,241 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (120 - 80)^\circ\text{C}$$

$$q_6' = 2669,53 \text{ Kcal}$$

Cálculo térmico fase de operación

$$q_b = \Sigma'_{q_{4-6}}$$

$$q_b = 361,3 \text{ Kcal} + 44608 \text{ Kcal} + 2669,53 \text{ Kcal}$$

$$q_b = 47638,83 \text{ Kcal}$$

Para el análisis se adiciona un Factor seguridad del 15%

$$q_b = \frac{47638,83 \text{ Kcal}}{4 \text{ h}} * 1,15\%$$

$$q_b = 13696,16 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Nota: Se requiere 3.06 Kg de roble

Cálculo Térmico cámara de secado

$$q_T = q_a + q_b$$

$$q_T = 45155,055 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} + 13658,73 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

$$q_T = 58813,79 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Total de roble consumido.

$$R_{fc} + R_{fo} = 10,09 \text{ Kg} + 3,06 \text{ Kg}$$

$$R_{fc} + R_{fo} = 13,15 \text{ Kg de Roble}$$

5.5.1. Cálculo Ventilador extractor

Volumen Cámara: 0.27136m³

Presion Atmosferica: 103100 P_a

Temperatura: 120°C

Volumen Cámara: 0.27136m³

Altitud: 2750m. s. n. m

$$Q = 0.27136 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 2118.9 = 574 \text{ CFM}$$

Del catálogo SODEGA pagina 23 se selecciona NEOLINEO-100-Q-T ver ANEXO XIII

Caudal máximo $200 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ este modelo evacua $0.06 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ de humo caliente al ambiente lo que significa que para evacuar $0.27136 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ de la cámara se ahumado toma un tiempo de 4.52 segundos.

5.6. Diseño del sistema de control

Para el sistema de control del horno ahumador se utilizó el software TIA PORTAL V14, el cual contiene un archivo con la programación que se indica en la Figura 5.2.

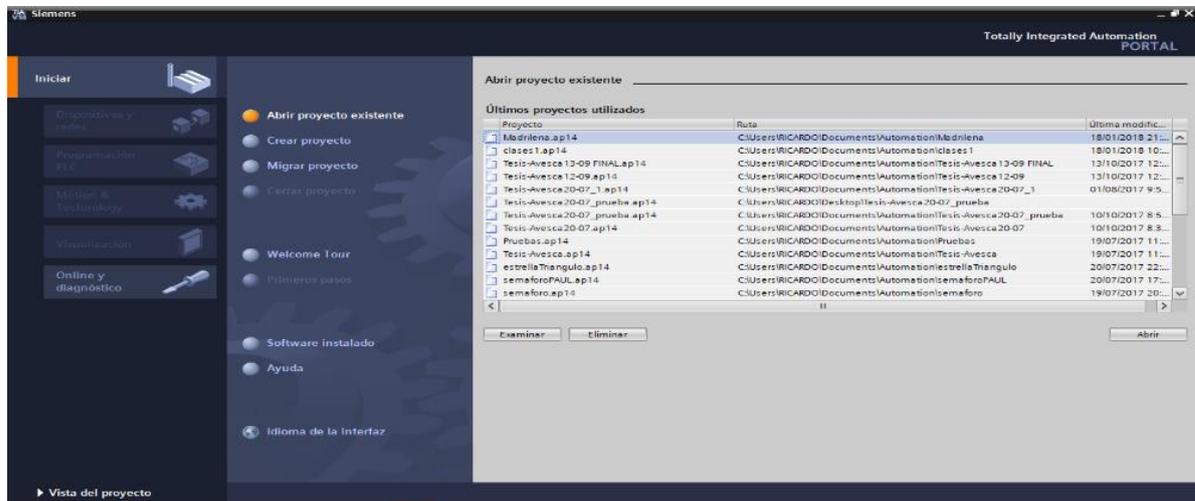


Figura 5.2. Programacion en TIA PORTAL V14

5.6.1. Programación en TIA PORTAL V14.

La programación como se visualiza en la Figura 5.3 se realizó mediante diagrama de bloques, cuyos datos y parámetros de programación están determinados en función del tiempo y rangos de temperatura de operación del horno ahumador para mayor detalles de la programación ver el ANEXO XVI

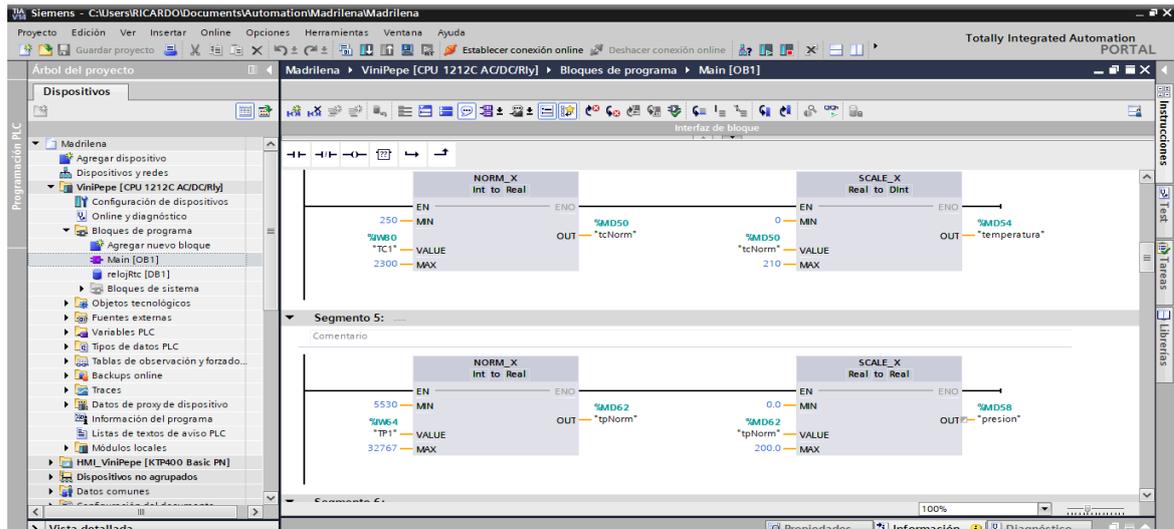


Figura 5.3. Bloques de programación TIA PORTAL V14

Fuente: [36]

5.7. Pruebas Realizadas

Para comprobar el funcionamiento el sistema del horno ahumador de carnes para la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache se ha realizado dos pruebas.

Para determinar la temperatura a la que se debe ahumar la carne se debe tener en consideración la temperatura del producto o la temperatura del horno.

Los estudios e indagaciones que determinan la temperatura la cual se debe ahumar los diversos tipos de carne se especifica en la Tabla 3.2 utilizando como referencia la temperatura del horno ahumador que vendría a ser 120 °C la temperatura máxima.

Al tener como referencia la temperatura del horno, el proceso de cocción es independiente de la cantidad de carne que se coloque en el interior de la cámara de ahumado, puesto que al alcanzar la temperatura requerida se asegura la correcta cocción del alimento.

5.8. Resultados

La cantidad de viruta a quemar es de 10,03 kg para llegar a la temperatura de operación de 80°C pero al momento de la experimentación se utilizó una cantidad de 6,73 kg ya que al momento del cálculo se sobredimensiono.

El tiempo para llegar a la temperatura de operación se muestra en la Figura 5.4 que se obtuvo por experimentación:

Fase de calentamiento (horno sin carne)							
Temperatura de operación 80°C							
Tiempo (min)	Temperatura centigrados	Grados	Instrumento	Hora	Fecha	Temperatura ambiente °C	Cantidad total de madera (Kg)
0 min	14,8		pirometro	8:00 AM	10/07/2018	16,4	9,79 Kg
5 min	22,7		termocupla instalada en el horno				
10 min	32,8		termocupla instalada en el horno				
15 min	43,6		termocupla instalada en el horno				
20 min	53,3		termocupla instalada en el horno				
25 min	65,2		termocupla instalada en el horno				
27 min	72,1		termocupla instalada en el horno				
32 min	81,2		termocupla instalada en el horno				3,3Kg

Figura 5.4. Tabla de temperatura de operación

En la Figura 5.5 podemos observar la curva del tiempo y temperatura que se demora en llegar a la temperatura de operación.

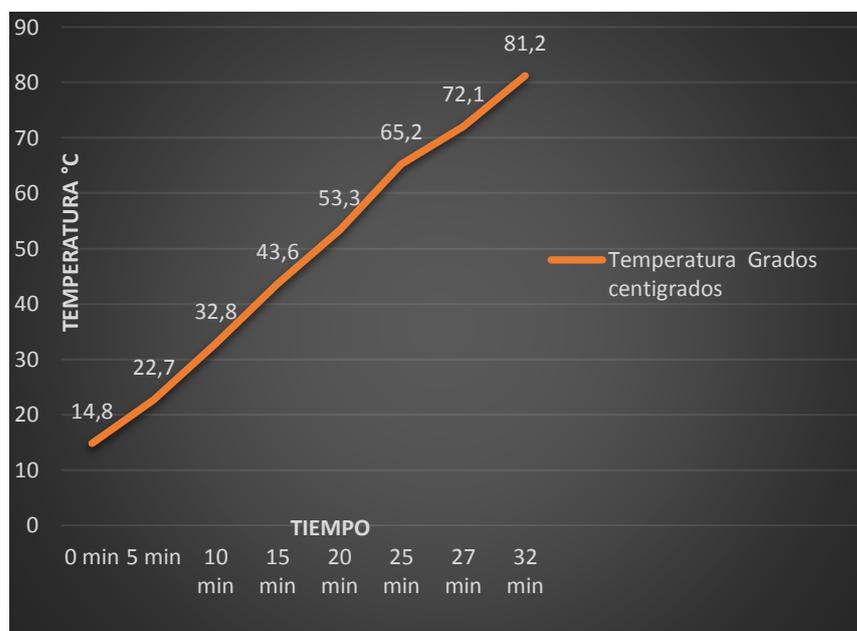


Figura 5.5. Curva de temperatura de operación

Fuente: [36]

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1. Presupuesto

Dentro del presupuesto se incluyen los gastos de la implementación de la propuesta tecnológica en términos de precios y cantidades de acuerdo con los rubros directos e indirectos que intervinieron en la construcción del horno ahumador

6.2. Gastos directos

Tabla 6.1. Detalle de costos de elementos mecánicos

ELEMENTOS MECÁNICOS				
Cantidad	Unidad	Elemento	Costo p/u (\$)	Costo total (\$)
1	U	Cámara de ahumado de acero inoxidable con recubrimiento de acero galvanizado y aislante	750,00	750,00
1	U	Flautín de GLP	50,00	50,00
			TOTAL	\$800

Tabla 6.2. Detalle de costos de elementos eléctricos y electrónicos

ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS				
Cantidad	Unidad	Elemento	Costo p/u (\$)	Costo total (\$)
1	U	Termocupla tipo j	14,00	14,00
1	U	Extractor	40,00	40,00
1	U	Electroválvula para GLP	42,00	42,00
1	U	Encendedor eléctrico	15,00	15,00
1	U	PLC S-7200	210,00	210,00
1	U	Controlador de temperatura delta	80,00	80,00
50	U	Terminales tipo U	2,00	100,00
5	m	Cable de alta temperatura	3,70	18,50
5	m	Cable AWG 14	0,40	2,00
1	U	Tablero de control	45,00	45,00
3	U	Indicadores luminosos	10,00	30,00
			TOTAL	\$ 596,5

Tabla 6.3. Detalle de costos de construcción y manufactura

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN O MANUFACTURA				
Cantidad	Unidad	Proceso	Costo p/u (\$)	Costo total (\$)
1	MDO	Construcción	300	300,00
			TOTAL	\$ 300,00

Tabla 6.4. Total de gastos Directos

INVERSIÓN TOTAL DEL HORNO AHUMADOR	
Componente del gasto	Gasto total
Elementos mecánicos	\$800
Elementos eléctricos y electrónicos	\$ 596,5
Costos de construcción o manufactura	\$ 300,00
TOTAL	\$ 1696,5

6.3. Análisis de impactos

Dentro del análisis de impactos el proyecto se ve involucrado en los siguientes aspectos:

6.3.1. Impacto practico

La implementación del horno ahumador permite mejorar los conocimientos Teórico-prácticos de los estudiantes de la universidad técnica de Cotopaxi ya que pueden realizar pruebas de ahumado con el equipo el mismo que es de fácil uso y manejo.

6.3.2. Impacto Simbólico

La Implementación de un horno ahumador simboliza un crecimiento en el desarrollo de la tecnología y mejora la productividad en los laboratorios de Agroindustrias de la Universidad Técnica de Cotopaxi. En los investigadores, mediante el apoyo de sus docentes y gracias a la excelencia de la Universidad, permite la aplicación de conocimientos fundamentales y el desarrollo de las habilidades técnicas adecuadas para el desarrollo de esta propuesta tecnológica.

6.3.3. Impacto Tecnológico

El sistema de control de temperatura del horno ahumador por medio de la programación en el PLC S7-200 de “Siemens” se adapta a los requerimientos para el ahumado así como mediante programas de computadora SEPT 7 Y PC SIMU donde se podrá realizar animaciones del sistema de control permitiendo la verificación de datos que emita la Termocupla tipo J para llevar un registro de temperatura dentro de la cámara donde se realiza el ahumado.

6.3.4. Impacto epistemológico

Con la implementación del horno ahumador para los laboratorios de agroindustrias abrimos nuevos campos de construcción y automatización para el área de control de temperatura.

6.3.5. Impacto económico

De acuerdo al análisis de TIR y el Van como se observa en el ANEXO XV que el proyecto es factible realizarlo al tener un valor agregado neto de 766,15 siendo esto una ganancia y beneficioso para quien adquiere el producto y un TIR del 14,98% que de igual manera es beneficioso al momento de realizar el proyecto del horno ahumador.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

La carrera de Ingeniera en Agroindustrias de la Universidad Técnica de Cotopaxi tiene por objeto de estudio una variedad de carnes de animales bovinos, vacunos y sus productos derribados motivo por el cual, se implementó este horno ahumador como maquinaria para estudio del secado de los productos antes mencionados.

Mediante protocolo de prueba se pudo identificar el buen funcionamiento del horno ahumador llegando a los parámetros requeridos por el usuario.

Para el buen uso del horno ahumador y mediante protocolo de pruebas se implementó un manual de operación

En lo que concierne a la ideología de control, el sistema requiere ante todo eficiencia y sencillez, no tanto en la elaboración de la lógica de control sí en su operación por parte del usuario.

7.2. RECOMENDACIONES

Realizar una memoria de cálculo junto con la capacidad energética de las maderas disponibles en el mercado de la provincia.

Para la utilización del horno llegar a un precalentamiento de 80 °C.

Al momento de la quema de viruta se produce una gran cantidad de humo se recomienda realizar el proceso en ambientes abiertos y ventilados.

8. REFERENCIAS

- [1] UNESCO, «es.unesco.org,» [En línea]. Available: cpb-us-w2.wpmucdn.com/blogs.udla.edu.ec/dist/b/383/files/2017/04/areas-y-subareas-de-la-UNESCO-117u9fp-1x5gawi.pdf. [Último acceso: 16 04 2018].
- [2] D. Rúaless , «Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE,» [En línea]. Available: repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/442/1/T-ESPE-018586.pdf. [Último acceso: 24 05 2018].
- [3] . R. M. Juan , «Consumoteca,» 24 10 2014. [En línea]. Available: www.consumoteca.com/electrodomesticos/hornos-y-hornos-microondas/horno-electrico/. [Último acceso: 24 05 2018].
- [4] «gastronomia solar,» [En línea]. Available: astronomiasolar.com/horno-solar-funcionamiento-temperatura/. [Último acceso: 24 05 2018].
- [5] A. Aznar, «Cocina de todo,» [En línea]. Available: www.cocinadetodo.com/conocimientos/caracteristicas-generales-y-funcionamiento-del-microondas/. [Último acceso: 26 05 2018].
- [6] M. Garcia, «wordpress,» 29 01 2018 . [En línea]. Available: diosdice.com/horno/. [Último acceso: 26 05 2018].
- [7] C. Toda , «todacultura.com,» [En línea]. Available: <http://www.todacultura.com/ceramica/hornogas.htm>. [Último acceso: 25 05 2018].
- [8] Admin, «pelp,» 11 04 2017. [En línea]. Available: www.pelp.cl/blog/horno-industrial-gas-electrico-lo-debes-saber-una-mejor-eleccion/. [Último acceso: 25 05 2018].
- [9] Nabertherm, «Nabertherm GmbH,» [En línea]. Available: www.nabertherm.com/produkte/thermprozesstechnik/1-kammeroefen/thermprozesstechnik_1-kammeroefen_spanisch.html. [Último acceso: 26 05 2018].
- [10] Panchef, «cocinaland,» 18 04 2018. [En línea]. Available: www.cocinaland.com/que-es-el-ahumado/. [Último acceso: 26 05 2018].

- [11] E. Moreno Veloz , «Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil,» [En línea]. Available: repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/851/4/CAPITULO%20I%20Y%20II%20%200035-4.pdf. [Último acceso: 31 05 2018].
- [12] Íñigo, «umami madrid,» 11 01 2013. [En línea]. Available: www.umami-madrid.com/2013/01/11/ahumado-en-frio-oen-caliente/. [Último acceso: 30 05 2018].
- [13] O. Gracia , R. Mendoza y J. Santillan, «Repositorio Universidad de Guayaquil,» [En línea]. Available: repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1876/1/1033.pdf. [Último acceso: 28 05 2018].
- [14] distform S.L., «Distform foodservice solutions i,» [En línea]. Available: www.distform.com/blog/ahumado-vi-ahumar-en-caliente-en-10-pasos. [Último acceso: 30 05 2018].
- [15] Ahuman, «Ahuman Hornos y Ahumadores,» [En línea]. Available: ahumadores.com.ar/index.php/tiempos-y-temperaturas-del-ahumado-de-carnes/. [Último acceso: 06 07 2018].
- [16] J. Bueno Zarate, «Centro de Documentacion e Informacion Forestal,» [En línea]. Available: [cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol14_2_87_\(20\)/vol14_no2_art1.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol14_2_87_(20)/vol14_no2_art1.pdf). [Último acceso: 31 05 2018].
- [17] areitosdelgado, «Scribd nueva,» [En línea]. Available: es.scribd.com/doc/64200563/Productos-Ahumados. [Último acceso: 31 05 2018].
- [18] distform S.L., «Disfron foodservice solutions ii,» [En línea]. Available: www.distform.com/blog/ahumado-i-elegir-la-madera. [Último acceso: 31 05 2018].
- [19] E. Marquina Zabalza, «Estufas de Inercia,» [En línea]. Available: estufasdeinercia.wordpress.com/proyectos/combustion/. [Último acceso: 01 06 2018].
- [20] H. Gonzales , «academia.edu,» [En línea]. Available: www.academia.edu/7801770/UNALM-

Productos_Forestales_de_Transformaci%C3%B3n_Qu%C3%ADmica_DESCOMPOSICION_TERMICA_DE_LA_MADERA. [Último acceso: 07 06 2018].

- [21] distform S.L., «Distform foodservice Solutions iii,» [En línea]. Available: www.distform.com/blog/ahumado-ii-quimica-del-humo. [Último acceso: 31 05 2018].
- [22] MEGAPISCINAS, «MegaPiscinas,» 14 12 2016. [En línea]. Available: megapiscinas.com/blog/tipos-de-lena-para-cocinar-con-barbacoas/. [Último acceso: 01 06 2018].
- [23] Educamix. [En línea]. Available: www.educamix.com/educacion/3_eso_materiales/prof/bloque_ii/tablas_d_te_tf_interne_t.pdf. [Último acceso: 10 06 2018].
- [24] Diccionario Enciclopédico Vox 1, «Ecured,» [En línea]. Available: www.ecured.cu/Humo. [Último acceso: 26 05 2018].
- [25] c. leyva , «blogspot Evaluacion de bioquimica,» [En línea]. Available: miprofitapreferida.blogspot.com/2012/06/ahumado.html. [Último acceso: 28 05 2018].
- [26] F. Borjas y J. Colorado, «Zamorano,» [En línea]. Available: bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/502/1/AGI-2010-T013.pdf. [Último acceso: 30 05 2018].
- [27] A. Delgado , «issuu,» 06 09 2013. [En línea]. Available: issuu.com/areitosdelgado/docs/productos_ahumados. [Último acceso: 28 05 2018].
- [28] Editorial, «conocimientosweb.net,» 14 06 2013. [En línea]. Available: www.conocimientosweb.net/dcmt/ficha11525.html. [Último acceso: 28 05 2018].
- [29] Cándido, «otcmaster,» 03 02 2013. [En línea]. Available: otcmaster2011.wordpress.com/2012/02/03/una-rama-del-arbol/. [Último acceso: 28 05 2018].
- [30] E. Comercio, «Versatilidad en los curados y ahumados de hoy,» *El comercio Tendencias(I)*, p. 12, 24 02 2018.

- [31] . W. Flores , «wordpress,» [En línea]. Available: cbtis162.files.wordpress.com/2012/06/ahumado.pdf. [Último acceso: 01 06 2018].
- [32] R. Vargas y G. Choque , «Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional del Altiplano Puno,» [En línea]. Available: repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3500/Vargas_Condori_Rosalia_Choque_Cruz_Giovanna.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 02 06 2018].
- [33] Grupo Emision, «Emision,» [En línea]. Available: www.emision.com/hornos%20ahumado%20industriales.htm. [Último acceso: 02 06 2018].
- [34] AHUMANN SQ , «Ahumann Hornos Ahumadores,» [En línea]. Available: ahumadores.com.ar/index.php/2018/04/30/nuevo-sqxx-geb/. [Último acceso: 02 06 2018].
- [35] eman, «eman energy ,creativity and development,» [En línea]. Available: emaningenieria.com/ingenieria-agroalimentaria/. [Último acceso: 03 06 2018].
- [36] Servovendi.com, 18 04 2018. [En línea]. [Último acceso: 18 04 2018].
- [37] Dipac S.A, «Dipac Noticias,» [En línea]. Available: blog.dipacmanta.com/el-acero-inoxidable-en-la-industria-alimenticia/. [Último acceso: 03 06 2018].
- [38] INDURA S.A., Industria y Comercio, «Manual de Aceros Inoxidables,» [En línea]. Available: www.indura.cl/Descargar/Manual%20de%20Aceros%20Inoxidables?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fcl%2Fbiblioteca%2Fd7a1a8fe99fe4b6a9fbed6412df7e93c.pdf. [Último acceso: 03 06 2018].
- [39] Curiosoando, «Ciencia,» [En línea]. Available: curiosoando.com/que-es-el-acero-galvanizado. [Último acceso: 17 07 2018].
- [40] RECUBRIMIENTOS Y AISLANTES TÉRMICOS (RATSA) , «ratsa,» 26 02 2018. [En línea]. Available: www.ratsa.mx/biblioteca/post/blog/801-Los_aislamientos_térmicos_en_la_industria. [Último acceso: 04 06 2018].

- [41] Isover Saint-Gobain, «Saint-Gobain,» [En línea]. Available: www.isover.es/5-aislamiento-termico. [Último acceso: 04 06 2018].
- [42] Admin, «journalisimo.com,» 30 05 2014. [En línea]. Available: <http://www.journalisimo.com/NRVZwrME/>. [Último acceso: 06 06 2018].
- [43] B. Formisano, «Abaout Español,» 03 11 2016. [En línea]. Available: www.aboutespanol.com/soluciones-a-los-problemas-de-un-horno-de-encendido-electronico-2886332. [Último acceso: 06 06 2018].
- [44] W. Simpson T, Dry Kiln Operator's Manual, Wisconci : Madison , 1991.
- [45] Dipac, «Catalogo de acero inox,» [En línea]. Available: www.dipacmanta.com/planchas-inoxidables. [Último acceso: 11 06 2018].
- [46] Arian S.A, «Arian Control e Instrumentacion,» [En línea]. Available: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>. [Último acceso: 14 06 2018].
- [47] Nueva Feria Argentina, [En línea]. Available: www.nuevaferia.com.ar/p.asp?j=5941&n=controladores-de-temperatura-DELTA---serie-DTD. [Último acceso: 13 05 2018].
- [48] Mecatrónica y Suministros Industriales S.A de C.V., «Mesi Mecatrónica y Suministros Industriales,» [En línea]. Available: <http://mesi.mx/controladores-de-temperatura-delta.html>. [Último acceso: 15 06 2018].
- [49] Y. Mattarollo, «Altec Alta Tecnología de Vanguardia, SA de CV,» 09 01 2014. [En línea]. Available: www.altecdust.com/blog/item/32-como-funcionan-las-electrovalvulas-o-valvulas-solenoides-de-uso-general. [Último acceso: 15 06 2018].
- [50] Robertshaw, «robertshaw©,» [En línea]. Available: www.robertshaw.com/es-ES/products/listing/?filter=2147484236&langType=1034. [Último acceso: 15 06 2018].
- [51] K. Danel y M. Merelles, «Revista Cero Grados Celcius,» 10 07 2014. [En línea]. Available: www.0grados.com/extractores-de-aire/. [Último acceso: 18 06 2018].

- [52] SIEMENS, «Manual del sistema de automatizacion S7200,» [En línea]. Available: w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7200ManualSistema.pdf. [Último acceso: 05 06 2018].
- [53] Centelsa, «Cables y Tecnologia,» [En línea]. Available: www.centelsa.com.co/archivos/5344cd0e.pdf. [Último acceso: 22 06 2018].
- [54] Tei, 2010. [En línea]. Available: www.tei.com.mx/cable-alta-temperatura.html.
- [55] Hacienda Gavilanes, «haciendagavilanes.com,» [En línea]. Available: haciendagavilanes.com/2017/10/09/como-escoger-carne-para-un-asado/. [Último acceso: 06 25 2018].
- [56] O. Torres. [En línea]. Available: blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/////eventos/colombo-hispanos2/doc/conclusiones-mesas-tematicas/RELACION_ENTRE_LA_MEDIDA_DE_DENSIDAD_Y_LA_COMPOSICION_DE_DIFERENTES_CARNES.pdf. [Último acceso: 07 06 2018].

ANEXOS

ANEXO I	Especificaciones técnicas del controlador de temperatura
	<p>Voltaje de alimentación 100 - 240VAC</p> <p>Salida Relay 0 - 250VAC @ 3A</p> <p>Alarma Relay 0 - 250VAC @ 3A</p> <p>Resolución ±5 FS</p> <p>Muestreo 0.5 seg</p> <p>Rango de temperatura 0 - 400°C</p> <p>Temperatura de trabajo 0 - 50°C</p> <p>Humedad 30 - 85 %RH</p> <p>Sensor Termopar tipo K</p>

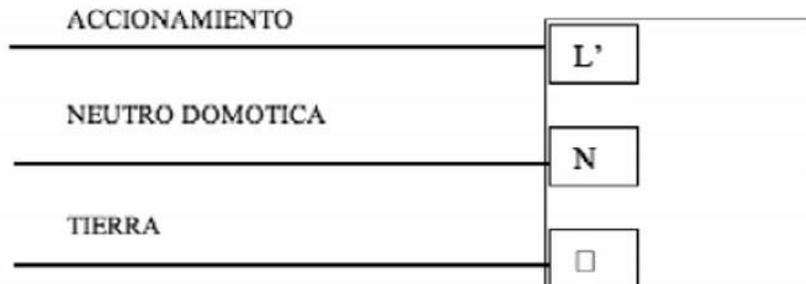
ANEXO II**Data sheet de la electroválvula utilizada en la automatización del horno ahumador****CE****ELECTROVÁLVULA DE GAS**

El 25234 es una electroválvula de gas cuya función es dotar de mayor seguridad a la instalación en caso de una alarma de gas mediante el corte de suministro del mismo. Puede ser accionada por un detector de gas directamente o por un equipo domótico.

Esta electroválvula va alimentada a 230VAC. es del tipo normalmente cerrada (NC). Posee un rearme de tipo manual, es de dos posiciones y dos vías.

DATOS TÉCNICOS GENERALES

Alimentación.....	230VAC
Potencia de consumo.....	9VA
Máxima presión ejercicio.....	500 mbar
Temperatura ambiente de funcionamiento.....	-15°C a +60°C
Índice de protección.....	IP 65
Clase.....	A
Grupo.....	2
Tiempo de cierre.....	<1 s
ØRaccord.....	3/4"

CONEXIONES

Información general

Versión de firmware V4.1

Ingeniería con

- Paquete de programación STEP 7 V13 SP1 o superior

Display

Con display No

Tensión de alimentación

Valor nominal (AC)

- 120 V AC Si
- 230 V AC Si

Rango admisible, límite inferior (AC) 85 V

Rango admisible, límite superior (AC) 264 V

Frecuencia de red

- Rango admisible, límite inferior 47 Hz
- Rango admisible, límite superior 63 Hz

Intensidad de entrada

Consumo (valor nominal) 100 mA con 120 V AC; 50 mA con 240 V AC

TABLA A-7

Propiedades de alimentos comunes

a) Calores específicos y propiedades en el punto de congelación

Alimento	Contenido de agua, ^a % (masa)	Punto de congelación ^a °C	Calor específico, ^b kJ/kg · °C		Calor latente de fusión, ^c kJ/kg	Alimento	Contenido de agua, ^a % (masa)	Punto de congelación ^a °C	Calor específico, ^b kJ/kg · °C		Calor latente de fusión, ^c kJ/kg
			Arriba del punto de congelación	Debajo del punto de congelación					Arriba del punto de congelación	Debajo del punto de congelación	
Vegetales						Duraznos	89	-0.9	3.82	1.96	297
Alicachofas	84	-1.2	3.65	1.90	281	Peras	83	-1.6	3.62	1.89	277
Espárragos	93	-0.6	3.96	2.01	311	Piñas	85	-1.0	3.69	1.91	284
Frijoles	89	-0.7	3.82	1.96	297	Ciruuelas	86	-0.8	3.72	1.92	287
Brócoli	90	-0.6	3.86	1.97	301	Membrillos	85	-2.0	3.69	1.91	284
Col	92	-0.9	3.92	2.00	307	Pasas	18	—	—	1.07	60
Zanahorias	88	-1.4	3.79	1.95	294	Fresas	90	-0.8	3.86	1.97	301
Coliflor	92	-0.8	3.92	2.00	307	Mandarinas	87	-1.1	3.75	1.94	291
Apio	94	-0.5	3.99	2.02	314	Sandías	93	-0.4	3.96	2.01	311
Maíz tierno	74	-0.6	3.32	1.77	247	Pescado/mariscos					
Pepinos	96	-0.5	4.06	2.05	321	Bacalao entero	78	-2.2	3.45	1.82	261
Berenjena	93	-0.8	3.96	2.01	311	Hipoploso entero	75	-2.2	3.35	1.78	251
Rábano	75	-1.8	3.35	1.78	251	Langosta	79	-2.2	3.49	1.84	264
Poro	85	-0.7	3.69	1.91	284	Macarela	57	-2.2	2.75	1.56	190
Lechuga	95	-0.2	4.02	2.04	317	Salmón entero	64	-2.2	2.98	1.65	214
Hungos	91	-0.9	3.89	1.99	304	Camarón	83	-2.2	3.62	1.89	277
Quimbombó	90	-1.8	3.86	1.97	301	Carnes					
Cebollas frescas	89	-0.9	3.82	1.96	297	Res, canal de	49	-1.7	2.48	1.46	164
Cebollas secas	88	-0.8	3.79	1.95	294	Hígado	70	-1.7	3.18	1.72	234
Perejil	85	-1.1	3.69	1.91	284	Bistec	67	—	3.08	1.68	224
Chilcharos frescos	74	-0.6	3.32	1.77	247	Lomo	56	—	2.72	1.55	187
Pimientos	92	-0.7	3.92	2.00	307	Pollo	74	-2.8	3.32	1.77	247
Papas	78	-0.6	3.45	1.82	261	Cordero, pierna de	65	—	3.02	1.66	217
Calabazas	91	-0.8	3.89	1.99	304	Cerdo, canal de	37	—	2.08	1.31	124
Espinaca	93	-0.3	3.96	2.01	311	Jamón	56	-1.7	2.72	1.55	187
Tomate rojo	94	-0.5	3.99	2.02	314	Salchicha de puerco	38	—	2.11	1.32	127
Nabos	92	-1.1	3.92	2.00	307	Pavo	64	—	2.98	1.65	214
Fruitas						Otros					
Manzanas	84	-1.1	3.65	1.90	281	Almendras	5	—	—	0.89	17
Chabacanos	85	-1.1	3.69	1.91	284	Mantequilla	16	—	—	1.04	53
Aguacates	65	-0.3	3.02	1.66	217	Queso americano	37	-12.9	2.08	1.31	124
Plátanos	75	-0.8	3.35	1.78	251	Queso suizo	39	-10.0	2.15	1.33	130
Moras azules	82	-1.6	3.59	1.87	274	Chocolate con leche	1	—	—	0.85	3
Melones	92	-1.2	3.92	2.00	307	Huevos enteros	74	-0.6	3.32	1.77	247
Cerezas ácidas	84	-1.7	3.65	1.90	281	Miel de abeja	17	—	—	1.05	57
Cerezas dulces	80	-1.8	3.52	1.85	267	Mantecado	63	-5.6	2.95	1.63	210
Higos secos	23	—	—	1.13	77	Leche entera	88	-0.6	3.79	1.95	294
Higos frescos	78	-2.4	3.45	1.82	261	Cacahuates	6	—	—	0.92	20
Toronja	89	-1.1	3.82	1.96	297	Cacahuates tostados	2	—	—	0.87	7
Uvas	82	-1.1	3.59	1.87	274	Nueces encarameladas	3	—	—	0.87	10
Limonas	89	-1.4	3.82	1.96	297	Nueces	4	—	—	0.88	13
Aceitunas	75	-1.4	3.35	1.78	251						
Naranjas	87	-0.8	3.75	1.94	291						

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE		SERIE 300 -						
		Acero al Cromo Níquel						
DESIGNACIÓN	TIPO ASTM (AISI)	301	302	303	304	304 L	321	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA		C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. S% 1,00 Máx. Cr% 16,00/18,00 Ni% 6,00/8,00	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. S% 1,00 Máx. Cr% 17,00/19,00 Ni% 8,00/10,00	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. S% 1,00 Máx. Cr% 17,00/19,00 Ni% 8,00/10,00 S% 0,15 Mlx.	C% 0,08 Máx. Mn% 2,00 Máx. S% 1,00 Máx. Cr% 16,00/20,00 Ni% 8,00/10,50	C% 0,030 Máx. Mn% 2,00 Máx. S% 1,00 Máx. Cr% 16,00/20,00 Ni% 8,00/12,00	C% 0,08 Máx. Mn% 2,00 Máx. S% 1,00 Máx. Cr% 17,00/19,00 Ni% 9,00/12,00 Ti%≤6Cr%40,07
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm ²)	193.000	193.000	193.000	193.000	193.000	193.000	
	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C (J/Kg K)	500	500	500	500	500	500	
	CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA (W/m K)	16 21	16 21	16 21	16 21	16 21	16 21,5	
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICO MEDIO (x 10 ⁻⁶ C ⁻¹)	16,92 17,10 18,18 18,72	17,28 17,82 18,36 18,72	17,3 17,8 18,4 18,7	17,30 17,80 18,40 18,80	17,30 17,80 18,40 18,80	16,74 17,10 18,54 19,26	
	INTERVALO DE FUSIÓN (C)	1308/1420	1308/1420	1308/1420	1308/1454	1308/1454	1308/1427	
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	PERMEABILIDAD TÉRMICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO	AMAGNÉTICO 1,02	AMAGNÉTICO 1,028	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,028	
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C (μΩm)	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20°	DUREZA BRINELL	135/185 210/330	135/185 180/330	130/180 180/330	130/150 180/330	125/145 -	130/185 -	
	DUREZA ROCKWELL	7502 2541	7090 1035	7090 -	7088 1035	7085 -	7088 -	
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN CON DEFORMACIÓN EN FRÍO Rm(N/mm ²)	590/750 870/1200	560/720 680/1180	530/700 -	500/700 700/1180	500/680 -	520/700 -	
	ELASTICIDAD CON DEFORMACIÓN EN FRÍO Rp (0,2)(N/mm ²)	215/340 500/900	205/340 340/900	205/340 350/900	195/340 340/900	175/300 -	205/340 -	
	RECOCIDO Rp(1) (N/mm ²) MÍNIMO	225	245	255	235	215	245	
	ALARGAMIENTO 50mm. A(%)	65/55 25/8	60/50 50/10	60/50 -	65/50 50/10	65/50 -	60/40 -	
	ESTRICCION RECOCIDO Z (%)	70/60	75/55	Min. 50	75/60	75/60	65/50	
RESILIENCIA KCUl (J/cm ²) KVl (J/cm ²)	130 140	160 180	Min. 100 -	160 180	160 180	120 130		
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD DIFERENTES TEMPERATURAS	Rp(0,2) (N/mm ²) ≥ 300 C ≥ 400 C ≥ 500 C	- - -	- - -	125 97 93	115 98 88	160 135 120	
		Rp(1) (N/mm ²) ≥ 300 C ≥ 400 C ≥ 500 C	- - -	- - -	147 127 107	137 117 108	186 161 152	
	LÍMITE DE FLUENCIA	≥ 500 C ≥ 600 C ≥ 700 C	- - -	- - -	68 42 14,5	58,5 36 10,5	102 64 15,5	
		σ1 / 100.000/1 (N/mm ²) ≥ 800 C	- -	- -	4,0	3,0	5,8	
TRATAMIENTOS TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO	ENFR. RÁPIDO	ENFR. RÁPIDO	ENFR. RÁPIDO	ENFR. RÁPIDO	ENFR. RÁPIDO	ENFR. RÁPIDO	
	RECOCIDO INDUSTRIAL	1038/1120	1038/1120	1008/1120	1008/1120	1008/1120	953/1120	
	TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	
	INTERVALO DE FORJA	TEMPER. INICIAL TEMPER. FINAL	1200 925	1200 925	1200 925	1200 925	1200 925	1175 925
	TEMPERATURA FORMACIÓN	SERVICIO CONTINUO	900	900	-	925	925	900

ANEXO VI

Propiedades de la lana de vidrio

4.- Materiales Fibrosos.

λ es función de la densidad, de modo que los valores presentados son promedios.

	t	ρ	C	λ	10 ^{6a}
Asbesto en planchas	20	2.000	0,79	0,7	0,443
Lana de asbesto	25	140		0,050	
Corteza de árbol	25	337		0,074	
Algodón	30	81	1,3	0,059	
Algodón quirúrgico	25	10		0,041	
Franela	25	160		0,055	
Lana de vidrio	25	120	0,66	0,046	0,58
Pelo humano	25	90		0,042	
Pelo de equino	25	172		0,052	
Pelo animal	25	176		0,037	
Viruta	25	150		0,058	
Seda artificial	25	300	1,36	0,042	0,10
Lino	25	265		0,066	
Lana mineral	25	200		0,05	
Algas	25	80		0,035	
Seda natural	25	100	1,4	0,049	0,35
Lana	25	100		0,036	

ANEXO VII

Barra de acero inoxidable

BARRA DE ACERO INOXIDABLE

BARRA REDONDA

AISI 303 - 304 - 304L - 310 - 316 - 316L - 321
420 (DIN 14021 - 14028 - 14034)
430 - 430F - 431

Materiales de fácil mecanización.

Tratamiento térmico:

- Recocido
- Templado (sólo AISI 420 y 431)

VARILLA
Acabado: Calibrada.
Tolerancia: h9.
Longitud: 3 m.



Díámetros mm	Peso Kg/ml
1,5	0,01
2,0	0,02
2,5	0,03
3,0	0,05
3,5	0,07
4,0	0,09
4,5	0,12
5,0	0,15
5,5	0,18

Díámetros mm	Peso Kg/m
6,0	0,22
6,5	0,26
7,0	0,30
7,5	0,34
8,0	0,39
8,5	0,44
9,0	0,49
9,5	0,55
10,0	0,61

Díámetros mm	Peso Kg/m
11	0,74
12	0,88
13	1,04
14	1,20
15	1,38
16	1,57
18	1,99
19	2,22

ANEXO VIII

Propiedades del aire

Tablas 4.4: Propiedades de gases a presión atmosférica

Tabla 4.4.1: Propiedades del aire seco a presión atmosférica

T (°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^6$ (N·s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
-150	2.867	0.982	8.64	3.013	11.71	4.157	0.7246
-100	2.039	0.965	11.90	5.835	15.82	8.034	0.7263
-90	1.927	0.975	12.49	6.482	16.62	8.842	0.7330
-80	1.828	0.983	13.07	7.153	17.42	9.692	0.7381
-70	1.738	0.990	13.64	7.850	18.22	10.59	0.7414
-60	1.656	0.995	14.20	8.572	19.01	11.53	0.7433
-50	1.582	0.999	14.74	9.317	19.79	12.52	0.7440
-40	1.514	1.002	15.27	10.08	20.57	13.56	0.7436
-30	1.452	1.004	15.79	10.88	21.34	14.65	0.7425
-20	1.394	1.005	16.30	11.69	22.11	15.78	0.7408
-10	1.341	1.006	16.80	12.52	22.88	16.96	0.7387
0	1.292	1.006	17.29	13.38	23.64	18.17	0.7362
5	1.269	1.006	17.54	13.82	24.01	18.80	0.7350
10	1.247	1.006	17.78	14.26	24.39	19.44	0.7336
15	1.225	1.007	18.02	14.71	24.76	20.08	0.7323
20	1.204	1.007	18.25	15.16	25.14	20.74	0.7309
25	1.184	1.007	18.49	15.61	25.51	21.40	0.7296
30	1.164	1.007	18.72	16.08	25.88	22.08	0.7282
35	1.146	1.007	18.95	16.54	26.25	22.76	0.7268
40	1.117	1.007	19.18	17.02	26.62	23.45	0.7255
45	1.110	1.007	19.41	17.49	26.99	24.16	0.7241
50	1.092	1.007	19.63	17.97	27.35	24.87	0.7228
55	1.076	1.007	19.86	18.46	27.72	25.59	0.7215
60	1.060	1.007	20.08	18.95	28.08	26.31	0.7202
65	1.044	1.007	20.30	19.45	28.45	27.05	0.7190
70	1.029	1.007	20.52	19.95	28.81	27.79	0.7177
75	1.014	1.008	20.74	20.45	29.17	28.55	0.7166
80	0.999	1.008	20.96	20.97	29.53	29.31	0.7154
85	0.986	1.008	21.17	21.48	29.88	30.07	0.7143
90	0.972	1.008	21.39	22.00	30.24	30.85	0.7132
95	0.959	1.009	21.60	22.52	30.60	31.63	0.7121
100	0.946	1.009	21.81	23.05	30.95	32.42	0.7111
...

ANEXO IX		Propiedades del acero galvanizado		
PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
Material	Densidad(kg/m ³)	Calor específico(J/(kg·K))	Conductividad térmica(W/(m·K))	Difusividad térmica (m ² /s) (x10 ⁻⁶)
Acero galvanizado	7850	460	47-58	13,01-16,06
Propiedades eléctricas				
Material	Conductividad eléctrica		Resistividad eléctrica	
Acero	(19)*10 ⁶ s m-1		20* 10 ⁻⁸ [Ω/m]	

ANEXO X		Medidas de plancha galvanizada Y plancha inoxidable tomada de catálogos Ipac																																																																																										
 <p>ESTOY INTERESADO EN ESTE PRODUCTO</p> <p>DESCARGAR ESPECIFICACIONES</p>	Plancha Galvanizada				 <p>ESTOY INTERESADO EN ESTE PRODUCTO</p> <p>DESCARGAR ESPECIFICACIONES</p>	Plancha Inoxidable																																																																																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ancho</th> <th>Largo</th> <th>Espesor</th> <th>Peso Aprox.</th> <th rowspan="2">Uso</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>kg.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1000</td> <td>2000</td> <td>0,70</td> <td>10,99</td> <td rowspan="4">Embución</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>2000</td> <td>0,90</td> <td>14,13</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>2000</td> <td>1,10</td> <td>17,27</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>2000</td> <td>1,40</td> <td>21,98</td> </tr> <tr> <td>1220</td> <td>2440</td> <td>0,40</td> <td>9,35</td> <td rowspan="5">Comercial</td> </tr> <tr> <td>1220</td> <td>2440</td> <td>0,45</td> <td>10,52</td> </tr> <tr> <td>1220</td> <td>2440</td> <td>0,50</td> <td>11,68</td> </tr> <tr> <td>1220</td> <td>2440</td> <td>0,60</td> <td>14,02</td> </tr> <tr> <td>1220</td> <td>2440</td> <td>0,70</td> <td>16,36</td> </tr> </tbody> </table> <p> Especificaciones: Recubrimiento: Galvanizado G60 o Galvalum Calidad de Acero: ASTM A 653 CS Norma de Fabricación: NTE INEN 115 Observaciones: Dimensiones y largos especiales, previa consulta. </p>	Ancho	Largo	Espesor		Peso Aprox.	Uso	mm	mm	mm	kg.	1000	2000	0,70	10,99	Embución	1000	2000	0,90	14,13	1000	2000	1,10	17,27	1000	2000	1,40	21,98	1220	2440	0,40	9,35	Comercial	1220	2440	0,45	10,52	1220	2440	0,50	11,68	1220	2440	0,60	14,02	1220	2440	0,70	16,36	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ancho</th> <th>Largo</th> <th>Espesor</th> <th>Peso Aprox.</th> <th rowspan="2">Norma</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>kg.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1000</td> <td>2440</td> <td>0,40</td> <td>9,35</td> <td>AISI 430 BA</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>2440</td> <td>0,60</td> <td>14,02</td> <td>AISI 430 BA</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>2440</td> <td>0,70</td> <td>16,36</td> <td>AISI 430 BA</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>2440</td> <td>1,00</td> <td>23,37</td> <td>AISI 430 BA</td> </tr> <tr> <td>1220</td> <td>2440</td> <td>0,60</td> <td>14,02</td> <td>AISI 304 2B</td> </tr> <tr> <td>1220</td> <td>2440</td> <td>1,20</td> <td>28,04</td> <td>AISI 304 2B</td> </tr> <tr> <td>1220</td> <td>2440</td> <td>1,50</td> <td>35,05</td> <td>AISI 304 2B</td> </tr> </tbody> </table> <p> Especificaciones: Recubrimiento: Inoxidable Norma de Calidad: 430 2B/BA / 439 1/4 - 304 2B/BA Observaciones: Dimensiones y largos especiales, previa consulta. </p>	Ancho	Largo	Espesor	Peso Aprox.	Norma	mm	mm	mm	kg.	1000	2440	0,40	9,35	AISI 430 BA	1000	2440	0,60	14,02	AISI 430 BA	1000	2440	0,70	16,36	AISI 430 BA	1000	2440	1,00	23,37	AISI 430 BA	1220	2440	0,60	14,02	AISI 304 2B	1220	2440	1,20	28,04	AISI 304 2B	1220	2440	1,50
Ancho	Largo	Espesor	Peso Aprox.	Uso																																																																																								
mm	mm	mm	kg.																																																																																									
1000	2000	0,70	10,99	Embución																																																																																								
1000	2000	0,90	14,13																																																																																									
1000	2000	1,10	17,27																																																																																									
1000	2000	1,40	21,98																																																																																									
1220	2440	0,40	9,35	Comercial																																																																																								
1220	2440	0,45	10,52																																																																																									
1220	2440	0,50	11,68																																																																																									
1220	2440	0,60	14,02																																																																																									
1220	2440	0,70	16,36																																																																																									
Ancho	Largo	Espesor	Peso Aprox.	Norma																																																																																								
mm	mm	mm	kg.																																																																																									
1000	2440	0,40	9,35	AISI 430 BA																																																																																								
1000	2440	0,60	14,02	AISI 430 BA																																																																																								
1000	2440	0,70	16,36	AISI 430 BA																																																																																								
1000	2440	1,00	23,37	AISI 430 BA																																																																																								
1220	2440	0,60	14,02	AISI 304 2B																																																																																								
1220	2440	1,20	28,04	AISI 304 2B																																																																																								
1220	2440	1,50	35,05	AISI 304 2B																																																																																								

Material	PC (MJ/kg)	PC (Mcal/kg)
Maderas	-	4,4
Madera -abedul	18,7	-
Madera -abeto Douglas	19,6	-
Madera -Arce	17,8	-
Madera -haya	18,7	-
Madera -picea	20,4	-
Madera -roble rojo	18,7	-
Madera -pino blanco	19,2 *	-
Madera -tablero duro	19,9 *	-

6.- PROPIEDADES TERMICAS DE ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCION Y AISLANTES

MATERIAL	Temperatura °C	Densidad ρ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Calor específico c_p $\frac{\text{Joules}}{\text{kg}^\circ\text{K}}$	Cond. térmica k $\frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}}$	Difusiv. térmica $\alpha \cdot 10^5$ $\frac{\text{m}^2}{\text{seg}}$
Arena seca	20			0,582	
Arena húmeda	20	1640		1,130	
Serrín	20	215		0,071	
Madera de roble	20	609-801	2390	0,17-0,21	0,011-0,012
Madera (Pino, abeto, abeto rojo)	20	416-421	2720	0,150	0,012
Láminas de fibra de madera	20	200		0,047	

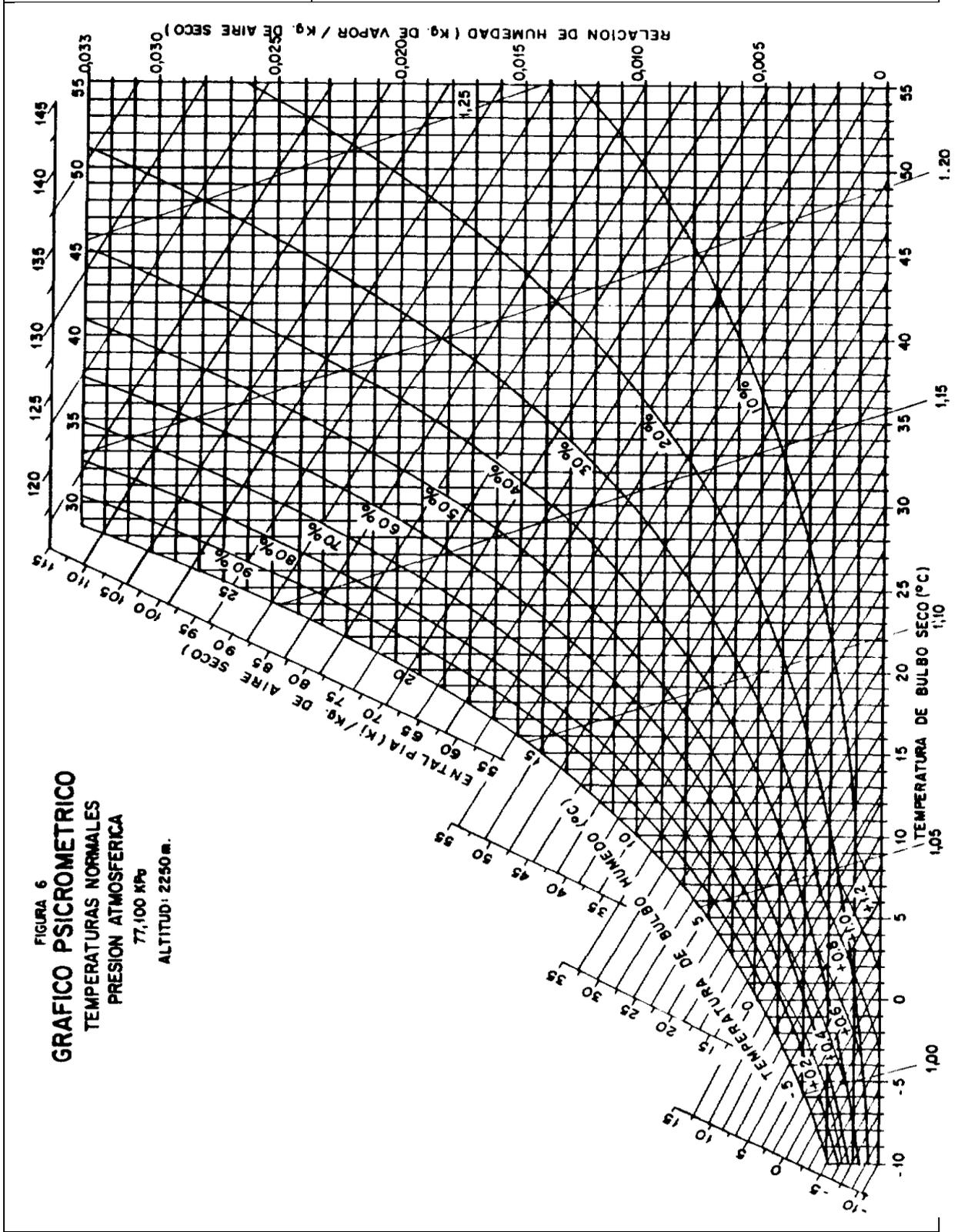


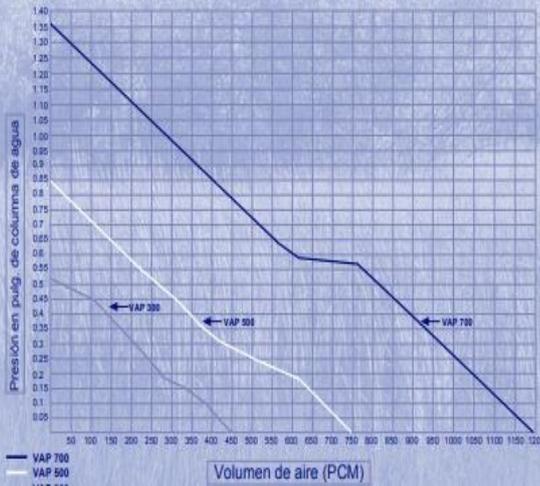
FIGURA 6
GRAFICO PSICROMETRICO
 TEMPERATURAS NORMALES
 PRESION ATMOSFERICA
 77,100 KPa
 ALTITUD: 2250 m.

ANEXO XIII

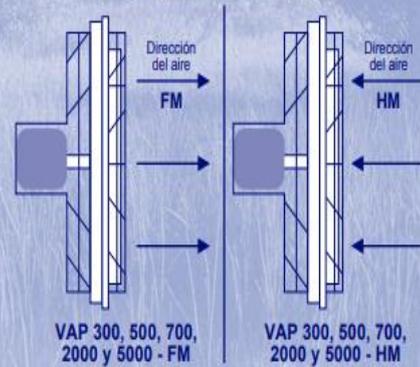
Extractor

Modelo	Velocidad (RPM)	Potencia (HP)	Tensión (Volts)	M ³ /Min.	(PCM)	Peso Aprox. (Kg.)	Nivel Sonoro DB* (Decibelios)
VAP - 300	1550	1/70	127	12.74	(450)	2.02	49
VAP - 500	1550	1/40	127	21.23	(750)	2.90	55
VAP - 700	1550	1/20	127	33.97	(1200)	3.86	58
VAP - 1500	1550	1/15	127	50.96	(1800)	4	65
VAP - 2000	1040/2	1/12	127	70.78	(2500)	6.96	62
VAP - 5000	1040/2	1/8	127	158.59	(5600)	11.00	65
VAP - 6500	1040/2	1/8	127	184	(6500)	18	65

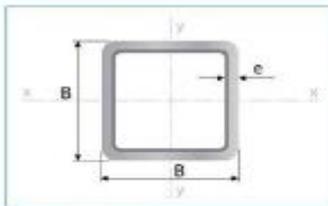
* Nivel sonoro registrado a 1.5 mts. (5 pies) de la fuente.



Todos los modelos se pueden surtir de las siguientes 2 formas:



Tubería Estructural Cuadrada



Largo Normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro o Galvanizado
Norma de Calidad:
ASTM A 500 Gr. A, B ó C
Norma de Fabricación:
NTE INEN 2415
Espesores:
Desde 1,50 a 6,00 mm
Observaciones:
Otras dimensiones y largos,
previa consulta

- Aplicaciones**
- Automotriz y de autopartes: carrocería y remolques.
 - Agroganadera: maquinaria e implementos industriales, agrícolas, avícolas y ganaderos.
 - Señalización y vialidad: soportes.
 - Aparatos de gimnasia y fitness.
 - Construcción: columnas.
 - Estructuras: galpones y naves industriales, edificios, soporte de techos.



Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			Eje x-x' = y-y'			
B	e	A	P	I	W	i
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,40	0,99	0,76	0,56	0,56	0,75
	1,50	1,05	0,83	0,58	0,58	0,75
	1,80	1,23	0,96	0,66	0,66	0,73
	2,00	1,34	1,05	0,70	0,70	0,72
25	1,40	1,27	1,00	1,16	0,93	0,95
	1,50	1,35	1,06	1,22	0,97	0,95
	1,80	1,59	1,25	1,39	1,11	0,94
	2,00	1,74	1,36	1,49	1,19	0,93
30	1,40	1,55	1,22	2,08	1,38	1,16
	1,50	1,65	1,30	2,20	1,47	1,15
	1,80	1,95	1,53	2,53	1,68	1,14
	2,00	2,14	1,66	2,73	1,82	1,13
40	1,40	2,11	1,66	6,18	2,59	1,67
	1,50	2,25	1,77	6,49	2,75	1,56
	1,80	2,67	2,09	6,39	3,19	1,55
	2,00	2,94	2,31	6,95	3,47	1,54
	2,50	3,59	2,82	8,23	4,12	1,51
	3,00	4,21	3,30	9,36	4,68	1,49
	4,00	5,35	4,20	11,18	5,59	1,45
50	1,40	2,67	2,10	10,42	4,17	1,97
	1,50	2,85	2,24	11,07	4,43	1,97
	1,80	3,39	2,66	12,95	5,18	1,96
	2,00	3,74	2,93	14,15	5,66	1,95
	2,50	4,59	3,60	16,96	6,78	1,92
	3,00	5,41	4,25	19,50	7,80	1,90
	4,00	6,95	5,45	23,64	9,54	1,85
60	1,50	3,45	2,71	19,52	6,51	2,38
	1,80	4,11	3,22	22,95	7,65	2,36
	2,00	4,54	3,56	25,15	8,38	2,35
	2,50	5,59	4,39	30,36	10,12	2,33
	3,00	6,61	5,19	35,17	11,72	2,31
	4,00	8,55	6,71	43,65	14,55	2,26
70	1,50	4,05	3,18	31,46	8,99	2,79
	1,80	4,83	3,79	37,09	10,60	2,77
	2,00	5,34	4,19	40,73	11,64	2,76
	2,50	6,59	5,17	49,43	14,12	2,74
	3,00	7,81	6,13	57,56	16,45	2,72
	4,00	10,15	7,97	72,22	20,64	2,67
75	1,50	4,35	3,42	36,62	10,38	2,99
	1,80	5,19	4,07	45,95	12,25	2,98
	2,00	5,74	4,50	50,50	13,47	2,97
	2,50	7,09	5,56	61,40	16,37	2,94
	3,00	8,41	6,60	71,55	19,11	2,92
	4,00	10,95	8,59	90,29	24,08	2,87
90	1,80	6,27	4,92	60,71	17,94	3,59
	2,00	6,94	5,45	66,67	19,75	3,58
	2,50	8,59	6,74	106,57	24,13	3,56
	3,00	10,21	8,01	127,32	29,29	3,53
	4,00	13,35	10,48	162,02	36,01	3,48
100	1,80	6,99	5,48	111,62	22,32	4,00
	2,00	7,74	6,07	123,01	24,60	3,99
	2,50	9,59	7,53	150,65	30,13	3,96
	3,00	11,41	8,96	177,08	35,42	3,94
	4,00	14,95	11,75	226,46	45,29	3,89
	5,00	18,36	14,41	271,36	54,27	3,84
	6,00	21,63	16,98	312,00	62,40	3,80
125	3,00	14,41	11,31	354,53	58,73	4,56
	4,00	18,95	14,87	457,33	73,17	4,91
	5,00	23,36	18,33	562,67	88,46	4,87
	6,00	27,63	21,69	641,41	102,63	4,82
135	3,00	15,61	12,25	449,68	66,65	5,37
	4,00	20,55	16,13	581,60	83,19	5,32
	5,00	25,36	19,90	705,16	104,47	5,27
	6,00	30,03	23,96	820,25	121,52	5,23
150	3,00	17,41	13,67	622,76	83,03	5,98
	4,00	22,95	18,01	807,92	107,72	5,93
	5,00	28,38	22,26	962,37	130,98	5,89
	6,00	33,63	26,40	1146,43	152,65	5,84

ANEXO XV		Flujo de caja del Tir y el van					
FLUJO CAJA ANUAL							
AÑOS	0	1	2	3	4	5	
Inversión	-						
Capital de Trabajo	(1.696,50)						
Gastos Legales	-						
INGRESOS		2.459,93	2.459,93	2.459,93	2.459,93	2.459,93	
(-) COSTOS OPERACIONALES		(1.954,10)	(1.954,10)	(1.954,10)	(1.954,10)	(1.954,10)	
(-) Depreciación y Amortización		-	-	-	-	-	
UTILIDAD OPERACIONAL		505,83	505,83	505,83	505,83	505,83	
(-) Intereses		-	-	-	-	-	
(-) Otros Gastos		-	-	-	-	-	
Utilidad antes de Obligaciones		505,83	505,83	505,83	505,83	505,83	
(-) Participación Trabajadores		-	-	-	-	-	
(-) Impuesto a la Renta		-	-	-	-	-	
FLUJO DESPUÉS DE OBLIGACIONES		505,83	505,83	505,83	505,83	505,83	
(-) Pago de Capital Prestado		-	-	-	-	-	
(+) Depreciación y Amortización		-	-	-	-	-	
(=) FLUJO NETO	(1.696,50)	505,83	505,83	505,83	505,83	505,83	
					VAN	\$766,15	
					TIR	14,98%	

ANEXO XVI		Programación	
Totally Integrated Automation Portal			
TesisHornoAhumador / PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa			
Main [OB1]			
Main Propiedades			
General			
Nombre	Main	Número	1
Tipología	Automático	Tipo	OB
Idioma	KOP		
Información			
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor	
Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada	
Main			
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Supervisión
Comentario			
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
▼ Temp			
hora	Real		
Constant			
Segmento 1:			

ANEXO XVII	Construcción del horno
	

ANEXO XVIII	Conexiones de tablero de control
	

ANEXO XIX

Funcionamiento del horno



ANEXO XX

Funcionamiento del horno



MANUAL DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	PARTES
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Cámara de ahumado Fabricado en acero inoxidable parte exterior o cuerpo de acero galvanizado ❖ Sistema removible con dos bandejas para ubicación de productos ❖ Alimentación a gas GLP ❖ Generador de humo mediante viruta ❖ Operación para ahumado ❖ Cámara de 100mm* 50mm*30mm 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Puerta de acero inoxidable ❖ Tablero de control automatizado ❖ Sistema de calentamiento ❖ Bandejas o barras para alimentos cárnicos
INSTRUCCIONES DE USO	
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Se debe enchufar a la corriente (110 V) para la chispa del encendido ❖ Posteriormente se debe asegurar de que el paso de gas este abierto ❖ Después se enciende el horno con la chispa o por el orificio que está debajo de la puerta del equipo 	
CARACTERÍSTICAS DE USO	
<ul style="list-style-type: none"> ❖ El equipo tiene que estar separado de la pared al menos 15 cm para permitir la circulación del aire ❖ Este pendiente de temperaturas y tiempos durante el funcionamiento del horno ahumador ❖ Desconecte el equipo después de usarlo ❖ Funcionamiento por conexión eléctrica 110 voltios 	
FUNCIÓN	
Ofrece humo natural a los productos alimenticios. Funciona con viruta (la madera o viruta a utilizar queda a elección del usuario) de origen natural lo que le da unas mejores características organolépticas a los productos ahumados	
MANTENIMIENTO	
Se debe realizar un mantenimiento preventivo cada año y correctivo cada vez que el equipo no funcione adecuadamente o cada vez que se observe un escape de gas	
PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Apagar el equipo ❖ Desconectar el equipo del enchufe 	

- ❖ Humedecer las superficies a limpiar con suficiente agua
- ❖ Enjabonar las superficies a limpiar esparciendo solución de jabón con una esponja o cepillo
- ❖ Restregar las superficies eliminando completamente todos los residuos que quede completamente limpio
- ❖ Enjuagar con suficiente agua, de modo que el agua arrastre totalmente el jabón
- ❖ Revisar visualmente para verificar que ha sido eliminada toda la suciedad
- ❖ Desinfectar cuando la superficie está completamente limpia
- ❖ Enjuagar con abundante agua

PRECAUCIÓN



Para proteger las superficies de acero Inoxidable, evite en todo momento:

- ❖ El uso de compuestos de limpieza Abrasivos para que no provoque daños en el acero
- ❖ No utilice nunca Ácido clorhídrico (ácido muriático) en las Superficies de acero inoxidable.
- ❖ No utilice NUNCA cepillos metálicos, estropajos Metálicos ni rascadores.

ADVERTENCIA



Para evitar daños materiales, lesiones físicas graves:

- ❖ Deberá limpiar minuciosamente el equipo para evitar que se formen depósitos de grasa y queden restos de alimentos, ya que estos podrían deteriorar al equipo.
- ❖ Si los depósitos de grasa y los restos de alimentos de dentro del horno arden, apague el equipo de forma inmediata y cierre la puerta del equipo para apagar el fuego.

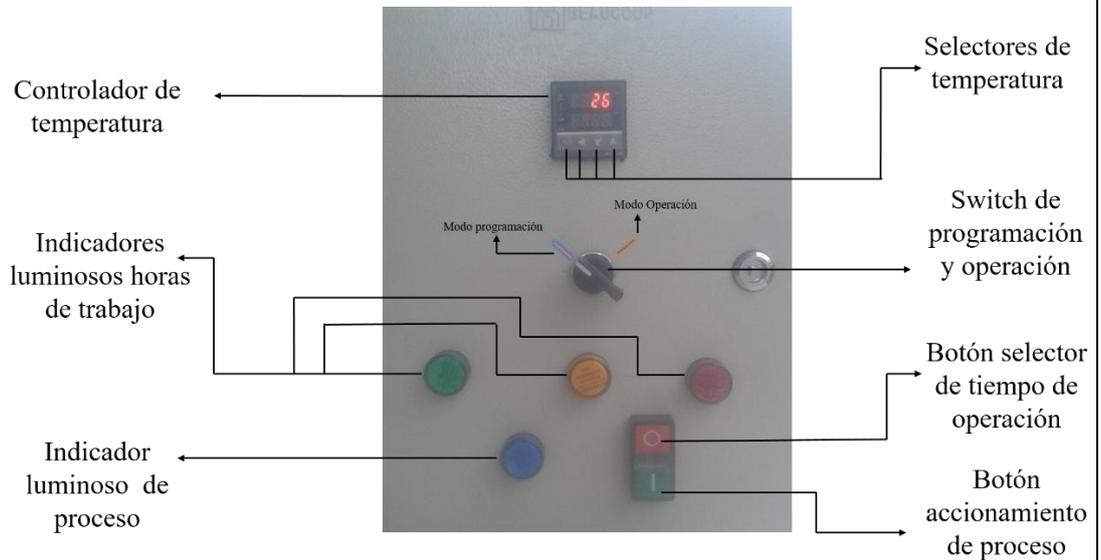
CONTROL ESPECIAL DURANTE EL MANEJO

- ❖ Asegúrese que la llave del gas se encuentre cerrada y solo sea abierta en el momento del funcionamiento, en caso de escape de gas es mejor no utilizar el equipo.
- ❖ Antes de prender el quemador del generador de humo, la bandeja de viruta debe estar colocada, para prevenir el posible paso del gas al producto.

OPERACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

Para la operación del tablero de control y del sistema del control de temperatura se debe tener en consideración:

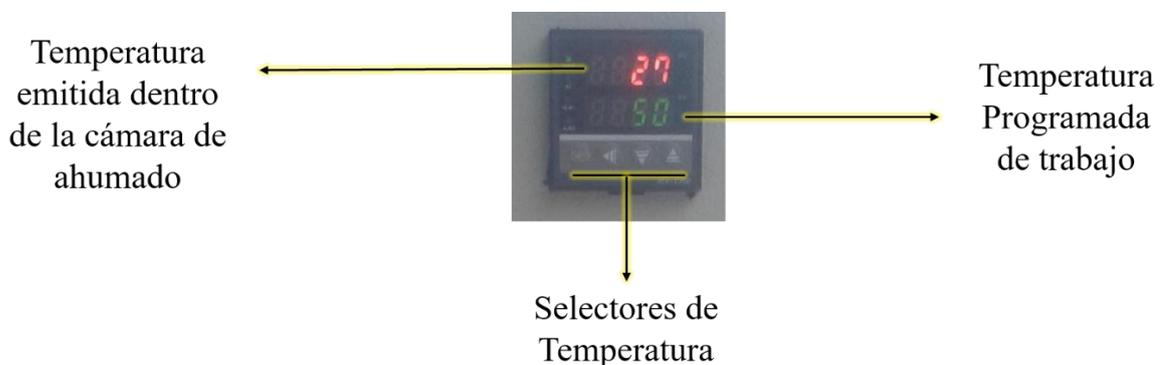
❖ Elementos del tablero de control



CONTROLADOR DE TEMPERATURA

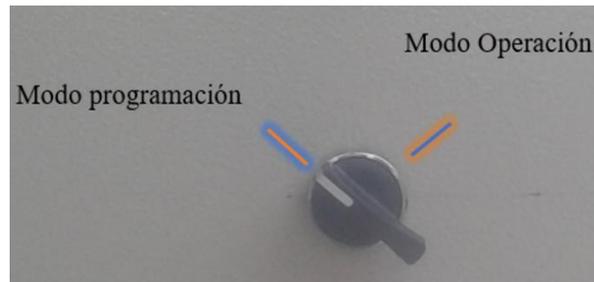
En el controlador de temperatura ubicado en el tablero de control permite visualizar la temperatura existente dentro de la cámara de ahumado, gracias a la Termocupla instalada en su interior que censa la temperatura.

También este dispositivo permite establecer la temperatura de trabajo mediante los selectores (botones) incluidos en el controlador (la selección de temperatura de trabajo estará bajo criterio de selección del operario a cargo del equipo ahumador).



SWITCH DE PROGRAMACIÓN Y OPERACIÓN

El objetivo del Switch es que cuando está en modo programación permitirá seleccionar las horas requeridas para el ahumado cuyo rango se establece de 1 a 6 horas y cuando está en modo operación este simplemente permitirá iniciar el proceso de ahumado.



INDICADORES LUMINOSOS HORAS DE TRABAJO

Los indicadores luminosos ubicados en el tablero de control indican los tiempos en horas, para la realización de ahumado.

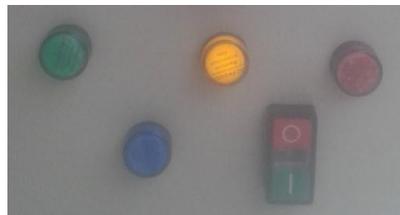
❖ INDICADOR LUMINOSO VERDE

Este nos indica que el tiempo de trabajo está determinado para 1 hora



❖ INDICADOR LUMINOSO AMARILLO

Este nos indica que el tiempo de trabajo está determinado para 2 horas



❖ INDICADOR LUMINOSO ROJO

Este nos indica que el tiempo de trabajo está determinado para 3 horas



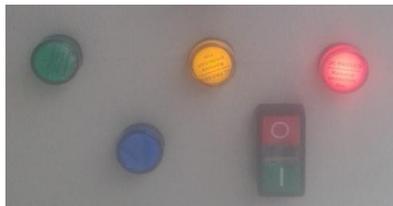
❖ **INDICADOR LUMINOSO VERDE + ROJO**

Estos nos indicaran que el tiempo de trabajo está determinado para 4 horas



❖ **INDICADOR LUMINOSO VERDE + ROJO**

Estos nos indicaran que el tiempo de trabajo está determinado para 5 horas



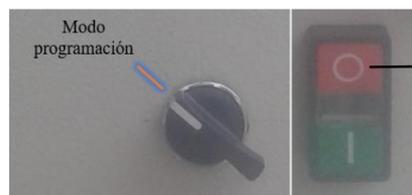
❖ **INDICADOR LUMINOSO VERDE + AMARILLO+ ROJO**

Estos nos indicaran que el tiempo de trabajo está determinado para 6 horas



BOTÓN SELECTOR DE TIEMPO DE OPERACIÓN

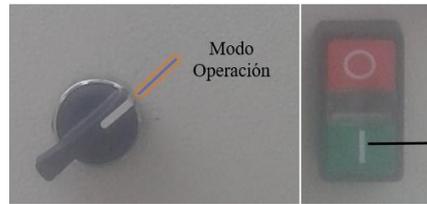
Con este botón se seleccionara las diferentes horas siempre y cuando el Switch se encuentre en modo programación.



Botón selector
de tiempo de
operación

BOTÓN ACCIONAMIENTO DE PROCESO

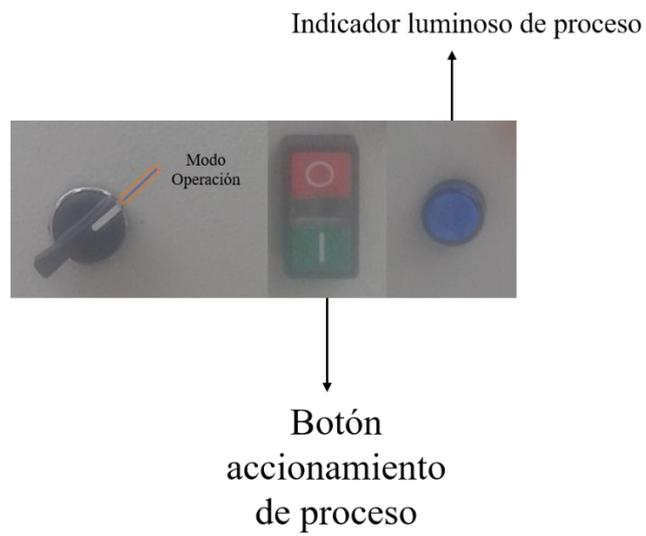
Con este botón se pondrá en marcha el proceso de ahumado siempre y cuando el Switch se encuentre en modo operación.



Botón
accionamiento
de proceso

INDICADOR LUMINOSO DE PROCESO

Una vez activado el modo operación y pulsado del botón de accionamiento el indicador luminoso azul se encenderá indicando que el proceso de ahumado ha iniciado.



Diagramas Eléctricos

