



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DESARROLLO DE UNA CÁMARA DE
ACONDICIONAMIENTO PARA MATERIALES USADOS
EN REVESTIMIENTO INTERNO DE VEHÍCULOS,
SEGÚN LAS NORMAS ISO 3795-1989 Y US FMVSS 302”**

PAZMIÑO GUEVARA ALEX MARCELO

TABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2017-02-21

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

PAZMIÑO GUEVARA ALEX MARCELO

Titulado:

**“DESARROLLO DE UNA CÁMARA DE ACONDICIONAMIENTO PARA
MATERIALES USADOS EN REVESTIMIENTO INTERNO DE VEHÍCULOS,
SEGÚN LAS NORMAS ISO 3795-1989 Y US FMVSS 302”**

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

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo
**DIRECTOR DE LA ESC. DE ING.
MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Sinchiguano.
DIRECTOR

Ing. Ángel Jácome
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PAZMIÑO GUEVARA ALEX MARCELO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DESARROLLO DE UNA CÁMARA DE ACONDICIONAMIENTO PARA MATERIALES USADOS EN REVESTIMIENTO INTERNO DE VEHÍCULOS, SEGÚN LAS NORMAS ISO 3795-1989 Y US FMVSS 302”

Fecha de Examinación: 2017-02-21

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Geovanny Novillo DIRECTOR DE LA ESC. DE ING. MECÁNICA			
Ing. Pablo Sinchiguano. DIRECTOR			
Ing. Ángel Jácome ASESOR			

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

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Geovanny Novillo
DIRECTOR DE LA ESC. DE ING. MECÁNICA

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2017-02-21

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

PAZMIÑO GUEVARA ALEX MARCELO

Titulado:

**“DESARROLLO DE UNA CÁMARA DE ACONDICIONAMIENTO PARA
MATERIALES USADOS EN REVESTIMIENTO INTERNO DE VEHÍCULOS,
SEGÚN LAS NORMAS ISO 3795-1989 Y US FMVSS 302”**

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

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo
DIRECTOR DE LA ESC. DE ING. MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Sinchiguano.
DIRECTOR

Ing. Ángel Jácome
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PAZMIÑO GUEVARA ALEX MARCELO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DESARROLLO DE UNA CÁMARA DE ACONDICIONAMIENTO PARA MATERIALES USADOS EN REVESTIMIENTO INTERNO DE VEHÍCULOS, SEGÚN LAS NORMAS ISO 3795-1989 Y US FMVSS 302”

Fecha de Examinación: 2017-02-21

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Geovanny Novillo PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Pablo Sinchiguano. DIRECTOR			
Ing. Ángel Jácome ASESOR			

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

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Geovanny Novillo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

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

**PAZMIÑO GUEVARA ALEX
MARCELO**

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Alex Marcelo Pazmiño Guevara, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

**PAZMIÑO GUEVARA ALEX
MARCELO**

Cedula de Identidad: 180448005-9

DEDICATORIA

Dedico mi logro a Dios, por la sabiduría y fortaleza brindada en este camino para alcanzar mi tan ansiada meta profesional.

A mis padres Marcelo Pazmiño y Lourdes Guevara que me han enseñado buenos valores, que siempre han estado ahí en los momentos difíciles de la vida, pero nunca dejaron de creer en mí.

A mi familia y amigos en general que con sus consejos han hecho de mí un hombre de bien a todos ellos les digo gracias y este logro es de todos por el esfuerzo y dedicación que todos contribuyeron.

Alex Marcelo Pazmiño Guevara.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de la vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por darme la oportunidad de obtener una profesión, y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Pablo Sinchiguano e Ing. Ángel Jácome, por brindarme su amistad y asesoramiento de la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se logró elaborar el presente documento.

Alex Marcelo Pazmiño Guevara.

CONTENIDO

	pág.
1	INTRODUCCIÓN
1.1	Antecedentes..... 1
1.2	Justificación 2
1.3	Objetivos..... 3
1.3.1	<i>Objetivo general.</i> 3
1.3.2	<i>Objetivos específicos:</i> 3
2	MARCO TEÓRICO
2.1	Objetivo del capítulo 4
2.2	Definición de probeta 4
2.3	Geometría de la probeta..... 5
2.3.1	<i>Dimensionamiento del modelo de probeta a utiliza.</i> 5
2.4	Materiales usados en el revestimiento interno de vehículos..... 8
2.4.1	<i>Clasificación de los materiales usados en revestimiento interno.</i> 8
2.5	Cámara de acondicionamiento..... 11
2.5.1	<i>Clasificación en las cámaras de acondicionamiento.</i> 12
2.5.1.1	Cámaras compactas. 12
2.5.1.2	Cámaras walk-in. 13
2.6	Componentes y materiales que posee una cámara de acondicionamiento 15
2.6.1	<i>Acero usado en la construcción.</i> 15
2.6.1.1	Acero inoxidable..... 15
2.6.1.2	Tipos de acero inoxidable..... 16
2.6.1.3	Aceros al carbono. 18
2.6.2	<i>Aislantes térmicos.</i> 20
2.6.2.1	Constitución del material..... 20
2.6.2.2	Temperatura de uso. 22
2.6.3	<i>Vidrio templado.</i> 23
2.6.4	<i>Control automático.</i> 23
2.6.4.1	Control por lazo abierto. 24
2.6.4.2	Control por lazo cerrado. 24
2.6.4.3	Componentes que intervienen en un sistema de control..... 25

2.6.4.4	Variables a controlar.....	26
2.7	Normas a estudiar	27
3.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS	
3.1	Objetivo del capítulo	31
3.2	Esquema del capítulo.....	31
3.3	Propuesta metodológica para el diseño	32
3.4	Especificaciones técnicas para la cámara de acondicionamiento.....	33
3.4.1	<i>Especificaciones tomadas según normas ISO 3795:1989 y US-FMVSS 302.....</i>	33
3.4.2	<i>Funcionamiento de la cámara de acondicionamiento.</i>	34
3.4.3	<i>Funcionamiento modular.</i>	35
3.5	Soluciones para cada módulo	36
3.5.1	<i>Módulo 1.....</i>	36
3.5.1.1	Energía usada para el accionamiento de la máquina.	36
3.5.1.2	Materiales que se acondicionarán.....	38
3.5.1.3	Diseño de la estructura metálica.....	42
3.5.1.4	Diseño y selección de los elementos aislantes.....	47
3.5.1.5	Dimensionamiento de la estructura metálica exterior.....	61
3.5.1.6	Calculo de la potencia requerida.....	64
3.5.1.7	Dimensionamiento de la resistencia eléctrica.....	84
3.5.2	<i>Módulo 2.....</i>	89
3.5.2.1	Calculo del consumo de agua para el humidificador.....	90
3.5.2.2	Selección del tipo de humidificador.....	94
3.5.2.3	Dimensionamiento del tanque de agua.....	96
3.5.2.4	Diseño del medidor de nivel para el agua.....	99
3.5.3	<i>Módulo 3.....</i>	101
3.5.3.1	Selección del controlador automático.....	101
3.5.3.2	Selección de los sensores.....	105
3.5.3.3	Conexiones eléctricas.....	106
4.	CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE ACONDICIONAMIENTO	
4.1	Objetivo del capítulo	109
4.3	Construcción del equipo	111
4.3.1	<i>Corte y dobles de las planchas de acero.....</i>	111
4.3.1.1	Corte de la chapa metálica interior.....	111

4.3.1.2	Dobles de la chapa metálica interior.....	113
4.3.1.3	Corte de la chapa metálica exterior.	115
4.3.1.4	Doblado de las chapas metálicas exteriores.	116
4.3.1.5	Corte de la chapa metálica para el panel de control y los tanques.	117
4.3.1.6	Dobles de la chapa metálica para el panel de control y los tanques.	118
4.3.2	Elementos para la puerta de la cámara.	118
4.3.2.1	Corte de los elementos para la puerta.	119
4.3.3	<i>Ensamble de la cámara de acondicionamiento.</i>	120
4.3.3.1	Ensamble de la cámara interior.	120
4.3.3.2	Ensamble de la cámara exterior.....	120
4.3.3.3	Unión entre la cámara exterior y la cámara interior.	121
4.3.3.4	Unión entre los elementos que forman la puerta.	121
5.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
5.1	Objetivo del capítulo	125
5.2	Especificaciones de las variables a controlar.....	125
5.3	Descripción del funcionamiento	125
5.3.1	<i>Funcionamiento de los actuadores.</i>	126
5.3.2	<i>Gráfica del comportamiento inicial.</i>	126
5.4	Pruebas de estabilidad de variables	130
5.4.1	<i>Ensayo de variables.</i>	134
5.4.1.1	Distribución normal para la temperatura.	134
5.4.1.2	Distribución normal para la humedad.	135
6.	COSTOS	
6.1	Objetivo del capítulo	138
6.2	Costos directos.....	138
6.2.1	<i>Costos de materiales mecánicos</i>	138
6.2.2	<i>Costos de materiales eléctricos</i>	139
6.2.3	<i>Costos por mano de obra y maquinaria utilizada</i>	139
6.2.4	<i>Total costos directos</i>	140
6.2	Costos indirectos.....	140
6.3	Costos totales.....	140

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones.....141

7.2 Recomendaciones141

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	pág.
1 Comparación entre normas para el dimensionamiento de probetas	5
2 Materiales Termoplásticos	8
3 Materiales Elastómeros	10
4 Materiales Tejidos.....	10
5 Materiales Derivados	11
6 Comparación entre normas para el índice de llama	27
7 Valores de temperatura y humedad según normas	33
8 Comparación entre diferentes tipos de energías	36
9 Unidades de las variables para los materiales a utilizar.....	42
10 Comparación entre aislamientos térmicos	48
11 Datos para la interpolación	51
12 Comparación entre ventiladores	52
13 Tipos de transferencia de calor.	57
14 Valor orientativo del coeficiente de transferencia de calor	60
15 Efecto relativo del aislamiento.	61
16 Datos para la interpolación densidad	66
17 Datos para la interpolación calor específico del aire	67
18 Calor suministrado y perdido por el sistema	83
19 Datos para el punto uno en la carta psicrometrica	90
20 Datos para el punto dos en la carta psicrometrica	91
21 Datos para el punto tres en la carta psicrometrica	92
22 Consumo de agua para el total de ciclos en humificación	96
23 Componentes del sistema de medición de nivel de agua.....	100
24 Componentes usados en el interior de la máquina.....	107
25 Datos de temperatura y humedad iniciales	127
26 Lecturas de temperatura y humedad	130
27 Materiales mecánicos.....	138
28 Materiales eléctricos	139
29 Mano de obra y maquinaria	139
30 Total costos directos	140

31 Total costos indirectos 140
32 Total costos 140

LISTA DE FIGURAS

	pág.
1	Probeta para ensayos4
2	Dimensiones de una probeta.....7
3	Cámara WEISS.....13
4	Especificaciones cámara WEISS.....13
5	Cámara WALK-IN14
6	Cámara Solid Walk-In.....15
7	Cámara Panel Walk-In15
8	Placa de acero inoxidable 30416
9	Aceros al cromo expuestos durante 10 años a la corrosión.....16
10	Micrografía estructura martensítica.....17
11	Micrografía estructura ferrítica17
12	Micrografía estructura austenítica18
13	Planchas de acero al carbono sin recubrimiento18
14	Límites máximos en planchas al carbono calidad comercial19
15	Límites máximos en planchas al carbono calidad estructural19
16	Límites máximos en planchas al carbono calidad estructural soldable.....20
17	Lana de vidrio.....21
18	Poliuretano expandido21
19	Lamina de aluminio.....22
20	Materiales aislantes recomendados para temperaturas altas22
21	Materiales aislantes recomendados para temperaturas bajas23
22	Obtención del vidrio por laminado.....23
23	Lazo abierto de regulación24
24	Lazo cerrado de regulación25
25	Diagrama de bloque de un sistema de control.....25
26	Funcionamiento modular35
27	División modular.....35
28	Propiedades de las Poliamidas38
29	Propiedades del Policarbonato39
30	Propiedades del Tereftalato de polietileno39

31	Propiedades del Cloruro de polivinilo.....	40
32	Propiedades de la Silicona.....	40
33	Propiedades del Algodón.....	41
34	Propiedades del Cuero.....	41
35	Dimensiones de la probeta para acondicionar.....	43
36	Vista Superior (VS) para la ubicación de las probetas.....	43
37	Vista Frontal (VF) para la ubicación de las probetas.....	44
38	Vista Lateral (VL) para la ubicación de las probetas.....	44
39	Propiedades del acero inoxidable 304.....	45
40	Valores promedio de la temperatura y humedad relativa en Riobamba.....	46
41	Composición de la planche de acero laminada en frío.....	47
42	Esquema dimensional de la cámara interna.....	50
43	Factor de elevación de temperatura.....	51
44	Ecuaciones para los coeficientes de convección.....	54
45	Medición de la velocidad del viento.....	55
46	Variables presentes en las paredes de la cámara.....	56
47	Resistencia térmica en las paredes de la cámara.....	58
48	Esquema dimensional de la cámara externa.....	62
49	Corrosión atmosférica de acuerdo con la norma ISO 12944.....	63
50	Temperaturas máximas de servicio.....	64
51	Propiedades del aire a diferentes temperaturas.....	65
52	Posición de las probetas frente a la radiación de calor.....	69
53	Area dispuesta en cada pared.....	77
54	Dimenciones del vidrio templado.....	79
55	Dimenciones de la cara frontal.....	79
56	Dimenciones de la cara derecha e izquierda.....	81
57	Dimenciones de la cara superior e inferior.....	81
58	Dimenciones de la cara posterior.....	82
59	Tipos de resistencias eléctricas.....	86
60	Resistencia NIKROTHAL.....	87
61	Esquema dimensional de la resistencia eléctrica.....	89
62	Datos del punto uno.....	91
63	Datos del punto dos.....	92
64	Datos del punto tres.....	93

65	Humidificador ultrasónico.....	96
66	Esquema dimensional de los tanques	97
67	Esquema dimensional del tanque uno	97
68	Esquema dimensional del tanque dos.....	98
69	Medición total en el nivel de un tanque.	99
70	Medición por niveles para un tanque.	100
71	Circuito de nivel para el tanque dos	101
72	Oscilación de la señal en un controlador ON/OFF.....	102
73	Oscilación de la señal para un control proporcional	103
74	Oscilación de la señal para un control integral.....	104
75	Oscilación de la señal para un control integral.....	104
76	Controlador MT-530E SUPER	105
77	Sensor conjugado de temperatura y humedad	105
78	Circuitos eléctricos	106
79	Capacidad de corriente en conductores para aparatos	107
80	Simbología procesos de operación	109
81	Proceso de construcción para la cámara de acondicionamiento.....	110
82	Dimensiones de la chapa metálica para el cuerpo interior	111
83	Corte de la chapa metálica mediante cizalla hidráulica.....	112
84	Dimensiones de la chapa metálica para las tapas interiores superior e inferior	112
85	Corte de la chapa metálica mediante cizalla manual.....	113
86	Dimensiones de la chapa metálica para los soportes de bandejas	113
87	Doblado de la chapa metálica.....	113
88	Doblado del cuerpo interior.....	114
89	Doblado de los soportes para bandeja	114
90	Doblado de las tapas interiores superior e inferior	114
91	Dimensiones de la chapa metálica para el cuerpo exterior	115
92	Dimensiones de la chapa metálica para las tapas exterior superior e inferior.....	116
93	Doblado del cuerpo exterior	116
94	Doblado de las tapas exteriores superior e inferior	117
95	Dimensiones de la chapa metálica para el panel de control	117
96	Dimensiones de la chapa metálica para la puerta del panel de control	118
97	Doblado de las chapas metálicas para el panel de control	118
98	Cortadora eléctrica	119

99	Corte de los elementos para la puerta.....	119
100	Cámara interior.....	120
101	Cámara exterior	120
102	Unión de las dos cámaras	121
103	Puerta de la cámara de acondicionamiento	121
104	Unión de las cámaras con la puerta	122
105	Unión de la cámara con el panel de control	122
106	Elementos del medidor de nivel	124
107	Tanques de alimentación y reserva de agua	124
108	Grafica temperatura inicial vs tiempo	128
109	Grafica humedad inicial vs tiempo.....	129

LISTA DE ABREVIATURAS

AISI	American Iron and Steel Institute
ANT	Agencia Nacional de Tránsito
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
CA	Corriente Alterna
CD	Corriente Directa
CFM	Cubic feet per minute
HO	Hidroxilo
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	Institute Standard Organization
ISO/TC 22	Institute Standard Organization / Technical committees Road Vehicles
ISO/TC 23	Institute Standard Organization / Technical committees Tractors and
NCO	Isocianatos
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
PA	Poliamida
PC	Policarbonato
PET	Tereftalato de Polietileno
PVC	Cloruro de Polivinilo
RTE	Reglamento Técnica Ecuatoriana
TC	Technical committees
US-FMVSS	United States - Federal Motor Vehicle safety standards
UV	Ultravioleta

LISTA DE ECUACIONES

		pág.
Ecuación (1)	Transformación de °C a °F	51
Ecuación (2)	Interpolación	52
Ecuación (3)	Potencia para el ventilador	52
Ecuación (4)	Ambiente convectivo exterior	54
Ecuación (5)	Ambiente convectivo interior	55
Ecuación (6)	Resistencia térmica por convección	58
Ecuación (7)	Resistencia térmica por conducción	59
Ecuación (8)	Coefficiente global de transferencia de calor U	59
Ecuación (9)	Reemplazo de variables en U	59
Ecuación (10)	Espesor para el aislante térmico	60
Ecuación (11)	Calor suministrado a un cuerpo	65
Ecuación (12)	Densidad de un cuerpo	65
Ecuación (13)	Volumen de un cuerpo	66
Ecuación (14)	Diferencial de temperatura	68
Ecuación (15)	Perdida de calor por área	76
Ecuación (16)	Volumen de un cilindro	98

LISTA DE ANEXOS

- A** Características de la Poliamida
- B** Características del Policarbonato
- C** Características del Tereftalato
- D** Características del Cloruro de Polivinilo
- E** Características de la Silicona
- F** Características del Algodón
- G** Características del Cuero
- H** Características del acero inoxidable 304
- I** Datos meteorológicos M1036 RIOBAMBA POLITÉCNICA
- J** Características del ventilador AXIAL
- K** Características del vidrio templado
- L** NORMA US FMVSS 302
- M** NORMA ISO 3795-1989
- N** NORMA RTE INEN 041-2013
- O** NORMA RTE INEN 043-2015
- P** NORMA NTE INEN 2205-2015
- Q** NORMA NTE INEN 1668-2015

RESUMEN

En el Ecuador el índice de accidentología ha aumentado en los últimos años, del total de accidentes se deriva un porcentaje ocasionado por el incendio de los vehículos, debido a que en su interior existen diversos elementos y materiales usados como recubrimiento interno, los cuales actúan de diferente manera frente al fuego. En el año de 1976 se promueve el uso de las normas ISO 3795 y US FMVSS 302 en las que se detallan las especificaciones del ensayo de inflamabilidad de los materiales y del acondicionamiento de ellos. El presente trabajo de titulación se trata del diseño y construcción de la cámara de acondicionamiento para materiales, de acuerdo a los datos especificados en las normas sobre la temperatura y humedad para el interior de la cámara de acondicionamiento, obteniendo los siguientes rangos de valores, temperatura $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$, humedad relativa $50\%\pm 5\%$, presión atmosférica 21,92 in Hg . Una vez construido el equipo se procedió a realizar pruebas en tres materiales expandible colombiano, moqueta brasilera y tapizón, logrando acondicionarlos 6 días de forma continuo tomando 105 datos con intervalos de 15 minutos, con los datos obtenidos se realizaron los respectivos análisis y cálculos de la velocidad de inflamabilidad de los mismos para finalmente validar los resultados mediante pruebas de normalidad de los datos y el cálculo de la capacidad del proceso los cuales fueron de 1,26 y 1,82 para la temperatura y humedad respectivamente frente a un valor de 1.25 que es la base de comparación, demostrando que se trata de un proceso de acondicionamiento capaz y aceptable para cumplir con las especificaciones de la norma, garantizando el funcionamiento del equipo durante el tiempo de acondicionamiento, y las condiciones tomadas según las normas requeridas, se recomienda el uso de agua destilada para el humidificador y verificar las conexiones eléctricas del equipo.

PALABRAS CLAVE: <INFLAMABILIDAD>, <ACONDICIONAMIENTO>, <RECUBRIMIENTO>, <PROBETAS (MUESTRAS DE MATERIALES)>, <TEMPERATURA>, <HUMEDAD>, <PRESIÓN>, <DISEÑO>, <CONSTRUCCIÓN >, <CONTROL AUTOMÁTICO>, <LAZO CERRADO>, <DISTRIBUCIÓN NORMAL> <CAPACIDAD DEL PROCESO>

ABSTRACT

In Ecuador the rate of accidentology has increased in the last years, the percentage of the total of accidents is caused by the fire of the vehicles, because there are different elements and materials used as internal coating, which work in different ways against fire. In 1976, the use of the ISO 3795 and US FMVSS 302 standards is promoted, detailing the specifications of the flammability test of the materials and the conditioning of them. This work is based on the design and construction of the conditioning chamber for materials, according to the data specified by standards on temperature and humidity for the interior of the conditioning chamber, obtaining the following ranges of values, temperature $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, relative humidity $50\% \pm 5\%$, atmospheric pressure 21,92 in Hg. Once the equipment was built, tests were carried out on three Colombian expandable materials, Brazilian carpet and tapiz3n, being able to condition them in 6 days continuously, taking 105 data with 15-minute intervals. With the obtained data the respective analyzes and calculations of flammability velocity of the materials were performed in order to validate the results by normality tests of the data and the process capacity calculation which were of 1,26 and 1,82 to temperature and humidity respectively against a value of 1,25 which is the base of comparison, showing that it is a capable and acceptable conditioning process to meet the specifications of the standard, ensuring the operation of the equipment during the conditioning time and conditions according to the required standards. It is recommended to use distilled water for the humidifier as well as to check the electrical connections of the equipment.

KEYWORDS: FLAMMABILITY, CONDITIONING, COATING, TEST TUBES (MATERIALS SAMPLE), TEMPERATURE, HUMIDITY, PRESSURE, DESIGN, MANUFACTURE, AUTOMATIC CONTROL, CLOSED LOOP, NORMAL DISTRIBUTION, PROCESS CAPABILITY.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el Ecuador se registraron 6005 accidentes en el 2014 según la (ANT, 2014), los cuales se producen por la impericia, imprudencia, embriaguez y exceso de velocidad, dichas cifras se han disminuido para el 2015 en un 15%, las mismas que se dividen en siniestros, fallecidos y lesionados.

Un porcentaje de los accidentes se derivan por el incendio de los automotores, esto debido a que en el interior del vehículo existen diversos materiales, los cuales actúan de diferentes manera frente al fuego, por lo que aquellos materiales internos deberían cumplir con las pruebas requeridas antes de ser colocados como revestimiento en el techo, paredes, asientos y piso.

Para el año de 1976 en Ginebra se ponen en vigencia el estándar internacional ISO 3795:1976 con ayuda de las comisiones técnicas TC 22 y TC 23, las cuales hacen mención a los automotores usados en carretera y en la agricultura respectivamente, con el propósito de valorar el comportamiento de los materiales usados en recubrimiento interno de los vehículos, exponiéndolos al fuego por un tiempo determinado.

En los últimos años se ha elevado la producción de carrocerías en la parte Sierra Centro del Ecuador, principalmente en Ambato, Riobamba, Latacunga y Quito dando lugar a la creación de grandes y pequeñas industrias constructoras, las cuales deben cumplir con una serie de normas y reglamentos para su funcionamiento adecuado, y el de sus unidades.

Existen nuevos estándares nacionales como las normas RTE INEN 041-2013, RTE INEN 043-2015, NTE INEN 2205-2015, NTE INEN 1668-2015 e internacionales como ISO 3795:1989 y US-FMVSS 302 con la finalidad de regular o restringir el uso de materiales inflamables en vehículos.

Las normas existentes en el Ecuador en las que se especifica el uso de los materiales en los vehículos son:

- RTE INEN 041-2013, Numeral 5.3.7 (Se especifica, los materiales usados para vehículos de transporte escolar en asientos, paredes, techo y piso)
- RTE INEN 043-2015, Numeral 5.2.11, literal d (Se especifica, los materiales usados para Buses interprovinciales en asientos, paredes, techo y piso)
- NTE INEN 2205-2015, Numeral 5.1.2.7, literal d (Se especifica, los materiales usados para vehículos automotores y buses urbanos en asientos, paredes, techo y piso).
- NTE INEN 1668-2015, Numeral 5.9.2 (Se especifica, los materiales usados para vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovincial en asientos, paredes, techo y piso).

Por tal motivo y en vista de la creciente producción de carrocerías en el país la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo desarrollo un proyecto para construir un laboratorio especializado el cual cumpla con los estándares requeridos para realizar el ensayo de inflamabilidad, en el año 2013 se logra construir la máquina de ensayo horizontal de llama, sin embargo la norma ISO 3795:1989 especifica que las probetas deben acondicionarse antes de pasar a la máquina de inflamabilidad, y al no contar con la cámara de acondicionamiento no se pueden realizar las pruebas en los materiales con total veracidad.

1.2 Justificación

Con la fabricación de la cámara de acondicionamiento se complementó el equipo necesario para la realización de los ensayos de inflamabilidad en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, mediante la cual se generó un aporte para los constructores nacionales de carrocerías, creando un laboratorio especializado para la parte central del Ecuador, brindando los servicios para realizar de manera confiable y segura las pruebas requeridas en los materiales para la aprobación de sus unidades.

El proyecto está relacionado directamente con la seguridad, ya que los vehículos que cuentan con la certificación de los materiales usados en su construcción, tienen menor riesgo de que el interior del mismo se incendie en el momento de un siniestro.

Se ayudará también al impulso en la matriz productiva ecuatoriana, logrando que las compañías de transporte adquieran vehículos y/o carrocerías ensambladas en el país

creando más fuentes de trabajo, y alineando el nivel de calidad y superioridad en el producto.

Con el complemento en el ensayo de inflamabilidad se esperara determinar con certeza el índice de inflamabilidad específico para los materiales usados en el recubrimiento interno de los vehículos y carrocerías construidas en el país, contribuyendo así en la obtención de datos reales que los constructores tendrán a su disposición en todo momento.

Los conocimientos adquiridos por la creación del proyecto, contribuirán al desarrollo y la formación general en los estudiantes y el postulante del proyecto, los cuales tendrán un documento guía para futuras consultas y referencias del proceso de construcción realizado.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar y construir una cámara de acondicionamiento para materiales usados en revestimiento interno de vehículos, según las normas ISO 3795:1989 y US FMVSS 302.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

- Recolectar información sobre cámaras de acondicionamiento existentes y especificaciones necesarias de acuerdo a la NORMA ISO 3795:1989 y US FMVSS 302.
- Diseñar y seleccionar los materiales, equipos y elementos adecuados para la construcción la cámara de acondicionamiento.
- Construir el equipo de acondicionamiento según condiciones especificadas.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Determinar los costos

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

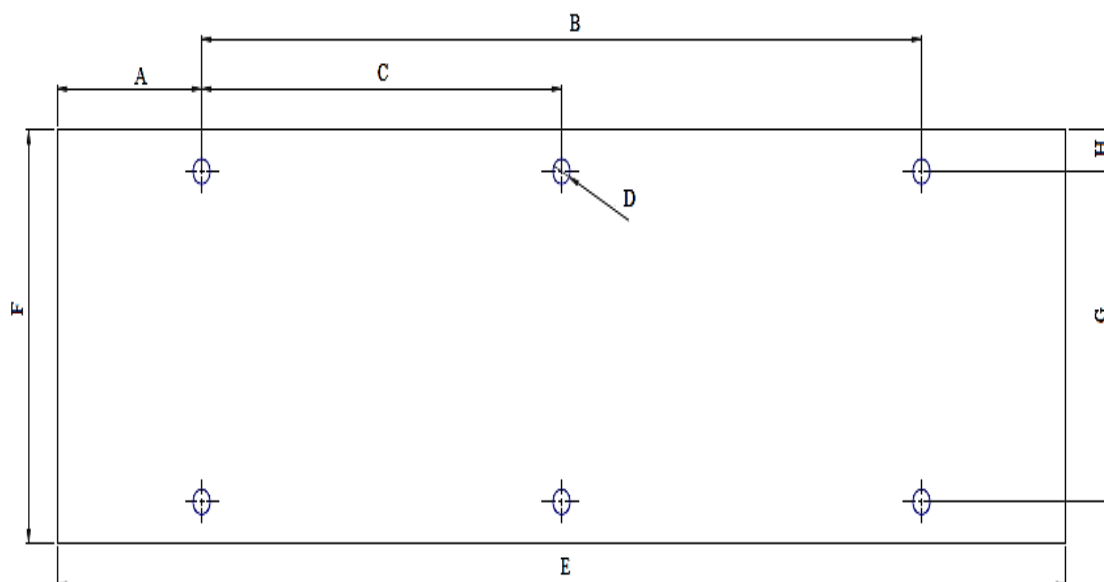
2.1 Objetivo del capítulo

El objetivo del presente capítulo es realizar el estudio, de lo esencial en el acondicionamiento de materiales y las condiciones adecuadas para esto, por tal motivo se estudiara: tipos de cámaras de acondicionamiento, materiales usados en su construcción y metodología usada para su diseño.

2.2 Definición de probeta

La palabra probeta se deriva de la expresión probar, la misma que se refiere a la utilización de un material con medidas específicas, el cual será sometido a una serie de pruebas para determinar con certeza las características físicas, mecánicas del mismo, en un medio controlado y a condiciones estandarizadas, dependiendo del ensayo que se esté realizando y las características que quiera conocerse usarán una o varias probetas para de ese modo se pueda garantizar la confiabilidad de los ensayos y minimizar el error en la lectura de los instrumentos.

Figura 1. Probeta para ensayos



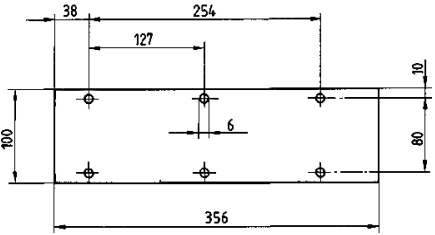
Fuente: (ISO-3795, 1989)

2.3 Geometría de la probeta

En el presente proyecto se usarán probetas específicas para el ensayo de inflamabilidad en materiales usados en revestimiento interno de vehículos, por lo tanto se estudiarán las normas ISO 3795-1989, US FMVSS 302, RTE INEN 041-2013, RTE INEN 043-2015 NTE INEN 2205-2015 e NTE INEN 1668-2015, determinando de esta manera las dimensiones adecuadas en la construcción del modelo a usar, asegurando que los resultados obtenidos serán los más confiables.

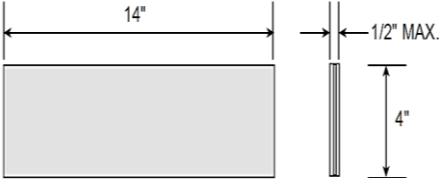
2.3.1 Dimensionamiento del modelo de probeta a utilizar. Para determinar las dimensiones del modelo que será usado en la cámara de acondicionamiento el objetivo guía será el estudio de las normas nacionales e internacionales relacionadas con el tema, la comparativa nos ayudara en la elección adecuada poniendo a prueba los diferentes criterios usados en cada una de las normas.

Tabla 1. Comparación entre normas para el dimensionamiento de probetas

NORMA	DIMENSIONES	RESUMEN
<p style="text-align: center;">ISO 3795:1989</p>	<p style="text-align: center;">Dimensiones en milímetros.</p> 	<p>Numeral 6.1</p> <p>Las dimensiones serán las especificadas en la figura correspondiente al largo y ancho, con el espesor propio del material sin superar los 13mm, manteniéndolo constante en toda la muestra.</p> <p>Cuando la dirección de las fibras no pueda probarse a lo largo se lo hará a lo ancho, oponiéndose al sentido de las mismas.</p> <p>Las muestras que no puedan cumplir con los requerimientos mínimos no se podrán poner a prueba. (ISO-3795, 1989)</p>

Fuente: Autor.

Tabla 1. (Continua) Comparación entre normas para el dimensionamiento de probetas

<p>US FMVSS 302:1991</p>	<p>Dimensiones en pulgada.</p> 	<p>Numeral 12</p> <p>Las dimensiones serán las especificadas en la figura correspondiente al largo y ancho, el espesor del material tendrá un máximo de 1/2" (12,7mm), manteniéndolo constante en toda la muestra.</p> <p>Se realizará la prueba en dirección con las fibras del material, asegurando una mayor propagación de la llama, verificando así el buen desempeño de la muestra. (US-FMVSS-302, 1991)</p>
<p>RTE INEN 041:2013</p>	<p>No especificadas.</p>	<p>Numeral 5.3.7</p> <p>Se especifica, los materiales usados para vehículos en asientos, paredes, techo y piso deberán tener un índice de llama menor a 250 mm/min, tomando como referencia la norma ISO 3795. (INEN-041, 2013)</p>
<p>RTE INEN 043:2015</p>	<p>No especificadas.</p>	<p>Numeral 5.2.11, literal d</p> <p>Se especifica, los materiales usados para vehículos en asientos, paredes, techo y piso deberán tener un índice de llama menor a 250 mm/min, tomando como referencia la norma ISO 3795. (INEN-043, 2015)</p>

Fuente: Autor.

Tabla 1. (Continua) Comparación entre normas para el dimensionamiento de probetas

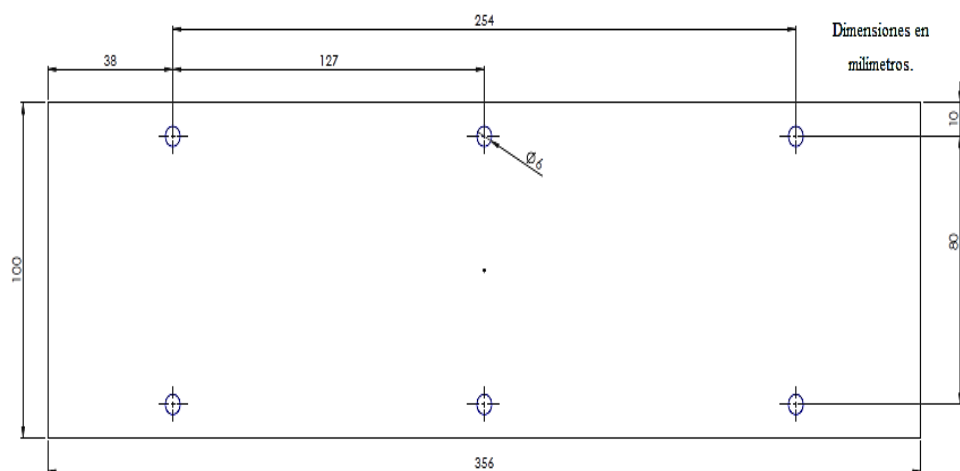
<p>NTE INEN 2205:2015</p>	<p>No especificadas.</p>	<p>Numeral 5.1.2.7, literal d Se especifica, los materiales usados para vehículos en asientos, paredes, techo y piso deberán tener un índice de llama menor a 250 mm/min, tomando como referencia la norma ISO 3795. (INEN-2205, 2015)</p>
<p>NTE INEN 1668:2015</p>	<p>No especificadas.</p>	<p>Numeral 5.9.2 Se especifica, los materiales usados para vehículos en asientos, paredes, techo y piso deberán tener un índice de llama menor a 100 mm/min, tomando como referencia la norma ISO 3795. (INEN-1668, 2015)</p>

Fuente: Autor.

Dentro del análisis realizado se pudo determinar las dimensiones que se usarán en la probeta.

Según las normas ISO 3795 y US FMVSS302 las cuales al tener valores aproximadamente similares se usarán las siguientes medidas para la muestra:

Figura 2. Dimensiones de una probeta



Fuente: (ISO-3795, 1989)

Las normas nacionales no establecen dimensiones para la muestra en el ensayo, únicamente se refieren al índice de llama mínimo permitido para el material, según la norma ISO 3795.

2.4 Materiales usados en el revestimiento interno de vehículos

El mercado nacional como el internacional, suministran una gran variedad de materiales usados en el revestimiento interno de las carrocerías fabricadas en el Ecuador, variando de acuerdo al criterio del constructor, los cuales deben certificar el producto para garantizar la seguridad de sus unidades ante un accidente, utilizando recubrimientos que cumplan lo establecido en las normas INEN 041, INEN 043, INEN 2205 e INEN 1668 estos deben tener un índice de llama menor o igual a 250 mm/min en el caso de las tres primeras y 100mm/min en el caso de la cuarta o a su vez ser capaz de auto extinguir la llama.

2.4.1 Clasificación de los materiales usados en revestimiento interno. Los materiales más usados en la personalización y tapizado de asientos, puertas, techo y piso del vehículo son:

- Termoplásticos.
- Elastómeros.
- Tejidos.
- Derivados.

Los mismos que serán estudiados para su posterior prueba y análisis el cual nos demostrara si son aptos para el uso en recubrimientos.

Tabla 2. Materiales Termoplásticos

TERMOPLÁSTICOS	
Material	Poliamida (PA)
Descripción	Polímero obtenido del petróleo, mediante fusión para después extruirlo obteniendo fibras las mismas que se solidificaran por enfriamiento, se lo conoce también como Nailon.

Fuente: (PADILLA, y otros, 2013)

Tabla 2. (Continua) Materiales Termoplásticos

Características	Es un material muy duro frente al desgaste, ligero, fuerte y resiste muy bien los ataques químicos, puede presentarse de forma rígida o en filamentos.
Uso	Se lo usa en rejillas, moquetas, tapicería de vehículos y en radiadores.
Material	Policarbonato (PC)
Descripción	Es un material transparente y amorfo con buenas propiedades mecánicas se lo puede encontrar en forma de láminas.
Características	Soporta muy bien los impactos, las elevadas temperaturas en el exterior con protección UV, buen aislante eléctrico y al ser transparente deja pasar la luz solar.
Uso	El uso principal es en láminas sólidas y celulares, paragolpes y tableros de control.
Material	Tereftalato de Polietileno (PET)
Descripción	Material muy estable se divide en dos clases de alta densidad y de baja densidad.
Características	<p>Polímero de alta densidad: se lo encuentra en estado sólido e incoloro, resiste muy bien los ataques químicos, es flexible y desechable.</p> <p>Polímero de baja densidad: es muy usado ya que se puede reciclar con facilidad, es flexible, resistente a impactos y puede llegar a ser transparente con tratamientos químicos.</p>
Uso	El uso principal es para fabricar botellas plásticas desechables, juguetes, utensilios plásticos y aislantes para cables.
Material	Cloruro de polivinilo (PVC)
Descripción	Es un polímero muy versátil, se lo utiliza en todo el mundo para fabricar productos de plástico gracias a los derivados que se pueden obtener de él.

Fuente: (PADILLA, y otros, 2013)

Tabla 2. (Continua) Materiales Termoplásticos

Características	Sometido a temperatura se vuelve moldeable, es un material blanco, lo podemos encontrar en dos formas flexibles y rígidas.
Uso	Se lo usa en ventanas, envases, muñecas, juguetes y tuberías.

Fuente: (PADILLA, y otros, 2013)

Tabla 3. Materiales Elastómeros

ELASTÓMEROS	
Material	Silicona
Descripción	Polímero conocido por ser elástico y amorfo en su estado natural gracias a que se encuentran sobre su temperatura de transición vítrea.
Características	Resiste muy bien ante la abrasión y el desgaste, soporta ataques químicos y es un buen aislante tanto térmico como eléctrico.
Uso	Se usan en la fabricación de neumáticos para automóviles, tapicería de asientos y en cantoneras.

Fuente: (PADILLA, y otros, 2013)

Tabla 4. Materiales Tejidos

TEJIDOS	
Material	Damasco
Descripción	Son productos textiles formados por el entrelazamiento de fibras de hilo, logrando obtener un producto plano conocido como tela.

Fuente: (PADILLA, y otros, 2013)

Tabla 4. (Continua) Materiales Tejidos

Características	Puede ser fabricada en seda, algodón, lino y combinando fibras pudiendo encontrarlos en tonalidades diferentes, es muy fino y extremadamente ligero, resiste muy bien las rasgadoras y los ataques químicos.
Uso	Se lo usa en tapicería para los asientos de vehículos, cortinas o almohadones.

Fuente: (PADILLA, y otros, 2013)

Tabla 5. Materiales Derivados

ANIMALES	
Material	Cuero.
Descripción	Material duro obtenido de la piel de los animales mediante un proceso de curtido, está compuesta por fibras naturales, es muy demandado en la industria textil por su gran versatilidad en la fabricación de diversos artículos.
Características	Material con buena capacidad transpirable, moldeable, lavable, aislante del calor, sanitario y resiste muy bien a la tracción y al desgarro.
Uso	Se lo usa en tapicería para los asientos de vehículos, muebles, bolsas, carteras, y para la fabricación de zapatos.

Fuente: (PADILLA, y otros, 2013)

2.5 Cámara de acondicionamiento

Al momento de diseñar una máquina, proceso o sistema específico, se toma en consideración un factor muy importante, como es la reacción de los elementos a determinadas condiciones de temperatura y humedad.

Específicamente hablando la industria automotriz tiene como criterio importante conocer el comportamiento de los materiales usados en el recubrimiento o tapizado interno de los vehículos, realizando ensayos establecidos por las entidades de control, sometiendo las muestras de material a diferentes tipos de condiciones, ya que unos pequeños cambios de temperatura o humedad pueden hacer variar considerablemente los resultados del ensayo.

Por tal motivo la construcción de una cámara de acondicionamiento, que simula las condiciones requeridas en su interior, con el pasar de los años se han ido afinando hasta lograr estabilizar las variables manipuladas durante un mayor tiempo de permanencia y exactitud, logrando así realizar los ensayos necesarios para después obtener la certificación de sus unidades.

2.5.1 Clasificación en las cámaras de acondicionamiento. Los elementos principales son las dimensiones en la muestra a ensayar, las variables controladas en su interior tanto la temperatura como la humedad requerida por la prueba, y el aislante térmico ya que al estar sujeto a temperaturas excesivamente altas o bajas puede verse comprometido, de esta manera se establecerá el tamaño ideal y el tipo de control que se usará para su construcción, centrándonos en dos tipos específicos de cámaras encontradas en el mercado.

2.5.1.1 Cámaras compactas. Son cámaras especializadas que poseen un excelente aislante térmico, pueden controlar diferentes tipos de variables simultáneamente en rangos prolongados con una gran estabilidad, tienen capacidades de trabajo menores a un metro cúbico por lo que son ideales para muestras de material pequeño o mediano.

Podemos encontrar una cámara de este tipo conocida como WEISS con un alto rango de temperatura y humedad, gracias a su control automático se programa ensayos durante tiempos prolongados de exposición sin variación en las condiciones establecidas, logrando variar la temperatura hasta en ± 10 °C / minuto.

Figura 3. Cámara WEISS



Fuente: (CATECHOM, 2000)

La siguiente figura muestra las especificaciones de construcción óptimas utilizadas para la cámara WEISS.

Figura 4. Especificaciones cámara WEISS

Características dimensionales			
Dimensiones (efectivas) [altura × anchura × profundidad]	78 × 74 × 60		[cm×cm×cm]
Volumen (efectivo)	347		[l]
Características ambientales			
Temperatura	Rango	-70 → 180	[°C]
	Gradiente máximo	±10	[°C / minuto]
	Estabilidad temporal	±1	[°C]
	Estabilidad espacial	±2	[°C]
Humedad relativa	Rango	10 → 98	[%]
	Estabilidad temporal	± 3 → 5	[%]

Fuente: (CATECHOM, 2000)

2.5.1.2 Cámaras walk-in. Son cámaras para trabajo industrial, poseen capacidades mayores a seis metros cúbicos permitiendo la colocación de los materiales o equipos a ensayar directamente por el acceso de las personas en su interior, su construcción es simple ya que está constituida por paneles prefabricados de fácil colocación y con un aislante térmico especializado para su tipo de aplicación, controlando tanto la

temperatura como la humedad de forma limitada, compensándolo con una gran estabilidad.

Figura 5. Cámara WALK-IN



Fuente: (CATECHOM, 2000)

Podemos encontrar dos tipos de cámaras:

- Solid Walk-In
- Panel Walk-In

La cámara *Panel Walk-In* es una opción muy aceptable, especialmente en la conservación de alimentos y exhibidoras para supermercados, ya que al no estar siendo usada para certificar ninguna clase de elemento o sistema sus requerimientos tanto en temperatura como humedad no alcanzan niveles elevados como los requeridos en algunas normas, por lo que son menos exigentes el momento de su construcción, también una de sus deficiencias es el tipo de aislante empleado en las paredes.

Por otra parte la cámara *Solid Walk-In* es usada para la certificación de elementos de gran tamaño y sistemas en los que los mecanismos móviles o actuadores deben estar presentes durante el acondicionamiento del material, por tal motivo son cámaras con revestimiento interno y externo de acero, muy similares en construcción con las cámaras compactas, con prestaciones similares en rangos de temperatura y humedad mucho más elevados que las anteriores.

Las siguientes figuras muestran las especificaciones y rangos en los que las variables ambientales presentes en el interior de las cámaras *Walk-In* pueden trabajar de forma óptima logrando un trabajo eficiente.

Solid Walk-In:

Figura 6. Cámara Solid Walk-In

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES			
Temperatura	Rango	-73 → + 177	[°C]
Humedad relativa	Rango	20 → 95	[%]
Velocidad de cambio de T ^a	Velocidad	4 - 5	[°C/min]

Fuente: (Guirao Nieto, 2009)

Panel Walk-In:

Figura 7. Cámara Panel Walk-In

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES			
Temperatura	Rango	-68 → + 85	[°C]
Humedad relativa	Rango	20 → 95	[%]
Velocidad de cambio de T ^a	Velocidad	1 - 2	[°C/min]

Fuente: (Guirao Nieto, 2009)

2.6 Componentes y materiales que posee una cámara de acondicionamiento

Los componentes que forman parte fundamental en las cámaras de acondicionamiento son los siguientes:

2.6.1 Acero usado en la construcción. Las cámaras de acondicionamiento están constituidas por planchas de acero inoxidable o acero al carbono, esto dependerá exclusivamente de las condiciones en las que estará trabajando la máquina y las exigencias en las variables a controlar.

2.6.1.1 Acero inoxidable. Son aceros con un pequeño porcentaje de cromo en su composición variando del 11% al 20%, el mismo que forma una película protectora continua en contacto con el oxígeno, gracias a esta característica lo convierte en el acero ideal para el uso en maquinaria expuesta dentro de ambientes con elevados niveles de corrosión o usos en el área médica y alimenticia.

Figura 8. Placa de acero inoxidable 304



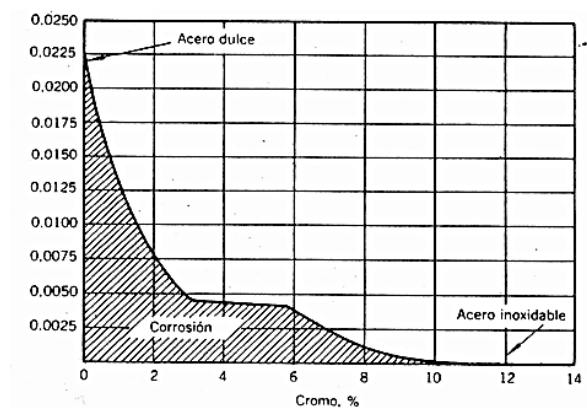
Fuente: (DIPAC, 2012)

Debido a sus características especiales la elección del acero inoxidable adecuado, dependerá de las características que se buscan posea la máquina tales como:

- Excelente resistencia a la corrosión.
- Elevadas propiedades mecánicas.
- Resistencia a temperaturas elevadas.
- Resistencia a temperaturas por debajo de los cero grados.
- Mayor tiempo de vida útil.
- Costos en mantenimiento y cambio de elementos mecánicos.

2.6.1.2 Tipos de acero inoxidable. Existen una gran variedad de aceros inoxidables, siendo una de sus principales características la elevada resistencia que oponen ante la corrosión, los cuales se derivan de su composición química, forma de fabricación y tratamiento térmico usado en su construcción.

Figura 9. Aceros al cromo expuestos durante 10 años a la corrosión

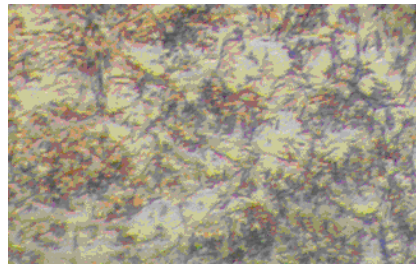


Fuente: (Inchaurza Zabala, 1981)

Se clasifican en:

a) *Aceros inoxidables martensíticos.* Catalogados como la primera clase de los aceros inoxidables por poseer como únicos elementos presentes en su composición al cromo con un porcentaje de 10,5 a 18%, y el carbono con un porcentaje de 1,2% capaz de obtener la martensita mediante el temple, se encuentran ubicados en la serie 400, son requeridos especialmente para aplicaciones en las que se requiere de una elevada dureza por su alto contenido de carbono, debido a esta característica la soldabilidad del material es baja utilizándolo solo para pre formados por presión. (Kuhn, y otros, 2000)

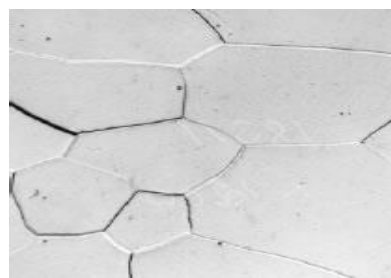
Figura 10. Micrografía estructura martensítica



Fuente: (Kuhn, y otros, 2000)

b) *Aceros inoxidables ferríticos.* Pertenecen a la serie 400 siendo aceros con un porcentaje superior de cromo en su estructura, comparándolos con los otros tipos de acero en su familia, conteniendo desde un 10,5% hasta un 30% de cromo llamándolos aceros inoxidables de cromo directo, pueden mantener una estructura ferrítica desde la temperatura ambiente hasta su punto de fusión gracias a su bajo contenido de carbono menor al 0,12%, poseen un grado de soldabilidad medio ya que son materiales magnéticos, generalmente son muy usados para utensilios de cocina y resisten muy bien en medios con presencia de cloruros y altas temperaturas haciéndolos aceros refractarios. (Kuhn, y otros, 2000)

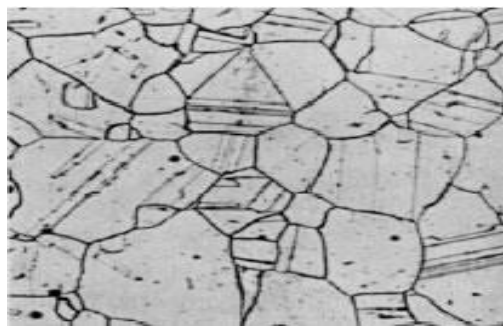
Figura 11. Micrografía estructura ferrítica



Fuente: (Kuhn, y otros, 2000)

c) *Aceros inoxidables austeníticos*. Pertenecientes a la serie 300 es el acero inoxidable con más aplicaciones en la industria, se lo diferencia ya que se adiciona níquel y molibdeno a su composición en un porcentaje de 3,5 a 22% y de 1,5 a 6% respectivamente logrando elevar el margen térmico del acero haciéndolo más estable frente al calor al igual que bajo temperaturas criogénicas, dichos elementos logran cambiar su estructura cristalina en austenita, posee de 16 a 28% en cromo y menos del 2,11% de carbono, son aceros magnéticos muy usados en la industria tanto alimenticia como farmacéutica por su alto grado de higiene y fácil limpieza. (Kuhn, y otros, 2000)

Figura 12. Micrografía estructura austenítica



Fuente: (Kuhn, y otros, 2000)

2.6.1.3 Aceros al carbono. Podemos encontrar varias presentaciones de acero al carbono por ejemplo ejes, tubos y planchas usados en la industria gracias a sus excelentes características, elevada resistencia y muy buena soldabilidad pueden ser usadas en la fabricación de vigas soldadas, estructuras remachadas y atornilladas, estructuras para puentes y tanques de combustible, la construcción de cámaras de acondicionamiento se las realiza con planchas de acero al carbono laminadas en frío o en caliente, dependiendo del ambiente en el que se las usará poseen recubrimientos externos evitando así la corrosión. (INEN0114, 1975)

Figura 13. Planchas de acero al carbono sin recubrimiento



Fuente: (Allteko, 2013)

Se clasifican en:

a) *Acero al carbono de calidad comercial.* Son planchas con diferentes espesores, la calidad comercial es ideal para trabajos en los que el material deba ser doblado y no se encuentre sometido a esfuerzos externos, podemos encontrar diferentes niveles de resistencia a la tracción debido al porcentaje de carbono, azufre y fósforo contenidos, los mismos que serán designados por una letra y un número los cuales indican la calidad del acero y el porcentaje de dichos elementos en su composición. (INEN0114, 1975)

Figura 14. Límites máximos en planchas al carbono calidad comercial

Elemento	Grado de Acero				Método de ensayo
	A 34	A 37	A 42	A 50	
C%	0,20	0,20	0,25	0,30	INEN 120
P%	0,040	0,060	0,060	0,060	INEN 107
S%	0,050	0,050	0,050	0,050	INEN 108

Fuente: (INEN0114, 1975)

b) *Acero al carbono de calidad estructural.* Son planchas con diferentes espesores, dicha calidad es ideal para trabajos en conjuntos estructurales, podemos encontrar diferentes niveles de propiedades dependiendo del porcentaje de carbono, azufre y fósforo contenidos en el material, los mismos que serán designados por dos letras y un número los cuales indican su clasificación. (INEN0114, 1975)

Figura 15. Límites máximos en planchas al carbono calidad estructural

Elemento	Proceso de convertidor	Otros procesos		Método de Ensayo	
		Análisis de cuchara	Análisis de comprobación		
	A 34 E, A 37 E A 42E	A 34 E; A 42 E A 37 E; A 50 E	A 34 E, A 37 E A 42 E; A 50 E		
C%	0,18	0,20	0,25	0,23	INEN 120
P%	0,080	0,040	0,040	0,050	INEN 107
S%	0,050	0,050	0,050	0,065	INEN 108

Fuente: (INEN0114, 1975)

c) *Acero al carbono de calidad estructura soldable.* Las planchas delgadas de calidad estructural soldable, se destinan preferentemente a trabajos de soldado y doblado, debe entenderse por planchas de calidad soldable aquellas que pueden ser soldadas sin tratamientos térmicos previos y por operarios y métodos calificados. (INEN0114, 1975)

Figura 16. Límites máximos en planchas al carbono calidad estructural soldable

Elemento	Proceso de Convertidor	Otros proceso	Método de Ensayo
C%	0,15	0,15	INEN 120
Mn%	0,60	0,60	INEN 118
P%	0,080	0,040	INEN 107
S%	0,050	0,050	INEN 108

Fuente: (INEN0114, 1975)

2.6.2 Aislantes térmicos. En la industria se utilizan los aislantes térmicos como medios para evitar la fuga o ingreso de calor a un sistema cerrado el cual deberá tener una temperatura exacta para realizar su función, la principal razón para el uso de los mismos es el ahorro de energía y el alargamiento de la vida útil de los equipos que al no estar en constante funcionamiento el desgaste se reduce, brindan también una protección importante para los operarios en cuanto a superficies calientes.

De esta forma las resistencias, compresores, controladores y demás equipos de refrigeración y calentamiento no se ven afectados por su trabajo, una aplicación clara sería la de un horno eléctrico el cual al estar correctamente aislado evita fugas de calor y puede mantener la temperatura en su interior ahorrando energía ya que la resistencia no debe prenderse constantemente, otro aspecto sería diseño y eficiencia. (Mario Trejo, 1982, p.87)

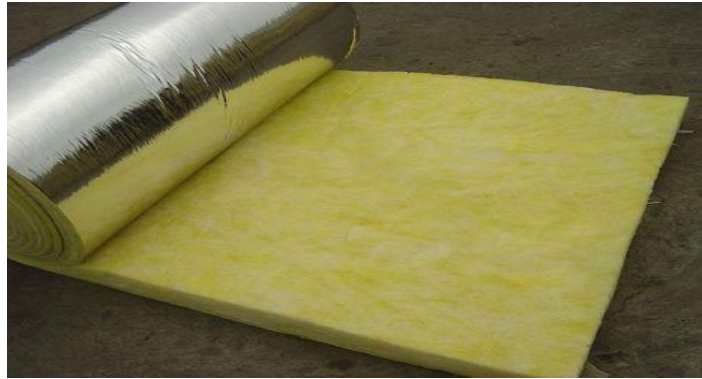
Podemos clasificar los aislantes térmicos de la siguiente manera:

- Constitución del material.
- Temperatura de uso.

2.6.2.1 Constitución del material. La constitución del material es muy importante en los aislamientos térmicos ya que según esta característica el material es de alta o baja calidad pueden ser de los siguientes tipos.

a) Materiales fibrosos. Consiste en el procesamiento de la materia prima orgánica o inorgánica mediante la fundición para obtener fibras delgadas las cuales serán usadas directamente en el aislamiento, o pueden complementarse usando resinas especiales que compactaran las fibras en las paredes de las construcciones o máquinas, poseen un coeficiente de conductividad térmica alto por lo tanto son más baratos y accesibles, podemos encontrar en esta lista a la lana de roca, vidrio y madera.

Figura 17. Lana de vidrio



Fuente: (Arquigrafico, 2013)

b) Materiales celulares. Son materiales que poseen un sin número de celdas o partes entrelazadas del mismo tamaño formando su estructura, tienen su origen en la unión de dos componentes uno de origen hidroxilo (HO) y otro del origen de los isocianatos (NCO), los cuales al juntarse crean una reacción química de expansión sin control, podemos encontrar en esta lista al poliuretano expandido, espumas de hule y plásticos expandidos.

Figura 18. Poliuretano expandido



Fuente: (Ecuafom, 2015)

c) Materiales reflectores. Se denominan así ya que su principal característica es evitar que el calor generado sea absorbido por el ambiente circundante, reflejándolo en el interior de la máquina logrando de esta manera un excelente ahorro energético, esta característica se encuentra presente en metales y aleación que contengan aluminio, bronce, cromo, oro y níquel entre otros, dependiendo del material, dicha propiedad

disminuye con el óxido, haciendo del aluminio el único material que conserva su propiedad reflectante un oxidado.

Figura 19. Lamina de aluminio



Fuente: (PanderNco, 2014)

2.6.2.2 Temperatura de uso. La temperatura es una variable muy importante el momento de escoger el tipo de aislante que se usará, la misma que estará determinada por la función para la cual fue diseñada la máquina, a continuación se muestran dos imágenes en las que se recomienda el uso de aislantes para temperaturas altas y bajas.

Figura 20. Materiales aislantes recomendados para temperaturas altas

Temp. máxima F	Material	Densidad lb/pie ³	Conductividad Térmica BTU/hr pie ² F/pulg
2,300	Fibras sílico-aluminosos	3 - 12	0.31 a 300 F; 0.82 a 1000 F
1,900	Tierra diatomácea	24	0.67 a 300 F; 0.75 a 1000 F
1,800	Lana mineral (roca, escorias)	16 - 24	0.59 a 400 F; 0.75 a 1000 F
1,600	Perlita	4 - 10	0.33 a 0 F; 1.13 a 1000 F
1,200	Silicato de calcio	11 - 13	0.42 a 300 F; 0.60 a 700 F
1,200	Amosita (sin aglutinante)	15 - 18	0.37 a 200 F; 0.92 a 900 F
1,000	Lana de vidrio (sin aglutinante)	4 - 5	0.35 a 300 F; 0.71 a 800 F
800	Vidrio celular	9 - 18	0.55 a 300 F; 1.04 a 800 F
600	Magnesia al 85%	11 - 12	0.44 a 300 F; 0.46 a 400 F
400	Lana de vidrio (con aglutinante)	0.5 - 3	0.35 a 300 F

Fuente: (Elliot, y otros, 1969)

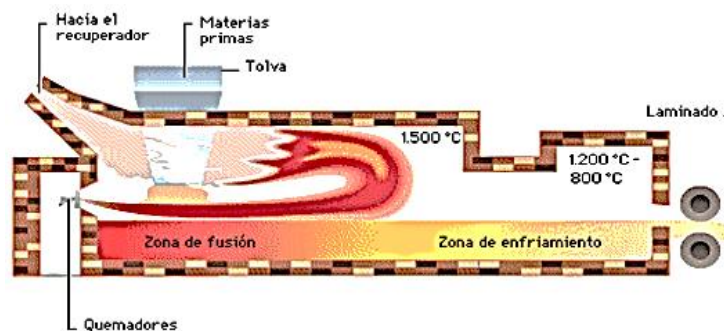
Figura 21. Materiales aislantes recomendados para temperaturas bajas

Temperatura F	Material	Densidad lb/pie ³	Conductividad Térmica BTU/hr pie ² F/pulg
-275 a + 210	Plásticos Espumados: Poliuretano	1.8 - 2.2	0.09 a -200 F; 0.17 a 100 F
-200 a + 175	Policistireno	1.0 - 4.0	0.26 a 40 F; 0.28 a 75 F
- 40 a + 250	Fenólico	0.3 - 5.0	0.20 a 70 F; 0.24 a 250 F
- 40 a + 160	Policloruro de vinilo	4.5 a 26	0.26 a 75 F
- 50 a +1600	Sílice expandida (perlita)	4.0 a 10	0.33 a 0 F; 0.35 a 75 F
-400 a + 800	Vidrio celular	9 a 18	0.36 a 25 F; 0.42 a 100 F
-250 a +1800	Lana Mineral	0.5 a 10	0.27 a 25 F; 0.30 a 100 F
-300 a + 180	Corcho	7 a 16	0.26 a 25 F; 0.29 a 100 F

Fuente: (Elliot, y otros, 1969)

2.6.3 Vidrio templado. El vidrio se forma en gran parte por la combinación de sílices y fosfatos, los mismos que son fundidos con temperaturas superiores a 1500 °C transformándolos en líquido, ha desempeñado un papel muy importante desde su aparición en el 2000 A.C. usado en recipientes, decoración, joyas y debido a su baja dilatación frente a temperaturas elevadas es muy utilizado en recipientes de laboratorio y lentes para telescopios, la elevada versatilidad del vidrio y su aplicación en maquinaria industrial y vehículos a obligado la implantación de normas de seguridad en cuanto a su uso, creando un derivado llamado vidrio templado el cual se lo obtiene mediante tratamientos térmicos o químicos logrando así ingresar tensiones superficiales de compresión, obteniéndolo mediante el calentamiento del vidrio a temperaturas superiores a las de transición vítrea y menores a las de ablandamiento posteriormente se lo enfría rápidamente con chorros de aire o agua. (EICHLER, 1978)

Figura 22. Obtención del vidrio por laminado



Fuente: (AGUILAR ROMO, 2001)

2.6.4 Control automático. En la industria mundial existen un sin número de procesos que al no ser realizados por personas estos tienen que ser hechos por máquinas

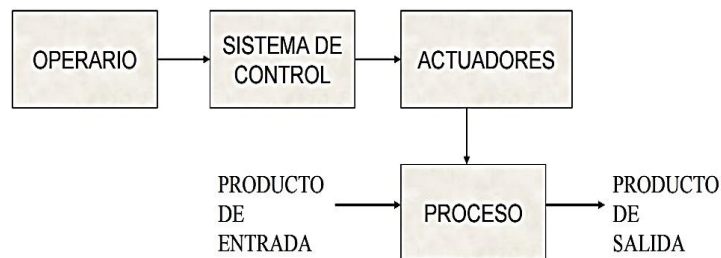
especializadas concebidas para dicha función, las mismas que al realizar trabajos repetitivos no podían ser monitoreadas constantemente por lo que se requiere del control automático para registrar las variables que presente dichos trabajos como por ejemplo la temperatura, humedad, presión, flujo entre otras logrando así conocer los valores de cada una de ellas para compararlas con datos previamente establecidos llegando al equilibrio y buen funcionamiento de la máquina.

El control automático se lo puede realizar de dos formas:

- Control por lazo abierto
- Control por lazo cerrado

2.6.4.1 Control por lazo abierto. Un sistema de control por lazo abierto agrupa elementos para lograr un objetivo determinado, mediante funciones de evento o tiempo consigue proporcionar una variable clara en la salida, la misma que no se compara de ninguna manera con el valor de referencia, evitando así cualquier efecto de control, el éxito del sistema radica específicamente en la calibración exacta que posea el controlador ya que si se presentan perturbaciones cerca del mismo su funcionamiento se verá claramente afectado.

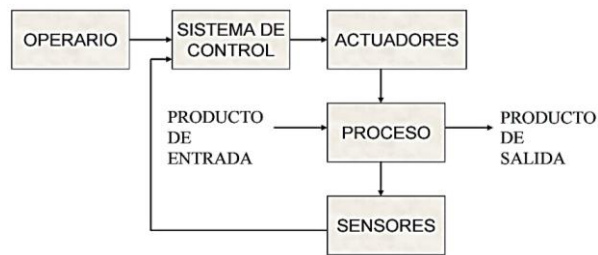
Figura 23. Lazo abierto de regulación



Fuente: (HARPER, 2000)

2.6.4.2 Control por lazo cerrado. El sistema de control por lazo cerrado posee un aumento en los componentes que el anterior (sensores), la diferencia entre los sistemas es la retroalimentación proveniente de los sensores como variable de salida enfrenta al valor de referencia requerido por el proceso, logrando la comparación de estas cantidades se arrojará una diferencia clara la misma que será aprovechada como medio de control manteniendo la salida constante sin importar los cambios que se presenten en las condiciones de operación.

Figura 24. Lazo cerrado de regulación

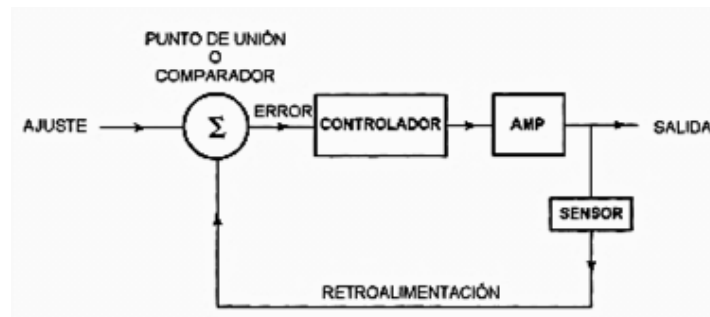


Fuente: (HARPER, 2000)

2.6.4.3 Componentes que intervienen en un sistema de control. En la industria todo sistema de control sea grande o pequeño tendrá los mismos componentes básicos en su estructura, independientemente del proceso que se esté realizando o los actuadores que intervienen en el, dichos componentes son:

- Comparador.
- Controlador.
- Elemento de control.
- Elemento de medición.

Figura 25. Diagrama de bloque de un sistema de control.



Fuente: (HARPER, 2000)

a) *Comparador.* Conocido por ser el primer punto del sistema donde las especificaciones ingresadas por el usuario mediante los elementos numéricos presentes en el panel de control y los datos arrojados por los sensores son comparados, para poder obtener una diferencia entre los valores fijados y los valores medidos en el proceso, gracias a que sus valores ingresan con signos contrarios se logra establecer la desviación que se busca corregir.

b) *Controlador.* Es un elemento primordial en el circuito de control, recibiendo la señal del comparador logra acondicionarla para determinar el comportamiento que se dará al

actuador indistintamente del tipo o clase que sea este, corrigiendo los errores que se presenten con las variables medidas en la salida gracias a la referencia del valor fijado para el sistema.

c) Elemento de control. Conocido en cualquier circuito de control como actuador, pudiendo ser de carácter mecánico o electrónico es el encargado de proporcionar una acción directa o indirecta dirigida a otro elemento para ponerlo en funcionamiento haciendo uso de una fuerza, la cual puede ser hidráulica, neumática, magnética, eólica o electro motriz.

d) Elemento de medición. Conocidos en cualquier circuito de control como transductores los mismos que se encargan de transformar las diferentes clases de magnitudes físicas en señales cuantificables, en su constitución encontramos un sensor el cual transforma la señal física en un impulso eléctrico, un filtro para el tratamiento y adaptación de la señal según las necesidades y por ultimo amplificadores que se encargara de transmitir la señal a los elementos de control.

2.6.4.4 Variables a controlar. Debido a la extensa gama de sensores y controladores existentes en el mercado usados para medir un sin número de variables físicas, no es un problema poder controlar cualquiera de ellas, haciendo este tema muy extenso por lo que nos centraremos en las siguientes:

- Control de temperatura.
- Control de Humedad.

a) Control de temperatura. La temperatura es un fenómeno físico el cual se usa en muchos procesos para la elaboración de productos terminados, por lo que las industrias se han visto en la necesidad de automatizar dichos procesos los cuales obtienen el valor de temperatura medido del ambiente a través de sensores, los mismos que enviaran dicha señal a un controlador el cual mediante comparaciones con valores previamente establecidos determinara si es necesario accionar o no el sistema encargado de aumentar o disminuir la temperatura.

b) Control de humedad. En la actualidad las grandes empresas que dependen exclusivamente de invernaderos o cuartos de acondicionamiento incorporan tecnologías que optimizan sus recursos mejorando de esta forma la producción, mediante sensores

implantados en el terreno se establece con exactitud la cantidad de humedad presente, logrando determinar el momento ideal para realizar el riego del mismo, por otro lado los sensores en las cámaras de acondicionamiento son utilizados para garantizar la conservación de los productos por largos periodos de tiempo, en ambos casos los sensores emiten señales eléctricas hacia un controlador el cual compara la señal de entrada con un valor previamente establecido determinando si la humedad es la adecuada, de lo contrario se accionará el sistema que controla esa característica.

2.7 Normas a estudiar

La construcción de la cámara de acondicionamiento se la realizará utilizando como principal guía, el estudio detenido de las normas nacionales e internacionales que hacen referencia al ensayo de inflamabilidad en los materiales puestos a continuación, las mismas que nos darán los valores exactos tanto de temperatura como de humedad relativa destinada a dicho proceso durante su fase de acondicionamiento, logrando de esta forma encontrar la mayor parte de sus diferencias y similitudes.

A continuación se muestra la aplicación de la norma, su contenido y el punto específico que habla sobre el índice de llama en los materiales, proporcionando el valor máximo permitido en cada una de ellas.

Tabla 6. Comparación entre normas para el índice de llama

NORMA	RESUMEN	CONTENIDO	ESPECIFICACIÓN
ISO 3795 :1989	Evalúa el comportamiento al fuego de los materiales para el recubrimiento interno de los vehículos, se basa en la suposición de que un incendio es poco probable que ocurra cuando la velocidad de combustión del material interior bajo la acción de una pequeña llama es cero o muy pequeña. (ISO-3795, 1989)	Principios y definiciones. Aparato. Muestras. Condiciones. Cálculos. Reportes.	En la sección 8 cálculos, especifica la forma de como determinar el índice máximo de llama $B = \frac{s}{t} \times 60$ Haciendo referencia a la norma US FMVSS 302 con un índice máximo de 100mm/min.

Fuente: Autor.

Tabla 6. (Continua) Comparación entre normas para el índice de llama

<p>RTE INEN 041:2013</p>	<p>Establece los requisitos que deben cumplir los vehículos para el transporte escolar de pasajeros, con la finalidad de proteger la vida y la seguridad de las personas, el ambiente y la propiedad, prevenir prácticas engañosas que puedan inducir error a los fabricantes o usuarios. (INEN-041, 2013)</p>	<p>Descripción de los componentes del vehículo. Especificaciones del motor. Sistemas complementarios y dimensiones. Seguridad.</p>	<p>En la sección 5.3.7 especificaciones de la carrocería se detalla claramente que los materiales para recubrimiento interno deben tener un índice de llama máximo de 250 mm/min.</p>
<p>RTE INEN 043:2015</p>	<p>Establece los requisitos que deben cumplir los vehículos de transporte público de pasajeros, interprovincial con la finalidad de proteger la vida y la seguridad de las personas. (INEN-043, 2015)</p>	<p>Campo de aplicación. Definiciones. Clasificación. Requisitos. Ensayos. Referencias.</p>	<p>En la sección 5.2.11.d aislante y revestimiento interno se detalla claramente que los materiales para recubrimiento interno deben tener un índice de llama máximo de 250mm/min.</p>
<p>NTE INEN 2205: 2015</p>	<p>Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el bus urbano, de tal manera que proporcione un adecuado nivel de seguridad y comodidad al usuario. (INEN-2205, 2015)</p>	<p>Definiciones. Clasificación. Requisitos. Ensayos. Anexo.</p>	<p>En la sección 5.1.2.7.d elementos de seguridad y control se detalla claramente que los materiales para recubrimiento interno deben tener un índice de llama máximo de 250 mm/min.</p>

Fuente: Autor.

Tabla 6. (Continua) Comparación entre normas para el índice de llama

<p>NTE INEN 1668: 2015</p>	<p>Establece los requisitos que deben cumplir los vehículos de transporte público de pasajeros con la finalidad de proteger la vida y la seguridad de las personas. (INEN-1668, 2015)</p>	<p>Definiciones. Clasificación. Requisitos. Ensayos. Anexo</p>	<p>En la sección 5.9.2 elementos de seguridad y control se detalla claramente que los materiales para recubrimiento interno deben tener un índice de llama máximo 100 mm/min.</p>
<p>US FMVSS 302:1991</p>	<p>Esta norma nos da las referencias adecuadas para realizar de la mejor manera el ensayo de inflamabilidad, así como el método de calcular el índice mediante formula. (US-FMVSS-302, 1991)</p>	<p>Aplicaciones Requerimientos Seguridad Datos de la prueba Calibraciones de instrumentos</p>	<p>En el párrafo principal se establece que el índice máximo será de 100mm/min</p>

Fuente: Autor.

Dentro del análisis realizado las normas que se estudiarán para el proyecto, especifican que los materiales usados en el recubrimiento interno de los vehículos deben tener un índice bajo de llama o a su vez tener la capacidad de auto extinguirse.

Las especificaciones nos muestran que las primeras tres normas nacionales coinciden en el índice máximo establecido para los materiales de 250 mm/min, mientras que la cuarta norma nacional coincide con el índice máximo establecido de 100mm/min haciendo referencia la norma ISO 3795:1989, estableciendo dicho índice por formula:

$$B = \frac{S}{t} \times 60$$

Donde:

B = índice de llama, en mm/min

s = distancia quemada, en milímetros.

t = tiempo, en segundos.

El índice especificado por la norma ISO 3795:1989 es de 100 mm/min basándose en la referencia US FMVSS 302 la cual especifica la forma de realizar el procedimiento adecuado para el ensayo, creando así una confusión el momento de referirse a las normas nacionales con la internacional.

Ya que el equipo construido en el 2013 se lo realizó basándose en la norma internacional, la cámara de acondicionamiento también se la construirá tomando en cuenta las condiciones establecidas en la misma.

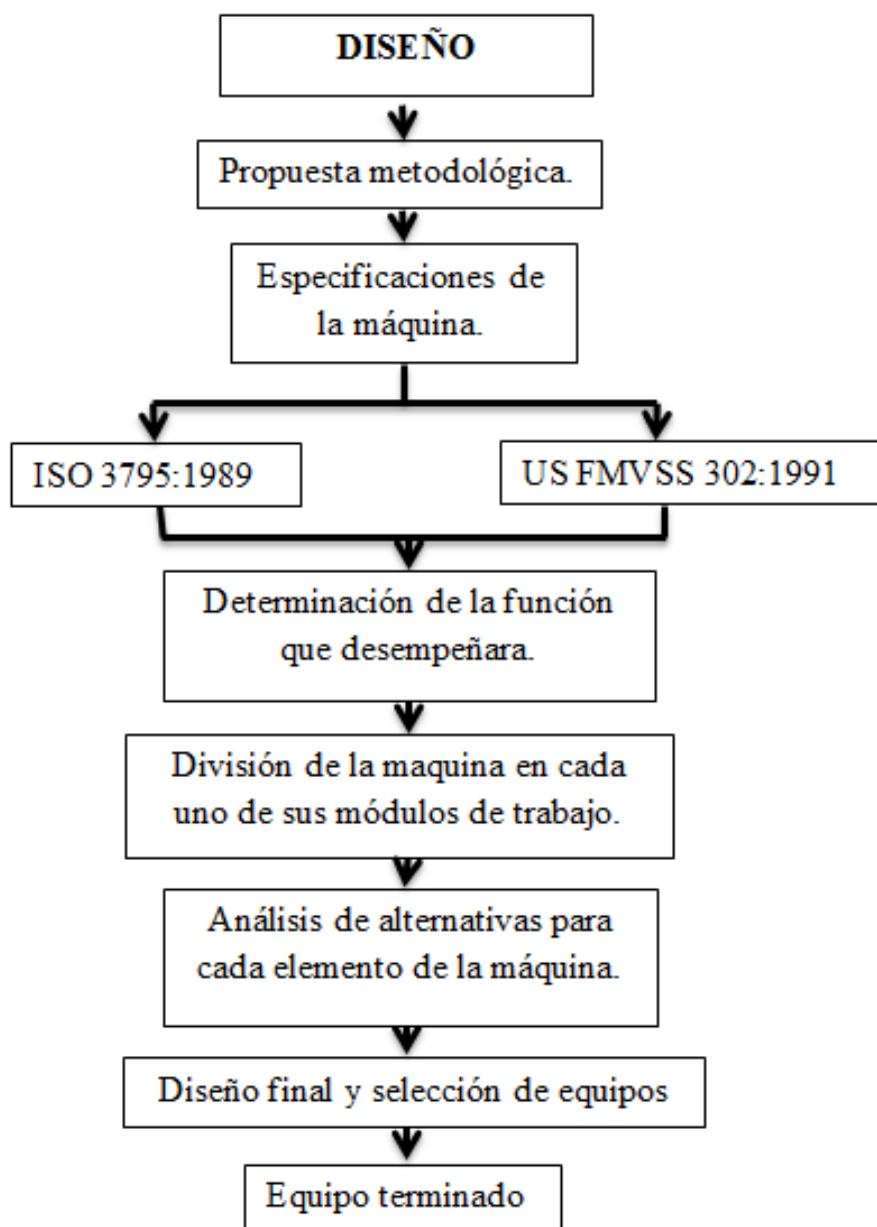
CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

3.1 Objetivo del capítulo

El objetivo del presente capítulo es dar a conocer los requerimientos y pasos técnicos necesarios que se usaron para el dimensionamiento, diseño y selección de equipos presentes en la cámara de acondicionamiento, así como los métodos y ecuaciones correspondientes a cada elemento.

3.2 Esquema del capítulo



3.3 Propuesta metodológica para el diseño

Las especificaciones presentes en este trabajo de titulación se guiarán mediante la metodología diseñada más apropiada para dicho proceso, utilizando recomendaciones y parámetros establecidos en libros y documentos electrónicos, garantizando el funcionamiento de cada uno de los elementos calculados, conteniendo los siguientes pasos:

- Las normas ISO 3795 y US FMVSS 302 serán las que especifican tanto la temperatura como la humedad para el interior de la cámara a la cual se someterá las probetas.
- Se determina el tipo de energía con la cual va a funcionar la cámara de acondicionamiento, escogiendo la mejor para ofrecer una eficiencia óptima.
- Las probetas que se introducirán serán de diferente material por lo que sus especificaciones y la geometría serán tomadas de las normas que se estudiarán, pudiendo así hallar las medidas que tendrá la cámara para alojar un máximo de 10 probetas a la vez.
- El ambiente en el que la cámara de acondicionamiento se encuentre dará la temperatura externa usada para los cálculos del aislante.
- La humedad que especifican las normas será usada para determinar el revestimiento interno y externo de la cámara evitando así que se creen puntos de corrosión en su interior por condensación, asegurando la vida útil del exterior de la máquina.
- Una vez determinada la temperatura y la humedad, con los valores se puede especificar el espesor y el tipo del aislante adecuado evitando fugas de calor haciendo el diseño lo más eficiente posible.
- Se dimensionarán los elementos mecánicos y eléctricos según referencias tomadas de las normas a utilizar y de recomendaciones externas tanto de libros como de expertos.
- El control de las variables antes mencionadas se lo realizará mediante un lazo cerrado para la temperatura y para la humedad asegurando así la precisión en las mismas.
- Obteniendo todos los aspectos antes mencionados se procede a determinar el modelo matemático, el cual nos ayudará en la comprensión del comportamiento y evaluará si la máquina funcionará de acuerdo a las especificaciones requeridas.

- Se procederá con la construcción.

3.4 Especificaciones técnicas para la cámara de acondicionamiento

Las características presentes en la cámara de acondicionamiento serán tomadas de acuerdo al criterio del diseñador en el caso de no estar presentes dentro de las normas ISO 3795:1989 y US-FMVSS 302, ya que la máquina para el ensayo de llama se la construyó con dichas normas asegurando la veracidad de los resultados.

3.4.1 Especificaciones tomadas según normas ISO 3795:1989 y US-FMVSS 302. Se usará las especificaciones de acuerdo a las normas ISO 3795:1989 y US-FMVSS 302 que expresan los valores de temperatura y humedad interior permitidos en la cámara de acondicionamiento el momento de realizarse el acondicionamiento los mismos estarán expresados en la siguiente tabla:

Tabla 7. Valores de temperatura y humedad según normas

NORMA	CONDICIONES DE LA PRUEBA
ISO 3795:1989	<p>El numeral 6.3 nos dice: Las muestras se conservarán durante al menos 24 h pero no más de 7 días bajo las siguientes características.</p> <p>Temperatura: 23 °C, ± 2 °C.</p> <p>Humedad Relativa: 50 %, ± 5%.</p> <p>Manteniéndose en estas condiciones hasta inmediatamente antes de la realizar el ensayo. (ISO-3795, 1989)</p>
US-FMVSS 302:1991	<p>El numeral 11 nos dice: A menos que se especifique lo contrario todas las pruebas y ensayos se llevaran a cabo bajo las siguientes condiciones ambientales.</p> <p>Temperatura: 21,1°C ± 12°C</p> <p>Humedad Relativa: 50%, +10%, -0% R.H.</p> <p>Presión Atmosférica: 28 a 32 in Hg ~ 1 atm</p> <p>El registro continuo de la temperatura ambiental y la humedad relativa de la zona de ensayo deberá estar disponible durante todas las pruebas. (US-FMVSS-302, 1991)</p>

Fuente: Autor.

Las normas estudiadas especifican los valores de las mismas variables:

- Temperatura.
- Humedad relativa.
- Presión atmosférica.

La norma US-FMVSS 302 presenta valores muy bajos referentes a la temperatura ya que está hecha para contemplar las cuatro estaciones del año, con lo que el invierno representaría la temperatura más baja en dicho rango en este caso no podemos considerarla para nuestro estudio, la norma ISO 3795:1989 presenta un rango de valores similares con respecto a la temperatura existentes en el Ecuador de acuerdo a nuestro clima, tomándola como referencia de las variables que manipularemos, los valores de humedad son similares en ambas normas, mientras que solo la norma US-FMVSS 302 exige un rango en la presión atmosférica por lo que se consultó el valor medio de la presión atmosférica existente en Riobamba el cual es 556,8 mm Hg aproximadamente 21,92 in Hg hallándose fuera del rango establecido, este valor fue tomado directamente en la estación meteorológica de la ESPOCH.

Las variables requeridas se mantendrán dentro de los siguientes rangos durante todo el tiempo de acondicionamiento de las probetas:

- Temperatura: 23 °C, ± 2 °C.
- Humedad relativa: 50 %, ± 5 %.
- Presión atmosférica: 21,92 in Hg.

Pudiendo acondicionarse durante un tiempo que no sea menor a 24h, sin superar los 7 días.

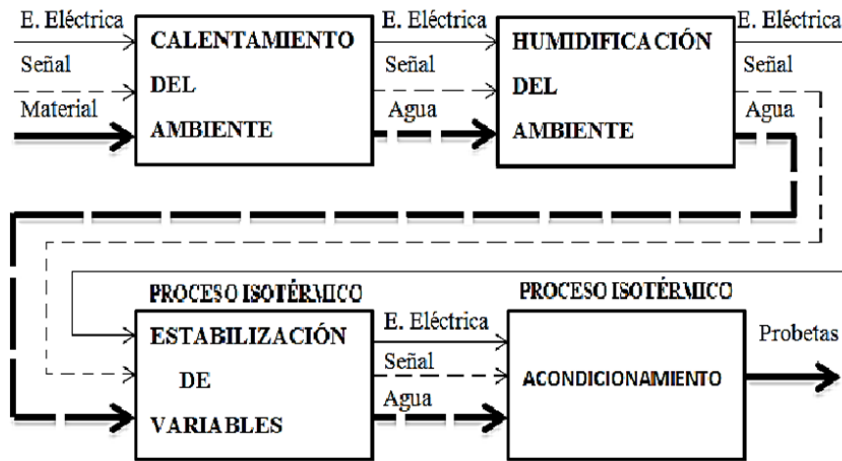
3.4.2 Funcionamiento de la cámara de acondicionamiento. La cámara de acondicionamiento permitirá representar un escenario similar en el cual estará un producto, el acondicionamiento que se realizará reproduce de forma artificial las condiciones de temperatura y humedad a las que los materiales usados en el revestimiento interno de los vehículos están sometidos durante su funcionamiento a lo largo de su vida útil.

Este proceso se lo lleva a cabo ya que los constructores de vehículos en general se ven en la necesidad de realizar ensayos previos en función de validar un producto nuevo

antes de su producción en serie, de esta manera se preverá el comportamiento del material en sus condiciones ambientales de uso y así predecir funcionamientos defectuosos una vez puestos en el mercado.

3.4.3 Funcionamiento modular. Toda máquina puede ser dividida en módulos de trabajo, los mismos que se encargan de una tarea específica y repetitiva, debido a esto cada módulo puede ser usado en diferentes sistemas o máquinas según su función, controlando así el proceso final para la obtención de un producto o materia prima procesada, a continuación se detalla el funcionamiento modular de una cámara de acondicionamiento.

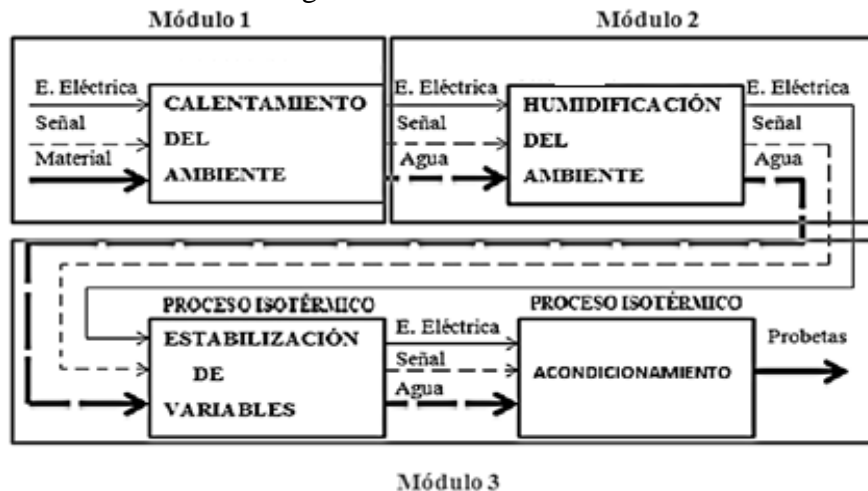
Figura 26. Funcionamiento modular



Fuente: Autor.

División de módulos:

Figura 27. División modular



Fuente: Autor.

3.5 Soluciones para cada módulo

Los módulos serán analizados individualmente, logrando estudiar diferentes formas de solución para cada requerimiento, consiguiendo determinar el más adecuado para el trabajo solicitado.

3.5.1 Módulo 1. Dentro del módulo uno se analizará los siguientes puntos:

- Energía usada para el accionamiento de la máquina.
- Materiales que se acondicionaran.
- Diseño de la estructura metálica.
- Diseño y selección de los elementos aislantes.
- Dimensionamiento de la estructura metálica exterior.
- Cálculo de la Potencia requerida.
- Dimensionamiento de la resistencia eléctrica.

3.5.1.1 Energía usada para el accionamiento de la máquina. La energía es la parte fundamental de la máquina ya que sin esta no puede realizar el trabajo para el cual fue diseñada, hoy en día debido a los grandes avances de la ciencia podemos contar con una variedad extensa en formas de energía las mismas que pueden o no ser renovables, a continuación hablaremos de las más comunes realizando un estudio para determinar las ventajas y desventajas en cada una de ellas encontrando la que mejor se adapte al proyecto.

Tabla 8. Comparación entre diferentes tipos de energías

TIPO DE ENERGÍA	DEFINICIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Solar	Forma de energía abundante y gratuita del planeta, es recogida directamente de la radiación emitida por el sol, aprovechada en un porcentaje muy bajo	Es renovable. No contamina. Inagotable. No usa combustible.	Gran extensión de terreno. Equipos costosos. Paneles solares deficientes.

Fuente: (IPCC, 2011)

Tabla 8. (Continua) Comparación entre diferentes tipos de energías

Eléctrica	Posee redes instaladas facilitando la llegada a los hogares, empresas e instituciones, se define como la diferencia de potencial entre dos puntos los cuales proporcionan una corriente eléctrica que aprovechan los electrodomésticos y máquinas para producir trabajo.	Fácil de distribuir. Independencia de redes. Flujo permanente. Costos bajos.	Difícil de almacenar. Mortal frente a una mala manipulación.
Química	Se define como la reacción química de dos o más elementos presentes, los mismos que producen una fuente de calor utilizada para producir movimiento o algún tipo de trabajo.	Variedad de derivados. Buen rendimiento.	Son contaminantes. Alto riesgo ecológico. Inestable.
Eólica	Es una energía que se encuentra en desarrollo ya que su eficacia depende de las corrientes de aire existentes en el lugar destinado para dichos equipos logrando transformarla en otro tipo de energía utilizable.	Es renovable. No contamina. Inagotable. No usa combustible.	Presencia permanente de aire. Equipos costosos y de gran tamaño. Mayor extensión de terreno usada para su montaje.

Fuente: (IPCC, 2011)

El análisis realizado en la tabla anterior nos ayuda a comprender de mejor manera con que energía podemos hacer funcionar la máquina ya que la ubicación, las características de los elementos que se diseñen y la autonomía de la misma estarán en base a dicha energía y al ser una máquina destinada a realizar ensayos su ubicación será dentro de un

laboratorio escogiendo la energía eléctrica como opción ideal ya que brinda las siguientes características:

- No produce contaminación.
- Presenta un flujo continuo.
- No requiere de combustibles.
- No requiere de equipos adicionales.
- Se encuentra presente en cualquier edificio.

3.5.1.2 Materiales que se acondicionarán. Debido a que en el mercado nacional existen varios materiales como recubrimiento interno para los vehículos se consultará las características térmicas de los materiales más usados.

a) *Poliamidas*: Sus características completas se presentan en el ANEXO A.

Figura 28. Propiedades de las Poliamidas

PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	53479	1.14
RESIST. A LA TRACC.FLUENCIA	Kg/cm ²	D-638	53455	450
RES. A LA COMPRESION (1 Y 2 % DEF)	Kg/cm ²	D-695	53454	150 / 280
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	53452	400
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	53453	NO ROMPE
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	53455	200
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	53457	14000
DUREZA	Shore D	D-2240	53505	72 - 76
COEF. DE ROCE ESTATICO S/ACERO		D-1894		0.31 A 0.54
COEF. DE ROCE DINAMICO S/ACERO		D-1894		0.27 A 0.43
PROPIEDADES TERMICAS				
UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES	
CALOR ESPECIFICO	Kcal/Kg.°C	C-351		0.4
TEMP. DE FLEX. B/CARGA (18.5Kg/cm ²)	°C	D-648	53461	70
TEMP. DE USO CONTINUO EN AIRE	°C			-40 A 90
TEMP. DE FUSION	°C			220
COEF. DE DILATACION LINEAL DE 23 A 100°C	por °C	D-696	52752	0.000105
	Kcal/m.h.°			
COEF. DE CONDUCCION TERMICA	C	C-177	52612	0.23

Fuente: (INDUSTRIAS-JQ, 1967)

b) *Policarbonato*. Sus características completas se presentan en el ANEXO B.

Figura 29. Propiedades del Policarbonato

PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	53479	1.2
RESIST. A LA TRACC.(FLEUENCIA / ROTURA)	Kg/cm ²	D-638	53455	650 / --
RES. A LA COMPRESION (1 Y 2 % DEF)	Kg/cm ²	D-695	53454	160 / 310
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	53452	900
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	53453	NO ROMPE
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	53455	80
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	53457	23000
DUREZA	Shore D	D-2240	53505	80 - 82
COEF. DE ROCE ESTATICO S/ACERO		D-1894		0.39
COEF. DE ROCE DINAMICO S/ACERO		D-1894		0.42
RES. AL DESGASTE POR ROCE				REGULAR
PROPIEDADES TERMICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CALOR ESPECIFICO	Kcal/Kg.°C	C-351		0.28
TEMP. DE FLEXION B/CARGA (18.5Kg/cm ²)	°C	D-648	53461	130
TEMP. DE USO CONTINUO EN AIRE	°C			- 60 a 120
TEMP. DE FUSION	°C			--
COEF. DE DILATACION LINEAL DE 23 A 100°C	por °C	D-696	52752	0.000065
COEF. DE CONDUCCION TERMICA	Kcal/m.h.°C	C-177	52612	0.18

Fuente: (INDUSTRIAS-JQ, 1967)

c) *Tereftalato de polietileno*: Sus características completas se presentan en el ANEXO C.

Figura 30. Propiedades del Tereftalato de polietileno

PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	53479	1.39
RESIST. A LA TRACC.(FLEUENCIA / ROTURA)	Kg/cm ²	D-638	53455	900 / --
RES. A LA COMPRESION (1 Y 2 % DEF)	Kg/cm ²	D-695	53454	260 / 480
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	53452	1450
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	53453	> 50
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	53455	15
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	53457	37000
DUREZA	Shore D	D-2240	53505	85 - 87
COEF. DE ROCE ESTATICO S/ACERO		D-1894		--
COEF. DE ROCE DINAMICO S/ACERO		D-1894		0.20
RES. AL DESGASTE POR ROCE				MUY BUENA
PROPIEDADES TERMICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CALOR ESPECIFICO	Kcal/Kg.°C	C-351		0.25
TEMP. DE FLEXION B/CARGA (18.5Kg/cm ²)	°C	D-648	53461	75
TEMP. DE USO CONTINUO EN AIRE	°C			-20 a 110
TEMP. DE FUSION	°C			255
COEF. DE DILATACION LINEAL DE 23 A 100°C	por °C	D-696	52752	0.00008
COEF. DE CONDUCCION TERMICA	Kcal/m.h.°C	C-177	52612	0.25

Fuente: (INDUSTRIAS-JQ, 1967)

d) *Cloruro de polivinilo*: Sus características completas se presentan en el ANEXO D.

Figura 31. Propiedades del Cloruro de polivinilo

PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	53479	1.45
RESIST. A LA TRACC.(FLUENCIA / ROTURA)	Kg/cm ²	D-638	53455	550 / --
RES. A LA COMPRESION (1 Y 2 % DEF)	Kg/cm ²	D-695	53454	170 / 300
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	53452	700
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	53453	NO ROMPE
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	53455	> 20
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	53457	31000
DUREZA	Shore D	D-2240	53505	80 - 83
COEF. DE ROCE ESTATICO S/ACERO		D-1894		--
COEF. DE ROCE DINAMICO S/ACERO		D-1894		--
RES. AL DESGASTE POR ROCE				MALA
PROPIEDADES TERMICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CALOR ESPECIFICO	Kcal/Kg.°C	C-351		0.28
TEMP. DE FLEXION B/CARGA (18.5Kg/cm ²)	°C	D-648	53461	55
TEMP. DE USO CONTINUO EN AIRE	°C			-15 a 60
TEMP. DE FUSION	°C			150
COEF. DE DILATACION LINEAL DE 23 A 100°C	por °C	D-696	52752	0.00011
COEF. DE CONDUCCION TERMICA	Kcal/m.h.°C	C-177	52612	0.22

Fuente: (INDUSTRIAS-JQ, 1967)

e) *Silicona*: Sus características completas se presentan en el ANEXO E.

Figura 32. Propiedades de la Silicona

Propiedades Físicas

Densidad (g cm ⁻³)	1,1 - 1,5
Resistencia a la Radiación	Mala

Propiedades Térmicas

Calor Especifico (J K ⁻¹ kg ⁻¹)	1300 - 1500
Coefficiente de Expansión Térmica (x10 ⁻⁶ K ⁻¹)	250-300
Conductividad Térmica a 23C (W m ⁻¹ K ⁻¹)	0,22
Temperatura Máxima de Utilización (C)	200-260
Temperatura Mínima de Utilización (C)	-70 a -50

Fuente: (GOODFELLOW, 2008)

f) Algodón: Sus características y la de otros materiales se presentan en el ANEXO F.

Figura 33. Propiedades del Algodón.

Tabla A.3 Continuación

Otros materiales

Descripción/ composición	Temperatura (K)	Densidad ρ (kg/m ³)	Conductividad térmica, k (W/m · K)	Calor específico, c_p (J/kg · K)
Arcilla	300	1460	1.3	880
Carbón, antracita	300	1350	0.26	1260
Concreto (piedra mezclada)	300	2300	1.4	880
Algodón	300	80	0.06	1300
Productos alimenticios				
Plátano (75.7% de contenido de agua)	300	980	0.481	3350
Manzana, roja (75% de contenido de agua)	300	840	0.513	3600
Pan, batido	300	720	0.223	—
Pan, completamente horneado	300	280	0.121	—
Carne de pollo, blanca (74.4% de contenido de agua)	198 233	—	1.60 1.49	—
	253		1.35	

Fuente: (INCROPERA, y otros, 1999)

g) Cuero: Sus características y la de otros materiales se presentan en el ANEXO G.

Figura 34. Propiedades del Cuero

Otros materiales

Descripción/ composición	Temperatura (K)	Densidad ρ (kg/m ³)	Conductividad térmica, k (W/m · K)	Calor específico, c_p (J/kg · K)
Vidrio				
Plata (cal de sosa)	300	2500	1.4	750
Pyrex	300	2225	1.4	835
Hielo	273 253	920 —	1.88 2.03	2040 1945
Cuero	300	998	0.159	—
Papel	300	930	0.180	1340
Parafina	300	900	0.240	2890
Roca				
Granito, Barre	300	2630	2.79	775
Caliza, Salem	300	2320	2.15	810
Mármol, Halston	300	2680	2.80	830
Cuarcita, Sioux	300	2640	5.38	1105
Arenisca, Berea	300	2150	2.90	745

Fuente: (INCROPERA, y otros, 1999)

Las características que se usarán de los materiales consultados son la densidad, conductividad térmica y calor específico, encontrándose señalados cada uno de ellos en la figura correspondiente, dichos valores serán tomadas como referencia para el diseño de la cámara de acondicionamiento con las siguientes unidades:

Tabla 9. Unidades de las variables para los materiales a utilizar

VARIABLE	SÍMBOLO	UNIDADES
Densidad	ρ	$\frac{Kg}{m^3}$
Conductividad térmica	k	$\frac{Kcal}{h m ^\circ C}$
Calor específico	C_p	$\frac{Kcal}{Kg ^\circ C}$

Fuente: Autor

En el caso que las variables no se encuentren en las unidades requeridas se deberá realizar y presentar la conversión usada.

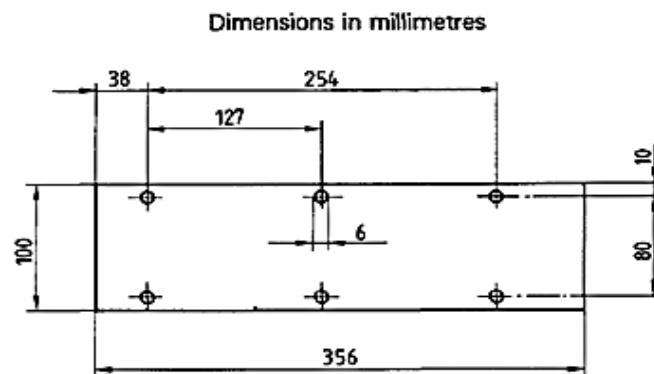
3.5.1.3 Diseño de la estructura metálica. Es una de las partes fundamentales de la máquina ya que será el lugar en el que se encuentren todos los sistemas y circuitos necesarios para el funcionamiento de la misma, se determinará las dimensiones adecuadas, material a utilizar y demás características, partiendo desde la información básica que se conoce como es el tamaño de las probetas y las condiciones internas que se deberá mantener.

a) *Dimensionamiento de la cámara interior.* La cámara interior será la encargada de alojar las muestras durante todo el tiempo de acondicionamiento por lo que se dimensionará dependiendo del número y tamaño especificado en la norma ISO 3795-1989, sin dejar de lado el criterio del diseñador, logrando la mayor eficiencia posible durante el proceso.

La norma ISO 3795-1989 menciona las dimensiones para las probetas a utilizar en el numeral 6.1 estipulando lo siguiente.

Numeral 6.1 Las dimensiones serán las especificadas en la figura correspondiente a largo y ancho, con el espesor propio del material sin superar los 13mm, manteniéndolo constante en toda la muestra, cuando la dirección de las fibras no pueda probarse a lo largo se lo ara a lo ancho, oponiéndose al sentido de las mismas, las muestras que no puedan cumplir con los requerimientos mínimos no se podrán poner a prueba. (ISO-3795, 1989)

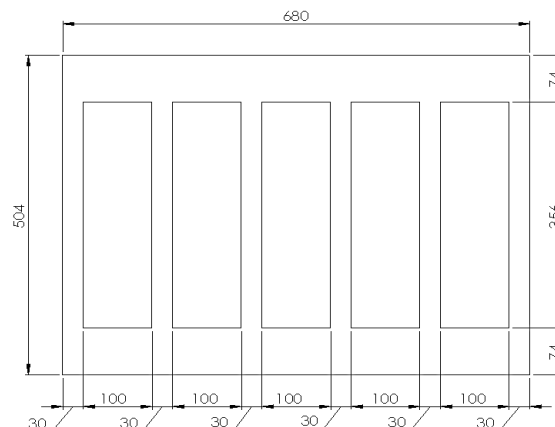
Figura 35. Dimensiones de la probeta para acondicionar



Fuente: (ISO-3795, 1989)

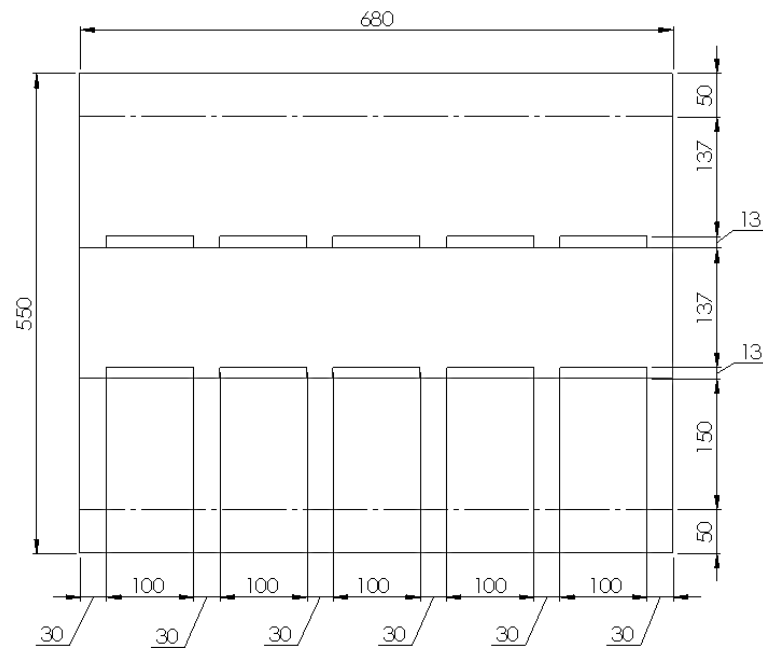
Como la norma ISO 3795-1989 menciona que no se acondicionarán menos de cinco especímenes para cada material, se tomará como referencia un valor de diez probetas pudiendo acondicionar dos grupos de probetas al mismo tiempo logrando una mayor eficiencia en el caso de tener diferentes materiales, las probetas se encontrarán acomodadas de la siguiente manera según criterio del diseñador las medidas se presentan en milímetros.

Figura 36. Vista Superior (VS) para la ubicación de las probetas



Fuente: Autor

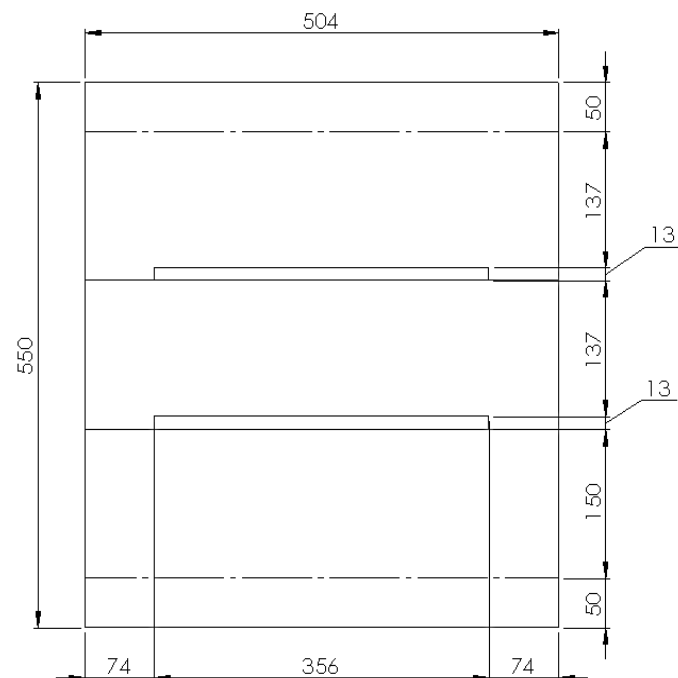
Figura 37. Vista Frontal (VF) para la ubicación de las probetas



Fuente: Autor

Nota: Los 50mm extra en la parte superior e inferior se destinará para colocar el ventilador y el sistema de calentamiento y humidificación del ambiente.

Figura 38. Vista Lateral (VL) para la ubicación de las probetas



Fuente: Autor

Las medidas propuestas en las figuras serán utilizadas para la cámara interior logrando ubicar de forma adecuada las probetas evitando que se agrupen entre ellas, permitiendo también que el aire fluya por los espacios acondicionando todas las superficies.

b) Material usado para la cámara interna. La elección del material es muy importante ya que de eso dependerá la vida útil y el mantenimiento que requiera la máquina, se lo seleccionará dependiendo de las condiciones ambientales a las que este expuesta, por lo tanto la norma ISO 3795-1989 específica que en el interior de la cámara de acondicionamiento se debe tener una temperatura de 23 °C, ± 2 °C y una humedad relativa de 50 %, ± 5 % considerándose como un ambiente altamente corrosivo por la presencia de agua condensada, debido a esto se escogió al acero inoxidable austenítico perteneciente a la familia 300.

El acero inoxidable austenítico 304-2B de grado alimenticio con un espesor de 1,2 mm es la mejor opción gracias a su aleación de cromo y níquel, presenta muy buenas características para la soldadura, pudiendo también permanecer en un ambiente con elevados niveles de corrosión y altos grados de temperatura haciéndolo apto para el trabajo continuo, posee las siguientes características principales, ver ANEXO H.

Figura 39. Propiedades del acero inoxidable 304

Composición	Punto de fusión (K)	Propiedades a 300 K			
		ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg · K)	k (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)
Acero puro	1810	7870	447	80.2	23.1
Aceros inoxidables					
AISI 302		8055	480	15.1	3.91
AISI 304	1670	7900	477	14.9	3.95
AISI 316		8238	468	13.4	3.48
AISI 347		7978	480	14.2	3.71

Fuente: (INCROPERA, y otros, 1999)

c) Material usado para la cámara externa. Al igual que la cámara interna el recubrimiento externo deberá estar en función de las condiciones ambientales presentes en el lugar que se encuentre, por lo tanto se ha considerado los valores de temperatura y

humedad promedio que presenta Riobamba a lo largo de todo el año según el INAMHI, determinando de esa manera el material que brinde las mejores prestaciones.

Riobamba se encuentra ubicado en el centro geográfico del Ecuador en la cordillera de los Andes por lo que su clima predominante es frío, presenta tan solo dos estaciones la seca y la lluviosa.

El INAMHI instituto encargado de la meteorología e hidrología posee una estación climática en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo la cual registra la temperatura, humedad relativa y otras variables climáticas en el ambiente, haciendo mucho más exactos los valores que se tomarán para los cálculos realizados, a continuación se presenta dichos valores.

Figura 40. Valores promedio de la temperatura y humedad relativa en Riobamba

M1036		RIOBAMBA POLITECNICA											
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)					
		ABSOLUTAS				MEDIAS							
		Máxima	dia	Mínima	dia	Máxima	Mínima	Mensual	Máxima	dia	Mínima	dia	Media
ENERO		23.6	27	2.0	30	20.8	7.2	13.9					69
FEBRERO				5.1	26	20.5	8.7	13.9	98	12	38	5	76
MARZO		23.0	3	1.5	3	21.5	6.9	14.1	96	6	31	5	68
ABRIL						20.0	8.8	13.7					79
MAYO						20.2	8.5	13.8					75
JUNIO						20.7	8.8	13.7	98	23	39	28	74
JULIO		22.8	31	2.6	20	19.4	7.6	12.8	96	1	41	31	75
AGOSTO						21.4	6.8	13.6					70
SEPTIEMBRE						20.9	7.4	13.4					72
OCTUBRE						22.9	7.8	14.7					61
NOVIEMBRE				3.0	21	22.6	8.1	14.5	96	10	23	21	69
DICIEMBRE				6.0	23	20.6	9.6	14.1					77
VALOR ANUAL						21.0	8.0	13.9					72

Fuente: (INAMHI, 2014)

Los valores seleccionados serán:

- Temperatura media = 13.9 °C
- Humedad relativa media = 72 %

De requerirse estos y otros valores pueden ser consultados directamente en el ANEXO I.

Las condiciones ambientales presentes en Riobamba a lo largo del año permitirán seleccionar un acero con resistencia menor a la corrosión, ya que el exterior de la cámara no estará en contacto directo con sustancias altamente corrosivas se puede proteger con un recubrimiento el cual actué como aislante frente al ambiente superficial.

La plancha de acero laminada al frío de tipo comercial con un espesor de 1,40 mm conocida también como acero al carbono es la elección ideal para construir la cámara exterior, gracias al bajo costo directamente relacionado con su resistencia media asegura un excelente comportamiento bajo tenciones comunes, posee también una gran capacidad para el conformado y buen acabado superficial, presenta la siguiente características:

Figura 41. Composición de la planche de acero laminada en frío

Composición	Punto de fusión (K)	Propiedades a 300 K			
		ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg · K)	k (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)
Acero puro	1810	7870	447	80.2	23.1
Aceros al carbón					
Carbón ordinario (Mn ≤ 1%, Si ≤ 0.1%)		7854	434	60.5	17.7
AISI 1010		7832	434	63.9	18.8
Carbón-silicio (Mn ≤ 1%, 0.1% < Si ≤ 0.6%)		7817	446	51.9	14.9
Carbón-manganeso-silicio		8131	434	41.0	11.6

Fuente: (INCROPERA, y otros, 1999)

3.5.1.4 Diseño y selección de los elementos aislantes. Una buena selección del elemento aislante es importante, ya que al no tener fugas de calor en la cámara el ahorro energético se incrementa.

a) *Selección del material aislante.* El valor presente para la temperatura en el interior de la cámara nos proporcionara un dato muy importante en la selección del aislante ya que

mientras más elevada sea la temperatura las pérdidas de calor por paredes techo y piso serán excesivas, debido a esto el aislante que se usará deberá tener un coeficiente de conductividad bajo proporcionando así estabilidad en el sistema.

Del mismo modo ocurrirá si la temperatura en el interior es muy baja el aislante deberá tener un coeficiente de conductividad bajo lo cual evitara que la temperatura exterior se filtre afectando el proceso que se esté llevando acabo.

En nuestro caso la temperatura interior supera la exterior por muy pocos grados por lo que una capa de aislante asegurara la eficiencia energética del sistema se escogerá entre los siguientes aislantes:

Tabla 10. Comparación entre aislamientos térmicos

AISLANTE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Lana de vidrio	Económica. Ligero. Fácil de instalar. Conductividad térmica media. Resistente a la humedad. No tiene químicos peligrosos.	Reduce su tamaño. Necesita un agente adhesivo. Produce urticaria. Irritación en los ojos. Conductividad
Poliuretano extruido	Liviano. Resistente a la humedad. Conductividad térmica baja. Fácil de moldear. Resiste ataques químicos.	Alto costo. Burbujas interiores. No es biodegradable. Contiene químicos peligrosos.

Fuente: Autor

Tanto la lana de vidrio como el poliuretano extruido son los aislamientos térmicos más usados, gracias a sus excelentes características y accesibilidad, el aislante que se usará en la cámara de acondicionamiento será el poliuretano extruido debido a su conductividad térmica tan baja lo convierte en el material ideal, logrando una eficiencia energética superior posee las siguientes características según la Norma (UNE-92120-2, 1998).

- Densidad. $\rho = 30 \text{ kg/m}^3$
- Conductividad térmica. $k = 0,022 \text{ W/m}^\circ\text{K}$
- Calor específico. $C_p = 0,42 \text{ Kcal/Kg. }^\circ\text{C}$

b) Calculo del espesor adecuado para el aislamiento térmico. El propósito principal del aislamiento térmico en nuestra cámara de acondicionamiento es controlar el flujo de temperatura hacia el exterior, evitando fugas excesivas en el sistema haciéndolo más eficiente, logrando que la resistencia eléctrica consuma menos energía trabajando por periodos de tiempo cortos.

Primero se especificaran algunos datos y cálculos necesarios para lograr determinar el espesor del aislante.

Variables ambientales requeridas. Se especificaran las condiciones internas del sistema durante el acondicionamiento según Norma (ISO-3795, 1989).

Datos:

- Temperatura interior. $T_i = 23 \text{ }^\circ\text{C} = 296,15 \text{ }^\circ\text{K}$
- Humedad relativa interior. $\Phi_i = 50 \%$

Variables ambientales presentes en Riobamba según INAMHI. (ANEXO I)

Datos:

- Temperatura exterior. $T_0 = 13,9 \text{ }^\circ\text{C} = 287,05 \text{ }^\circ\text{K}$
- Humedad relativa exterior. $\Phi_0 = 72 \%$

Tiempo de estabilización requerido para que el sistema llegue a los valores deseados.

Datos:

- Tiempo de estabilización. $T_0 = 30 \text{ min} = 0,5 \text{ h}$

Espesores y conductividad térmica de los aceros y el aislante.

Datos:

Plancha de acero laminada al frio de tipo comercial:

- Espesor $e_1 = 1,4 \text{ mm} = 0,0014 \text{ m}$
- Conductividad térmica. $k_1 = 60,5 \text{ W/m.}^\circ\text{K}$

Poliuretano extruido:

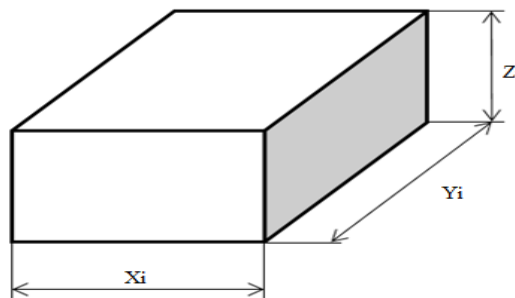
- Espesor $e_2 = \text{Incognita.}$
- Conductividad térmica. $k_2 = 0,022 \text{ W/m.}^\circ\text{K}$

Acero inoxidable 304:

- Espesor $e_3 = 1,2 \text{ mm} = 0,0012 \text{ m}$
- Conductividad térmica. $k_3 = 14,9 \text{ W/m.}^\circ\text{K}$

c) *Dimensiones internas que tendrá la cámara de acondicionamiento.* Se determinaron según el tamaño de los elementos usados para ventilación y calentamiento del ambiente, ubicados en la parte superior e inferior de la cámara, tomando también como elementos principales las medidas especificadas y el número de probetas que se ingresaran en ella obteniendo las siguientes especificaciones.

Figura 42. Esquema dimensional de la cámara interna



Fuente: Autor

Donde:

$$Xi = 680 \text{ mm} = 0,68 \text{ m}$$

$$Yi = 504 \text{ mm} = 0,504 \text{ m}$$

$$Zi = 550 \text{ mm} = 0,55 \text{ m}$$

d) *Selección del ventilador.* El aire que se encuentra presente en el interior de la cámara influirá en gran medida la transferencia de calor con el exterior, ya que este deberá estar en movimiento para lograr un descenso en la humedad relativa presentándose de forma artificial un ambiente con aire forzado por lo que se debe calcular los parámetros necesarios para escoger un ventilador apropiado.

Se deberá tener la temperatura interior de la cámara en grados Fahrenheit.

$$T_i = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$^\circ\text{F} = \frac{9}{5} \text{ } ^\circ\text{C} + 32 \quad (1)$$

$$^\circ\text{F} = \frac{9}{5} (23 \text{ } ^\circ\text{C}) + 32 = 73,4 \text{ } ^\circ\text{F} \approx 73 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Con el valor calculado ingresamos en la tabla siguiente para determinar el factor de elevación de temperatura.

Nota: escogemos el menor valor de CFM (pies cúbicos por minuto) junto con la temperatura calculada ya que el aire se encuentra en recirculación dentro de la cámara y no se necesitara una gran presión de empuje. (Méndez Altamirano, y otros, 2012)

Figura 43. Factor de elevación de temperatura

Amt. of Air CFM	Temperature Rise (°F)										
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
25	1,7	3,3	5	6,7	8,3	10	11,7	13,3	15	16,7	20
50	3,3	6,7	10	13,3	16,7	20	23,3	26,7	30	33,3	40
100	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60
200	6,7	13,3	20	26,7	33,3	40	46,7	53,3	60	66,7	80

Fuente: (Méndez Altamirano, y otros, 2012)

Ingresamos en la figura 43 con una temperatura de 73 °F y 25 CFM, como nuestro dato de temperatura no se encuentra especificado en la tabla se tendrá que realizar una interpolación hallando así el factor de elevación de temperatura.

Tabla 11. Datos para la interpolación

CFM	Temperatura (°F)	Factor de elevación de temperatura
25	50	1,7
	73,4	ET
	100	3,3

Fuente: Autor

Realizando la interpolación se tiene:

$$ET = 1,7 + \frac{3,3 - 1,7}{100 - 50} (73,4 - 50) \quad (2)$$

$$ET = 2,44 \text{ adimensional}$$

Con el factor encontrado se procede a determinar la potencia del ventilador que se usará con la siguiente formula:

$$W = \frac{(CFM)(ET)}{3} \quad (3)$$

Donde:

W = Potencia del motor, en vatios (w)

CFM = Pies cúbicos por minuto.

ET = Factor de elevación de temperatura, adimensional.

$$W = \frac{(25)(2,44)}{3}$$

$$W = \frac{61}{3} = 20,33 \text{ w}$$

La potencia requerida del ventilador será 20,33 w.

Se procederá a escoger entre un ventilador centrífugo o un ventilador axial dependiendo de las necesidades requeridas.

Tabla 12. Comparación entre ventiladores

Tipo	Descripción	Ventajas	Desventajas
Centrifugo	Son ventiladores usados para cambiar el flujo de aire 90° con respecto al flujo de entrada gracias a su carcasa en forma de caracol haciéndolo ideal para uso como extractor de aire.	Presiones de aire altas. Ventilación centralizada. Buen uso industrial.	Ruidoso. Necesitan gran espacio. Requiere transmisión para su movimiento.

Fuente: (Palau, y otros, 2015)

Tabla 12. (Continua) Comparación entre ventiladores

Axial	Son ventiladores en los que el flujo del aire sigue la dirección paralela al eje del motor, ideales para calefacción.	Mueven un gran caudal. Bajas presiones de aire. Tamaño reducido. Buen uso doméstico. Silenciosos.	Rendimiento medio.
-------	---	---	--------------------

Fuente: (Palau, y otros, 2015)

Según el análisis realizado, será seleccionado un ventilador de tipo axial, ideal para uso en recirculación de aire interior con las siguientes características:

- Marca: SUNON
- Modelo: SP100A
- Potencia: 22/20 w
- Voltaje: 115 V

Estas y otras características se pueden encontrar en el ANEXO J.

e) Determinación del ambiente convectivo. Se refiere principalmente a la velocidad del viento actual que se encuentra circundante tanto en el exterior como en el interior de la cámara, la misma que influirá en la transferencia de calor haciéndola rápida por el choque del aire en las paredes o lenta al no existir movimiento del mismo, pudiendo ser de carácter libre o forzada.

Convección libre: Se presenta únicamente por interacción térmica de los rayos solares que al evaporar el agua de un lago esta tiende a elevarse ya que es menos densa o al calentar la superficie terrestre esta transmite el calor al ambiente creando corrientes convectivas con velocidades muy bajas.

Convección forzada: Cuando además de la presencia térmica en el ambiente se usa elementos mecánicos para lograr velocidades del viento altas se presenta un forzamiento del mismo hechas específicamente por el hombre para que interactúe con superficies o espacios determinados.

La figura mostrada continuación nos ayudara a determinar los valores para el ambiente convectivo interior y el ambiente convectivo exterior según la velocidad del viento:

Figura 44. Ecuaciones para los coeficientes de convección

Equation	Limits	Condition	Remarks/Sources
$h_c = 8.3 V^{0.6}$	$0.2 < V < 4.0$	Seated with moving air	Mitchell (1974)
$h_c = 3.1$	$0 < V < 0.2$		
$h_c = 2.7 + 8.7 V^{0.67}$	$0.15 < V < 1.5$	Reclining with moving air	Colin and Houdas (1967)
$h_c = 5.1$	$0 < V < 0.15$		
$h_c = 8.6 V^{0.53}$	$0.5 < V < 2.0$	Walking in still air	V is walking speed (Nishi and Gagge 1970)
$h_c = 5.7 (M - 0.8)^{0.39}$	$1.1 < M < 3.0$	Active in still air	Gagge et al. (1976)
$h_c = 6.5 V^{0.39}$	$0.5 < V < 2.0$	Walking on treadmill in still air	V is treadmill speed (Nishi and Gagge 1970)
$h_c = 14.8 V^{0.69}$	$0.15 < V < 1.5$	Standing person in moving air	Developed from data presented by Seppenan et al. (1972)
$h_c = 4.0$	$0 < V < 0.15$		

Note: h_c in $W/(m^2 \cdot K)$, V in m/s , and M in met units, where 1 met = $58.2 W/m^2$.

Fuente: (Parsons, 1997)

Se usará la primera condición presente en la figura, la cual nos dice que el cuerpo en estudio se encuentra sentado y con movimiento de aire.

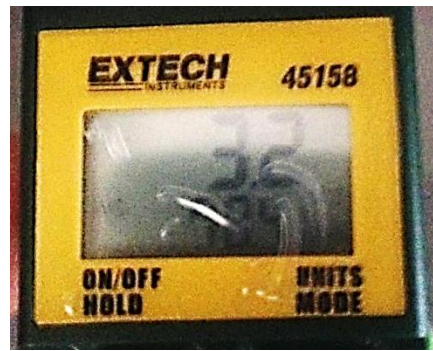
Como la máquina se encontrara dentro de un laboratorio con valores en la velocidad del viento relativamente bajos el ambiente convectivo externo será de tipo libre determinándolo de la siguiente forma.

Para velocidades del viento que varían entre $0 < V < 0,2$ donde V estar en m/s se tendrá un ambiente convectivo exterior de:

$$h_{co} = 3.1 W / (m^2 \text{ } ^\circ K) \quad (4)$$

Ya que se requiere la velocidad del aire emitida por el ventilador para los cálculos del ambiente convectivo interno y al no estar especificada en la hoja técnica del mismo se deberá utilizar un anemómetro para determinarla como se muestra a continuación:

Figura 45. Medición de la velocidad del viento



Fuente: Autor

Como podemos ver la imagen anterior la medición muestra que la velocidad del aire emitida por el ventilador es de $3,2 \text{ m/s}$ lo cual nos indica que el ambiente convectivo interior es de flujo forzado, determinándolo de la siguiente forma.

Para velocidades del viento que varían entre $0,2 < V < 4,0$ donde V estar en m/s se tendrá un ambiente convectivo interior de:

$$h_{ci} = 8,3 V^{0,6} \quad (5)$$

$$h_{ci} = (8,3)(3,2)^{0,6}$$

$$h_{ci} = 16,68 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K})$$

f) *Cálculos para el espesor del aislante.* El acondicionamiento que se llevara a cabo en la cámara estará sujeto a una temperatura interior pre establecida por lo que se requerirá de un aislamiento térmico imprescindible el cual evite pérdidas excesivas de calor hacia el exterior.

El material usado será poliuretano extruido que actuara no solo como aislante térmico sino también como capa protectora para la cámara interior, ante cualquier ataque químico presente fuera de ella.

Los requerimientos presentes en el interior de la cámara para el acondicionamiento de las probetas antes de realizar el ensayo de inflamabilidad de los materiales serán:

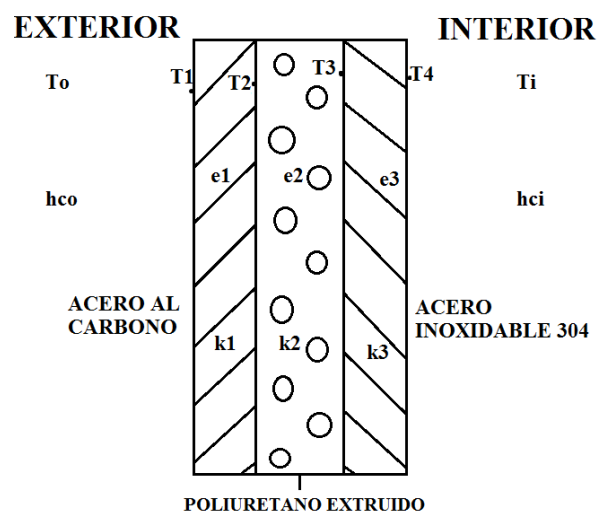
- Temperatura interior. $T_i = 23 \text{ }^\circ\text{C} = 296,15 \text{ }^\circ\text{K}$
- Humedad relativa interior. $\Phi_i = 50 \%$

Los requerimientos presentes en el exterior serán considerados según la ubicación geográfica del laboratorio en el que se encontrara la máquina, dándonos como promedio los siguientes valores.

- Temperatura exterior. $T_0 = 13,9\text{ }^{\circ}\text{C} = 287,05\text{ }^{\circ}\text{K}$
- Humedad relativa exterior. $\Phi_0 = 72\text{ }%$

En la siguiente figura se representaran las características de temperatura, humedad relativa y ambiente convectivo al que estarán sometidas las paredes de la cámara.

Figura 46. Variables presentes en las paredes de la cámara.



Fuente: Autor

Donde:

$T_0 = 13,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperatura presente en el exterior de la cámara

$h_{co} = 3,1\text{ } W/(m^2\text{ }^{\circ}\text{K})$ Coeficiente convectivo del exterior de la cámara

$T_1 = a\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperatura en la cara exterior del acero al carbono

$T_2 = b\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperatura en la cara exterior del poliuretano extruido

$T_3 = c\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperatura en la cara interna del poliuretano extruido

$T_4 = d\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperatura en la cara interior del acero inoxidable

$T_i = 23\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperatura presente en el interior de la cámara

$h_{ci} = 16,68\text{ } W/(m^2\text{ }^{\circ}\text{K})$ Coeficiente convectivo del interior de la cámara

$e_1 = 0,0014\text{ } m$ Espesor de la pares de acero al carbono

$e_2 = X\text{ } m$ Espesor de la pares de poliuretano extruido

- $e_3 = 0,0012 \text{ m}$ Espesor de la pares de acero inoxidable
 $k_1 = 60,5 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{K})$ Conductividad del acero al carbono
 $k_2 = 0,022 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{K})$ Conductividad del poliuretano extruido
 $k_3 = 14,9 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{K})$ Conductividad del acero inoxidable

La pares de la cámara de acondicionamiento estará sometida a tres tipos diferentes de transferencia de calor los cuales son:

- Transferencia de calor por convección.
- Transferencia de calor por conducción.
- Transferencia de calor por radiación.

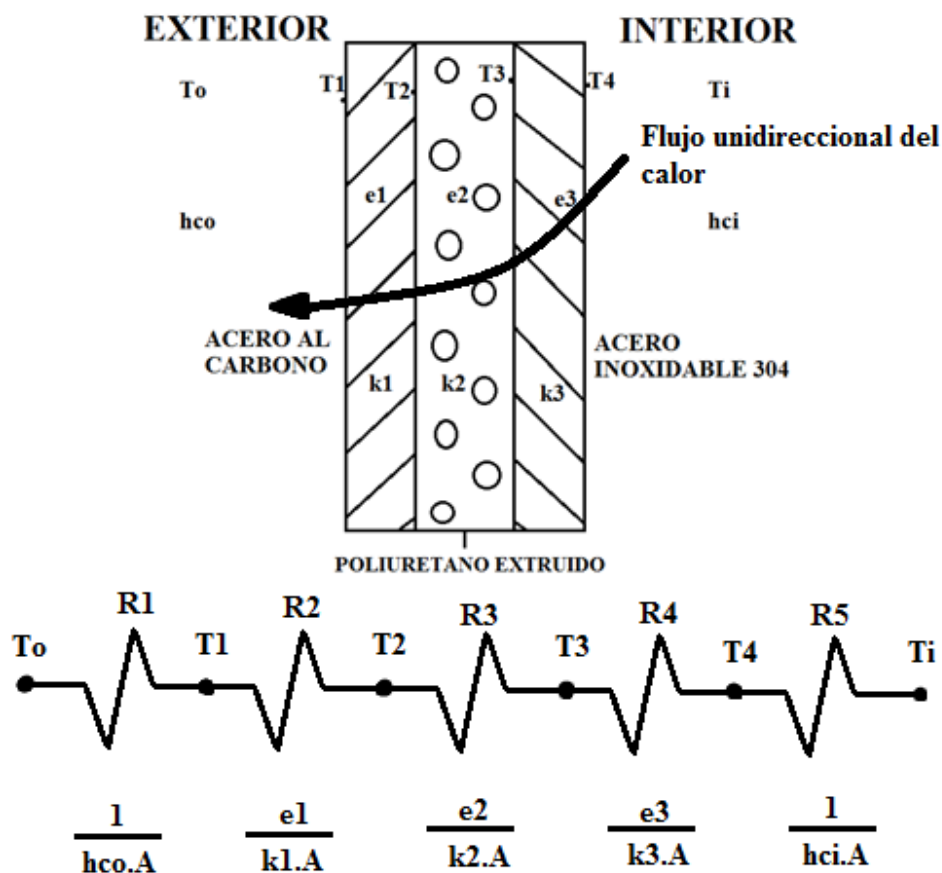
Tabla 13. Tipos de transferencia de calor.

Transferencia de calor.	Definición.
Convección	La convección es el proceso de transferencia de calor que interviene cuando entran en contacto un fluido y un sólido, como una placa de metal caliente se enfriara con mayor rapidez cuando se le coloque frente a un ventilador, que cuando se le exponga a un aire en reposo.
Conducción	La experiencia ha demostrado que cuando existe un gradiente de temperatura en un cuerpo sólido o compuesto por la unión de varios cuerpos, hay una transferencia de energía de la región de alta temperatura a la de baja temperatura.
Radiación	A diferencia de la conducción y convección, donde es necesario un medio material para la transferencia de calor, la radiación puede transferirse por el vacío mediante radiación electromagnética que es propagada como resultado de una diferencia de temperaturas llamándola radiación térmica.

Fuente: (HOLMAN, 1999)

Los datos encontrados anteriormente nos ayudaran para determinar el espesor adecuado del aislamiento térmico, se lo hará realizando una analogía a la ley de Ohm en circuitos eléctricos con respecto a las tres paredes de la cámara, ya que cada material representaría una resistencia térmica encontrándose en serie una a continuación de otra, hallándose presente también la transferencia de calor por convección en la superficie de las paredes externas e internas con el ambiente circundante y la transferencia de calor por conducción en la unión de las paredes que forman la cámara como muestra la imagen siguiente.

Figura 47. Resistencia térmica en las paredes de la cámara.



Fuente: Autor

Donde las resistencias térmicas por convección son:

$$R_1 = \frac{1}{h_{co} \cdot A} \quad (6)$$

$$R_5 = \frac{1}{h_{ci} \cdot A}$$

De las cuales se conocen todas las variables.

Y las resistencias térmicas por conducción son:

$$R_2 = \frac{e_1}{k_1 A} \quad (7)$$

$$R_3 = \frac{e_2}{k_2 A}$$

$$R_4 = \frac{e_3}{k_3 A}$$

De las cuales también se conocen las variables aceptó el espesor dos (e_2) siendo esa nuestra incógnita, lográndolo mediante el despeje en la ecuación usada para determinar el coeficiente de transferencia de calor total en paredes planas expuestas por ambos lados a fluidos con diferentes temperaturas, para nuestro caso se tendría una temperatura mayor en el interior de la cámara creando un flujo unidireccional hacia el exterior, llegando al siguiente despeje.

$$U = \frac{1}{(A) \sum RT} \quad (8)$$

Reemplazando los términos se tiene:

$$U = \frac{1}{A \cdot \left(\frac{1}{h_{co} A} + \frac{e_1}{k_1 A} + \frac{e_2}{k_2 A} + \frac{e_3}{k_3 A} + \frac{1}{h_{ci} A} \right)} \quad (9)$$

Sacando el área como factor común nos quedaría:

$$U = \frac{1}{\frac{A}{A} \left(\frac{1}{h_{co}} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \frac{1}{h_{ci}} \right)}$$

$$U = \frac{1}{\cancel{A} \left(\frac{1}{h_{co}} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \frac{1}{h_{ci}} \right)}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{co}} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \frac{1}{h_{ci}}}$$

Despejando el término e_2 se tiene:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{co}} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \frac{1}{h_{ci}}}$$

$$\frac{1}{h_{co}} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \frac{1}{h_{ci}} = \frac{1}{U}$$

$$\frac{e_2}{k_2} = \frac{1}{U} - \frac{1}{h_{co}} - \frac{e_1}{k_1} - \frac{e_3}{k_3} - \frac{1}{h_{ci}}$$

$$e_2 = k_2 \left(\frac{1}{U} - \frac{1}{h_{co}} - \frac{e_1}{k_1} - \frac{e_3}{k_3} - \frac{1}{h_{ci}} \right) \quad (10)$$

El valor de U conocido como el coeficiente global de transferencia de calor según el ahorro energético en calefacción lo tomamos de la siguiente tabla:

Tabla 14. Valor orientativo del coeficiente de transferencia de calor

Cerramiento	U (W/m ² °K)
Muros y Suelo	1,27
Cubiertas	1,06

Fuente: (UNE-EN-ISO-6946, 2012)

Se tomará como valor de referencia el de cerramientos para muros y suelos donde:

$$U = 1,27 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ K}$$

Remplazando cada uno de los valores en la ecuación 10 se tiene el resultado siguiente para el espesor del aislante.

$$e_2 = k_2 \left(\frac{1}{U} - \frac{1}{h_{co}} - \frac{e_1}{k_1} - \frac{e_3}{k_3} - \frac{1}{h_{ci}} \right)$$

$$e_2 = 0,022 \left(\frac{1}{1,27} - \frac{1}{3,1} - \frac{0,0014}{60,5} - \frac{0,0012}{14,9} - \frac{1}{16,68} \right)$$

$$e_2 = 9,04834 \times 10^{-3} m \approx 0,009 m$$

El valor del aislamiento térmico (e_2) según cálculos será 9mm, pero como se está usando un factor U recomendado para ahorro energético según la tabla siguiente se corregirá el espesor.

Tabla 15. Efecto relativo del aislamiento.

Incremento del espesor de aislamiento(mm)	Efecto benéfico (%)
25	43
50	60
75	70
100	75

Fuente: (UNE-EN-ISO-6946, 2012)

La tabla 15 nos muestra el ahorro porcentual según el espesor del aislamiento en milímetros, para nuestro caso como se tiene un valor calculado bajo, se tomará como referencia los 25 mm teniendo un ahorro de 43%.

Por lo tanto el nuevo espesor del aislante será:

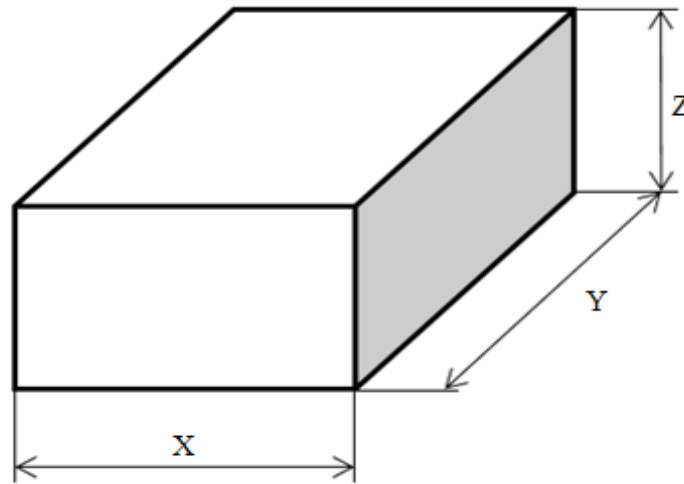
$$e_2 = 0,025m \approx 1 \text{ in}$$

3.5.1.5 Dimensionamiento de la estructura metálica exterior. Una vez calculado el espesor del aislante se tiene las medidas necesarias para lograr el dimensionamiento de la cámara exterior, junto con las especificaciones para el recubrimiento que tendrá la misma evitando así que se presente corrosión en la superficie.

a) *Cálculos para el dimensionamiento de la estructura metálica exterior.* Los cálculos a realizar serán la suma de los 25 mm pertenecientes a la pared del aislamiento, junto con el espesor del acero inoxidable que es de 1,2 mm y el espesor del acero al carbono que es 1,4 mm, a las medidas conocidas de la cámara interior, cabe mencionar que a la medida en X también se la sumara la distancia prevista para los controles y demás elementos que intervienen en el funcionamiento de la máquina.

Quedando dimensionada de la siguiente manera.

Figura 48. Esquema dimensional de la cámara externa.



Fuente: Autor

Donde:

$$X = (680 + 2(1,2 + 1,4 + 25) + 200) \text{ mm}$$

$$X = 935,2 \text{ mm} \approx 935 \text{ mm}$$

$$Y = (504 + 2(1,2 + 1,4 + 25)) \text{ mm}$$

$$Y = 559,2 \text{ mm} \approx 559 \text{ mm}$$

$$Z = (550 + 2(1,2 + 1,4 + 25)) \text{ mm}$$

$$Z = 605,2 \text{ mm} \approx 605 \text{ mm}$$

b) *Recubrimiento usado en las paredes exteriores.* Escoger un adecuado sistema de pintura requiere de varios factores que garantizaran la solución técnica más económica brindándole la adecuada protección a la máquina entre ellos están los siguientes:

- Ambiente de trabajo.
- Material a proteger.
- Tipo de pintura y duración de la misma.

Ambiente de trabajo. Es muy importante conocer las condiciones ambientales que rodearan la máquina durante su vida de servicio tales como temperatura, radiación UV,

sustancias químicas y daño mecánico, pudiendo así conocer la severidad de la corrosión a la que estará expuesta en la siguiente grafica se muestra el nivel de corrosión para diferentes ambientes.

Figura 49. Corrosión atmosférica de acuerdo con la norma ISO 12944.

Categoría de corrosión	Ejemplos de ambiente	
	Exterior	Interior
C1 Muy baja	-	Edificios con calefacción con una atmósfera limpia, tales como oficinas, tiendas, escuelas, hoteles.
C2 baja	Atmósfera contaminada en una pequeña parte, principalmente en los regiones rurales.	Edificios sin calefacción, donde se puede producir condensación, por ejemplo almacenes, salas deportivas.
C3 media	Ambientes industriales y urbanos con un nivel medio de contaminación de dióxido de azufre. Áreas industriales y áreas costeras de baja salinidad.	Espacio de producción de alta humedad y de la contaminación del aire, por ejemplo plantas de alimentos, lavanderías, fábricas de cerveza, industrias lácteas.
C4 alta	Las zonas industriales y zonas costeras de media salinidad.	Plantas químicas, piscinas, astilleros de reparación de barcos.
C5-I Muy alta (industrial)	Áreas industriales de alta humedad y ambiente agresivo.	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación.
C5-M Muy alta (marina)	Zonas de tierra (inshore) y marítimas (offshore) de alta salinidad.	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación.

Fuente: (UNE-EN-ISO-12944, 2008)

La cámara de acondicionamiento se encontrara en un ambiente interior por lo tanto se ha seleccionado una categoría de corrosión baja.

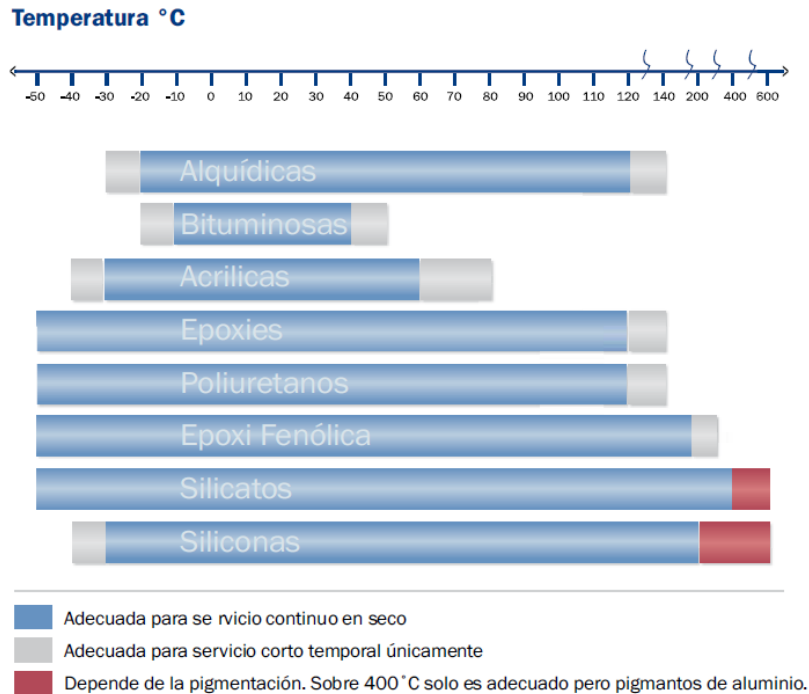
Material a proteger. Se considera como un punto muy importante el material que se protegerá, debido a que según este se determinara la preparación de la superficie, los productos adecuados y el espesor ideal que lo preservará de condiciones adversas.

El material usado en la cámara exterior será acero al carbono, el cual no cuenta con una capa de protección previa, por lo que se deberá retirar todo rastro de óxido, grasas e impurezas de la superficie destinada a pintar.

Tipo de pintura y duración de la misma. La correcta selección de la pintura es indispensable, ya que el mayor enemigo de la misma es la temperatura a la que se encontrara expuesta, por lo tanto fabricantes combinan resinas y pigmentos de diferentes clases para lograr mayor resistencia y vida útil, prolongando la duración llegando a periodos de 2 a 5 años con pinturas de resistencia baja, de 5 a 15 años con

pinturas de resistencia media y más de 15 años con pinturas superiores, la siguiente gráfica muestra diferentes tipos de pintura y sus rangos de temperatura soportados.

Figura 50. Temperaturas máximas de servicio.



Fuente: (UNE-EN-ISO-12944, 2008)

El recubrimiento de la máquina se lo hará con pintura de tipo acrílica, adecuada para la temperatura a la que se encontrara el ambiente previsto, llegando a presentar una duración media si la superficie se mantiene seca.

3.5.1.6 Cálculo de la potencia requerida. La potencia que requerirá la cámara estará calculada en base a distintos factores, principalmente al calor para el aire interior, el calor suministrado a la carga y las pérdidas de calor que presenten las paredes de la misma.

a) *Calor suministrado al aire interior.* Una vez cerrada, la cámara de acondicionamiento contendrá un volumen específico de aire en su interior el cual estará a temperatura ambiente, por lo que absorberá una parte del calor suministrado por el sistema haciendo necesario el cálculo de dicha cantidad para el buen funcionamiento del equipo.

Se realizará el cálculo del calor requerido mediante la siguiente fórmula:

$$Q = m C_p \Delta T \quad (11)$$

Donde:

- Q = Calor suministrado a un cuerpo.
- m = Masa total del cuerpo.
- C_p = Calor específico del cuerpo a temperatura ambiente.
- ΔT = Diferencia entre la temperatura final y la temperatura inicial del sistema.

La masa del aire se calculara mediante la densidad del mismo.

$$g = \frac{m}{v} \quad (12)$$

Donde:

- g = Densidad del cuerpo.
- m = Masa del cuerpo.
- v = Volumen del cuerpo.

La densidad del aire se determinara de la siguiente gráfica.

Figura 51. Propiedades del aire a diferentes temperaturas.

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg · K)	$\mu \cdot 10^7$ (N · s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)
<i>Aire</i>				
100	3.5562	1.032	71.1	2.00
150	2.3364	1.012	103.4	4.426
200	1.7458	1.007	132.5	7.590
250	1.3947	1.006	159.6	11.44
300	1.1614	1.007	184.6	15.89

Fuente: (INCROPERA, y otros, 1999)

La temperatura del aire ambiente presente en Riobamba no se encuentra especificada, por lo cual se debe realizar una interpolación con los datos de la figura 51 determinando así la densidad requerida.

$$T_0 = 13,9 \text{ } ^\circ\text{C} = 287,05 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Tabla 16. Datos para la interpolación densidad

Temperatura (°K)	Densidad (Kg/m ³)
250	1,3947
287,05	X
300	1,1614

Fuente: Autor

Realizando la interpolación con la ecuación (2) se tiene:

$$X = 1,3947 + \frac{1,1614 - 1,3947}{300 - 250} (287,05 - 250)$$

$$X = 1,2218$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1,2218 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

El volumen del aire se determinara usando las medidas de la cámara interior.

$$v = (L)(L)(L) \tag{13}$$

Donde:

- $L = \text{Ancho, Alto y Profundidad del cuerpo respectivamente.}$

Datos:

$$X_i = 680 \text{ mm} = 0,68 \text{ m}$$

$$Y_i = 504 \text{ mm} = 0,504 \text{ m}$$

$$Z_i = 550 \text{ mm} = 0,55 \text{ m}$$

$$v_{\text{aire}} = (X_i)(Y_i)(Z_i)$$

$$v_{\text{aire}} = (0,68)(0,504)(0,55) \text{ m}^3$$

$$v_{\text{aire}} = 0,188 \text{ m}^3$$

Despejando la masa y reemplazando los valores encontrados en la ecuación (12) de la densidad se tiene.

$$\rho_{aire} = \frac{m_{aire}}{v_{aire}}$$

$$m_{aire} = \rho_{aire} v_{aire}$$

$$m_{aire} = \left(1,2218 \frac{Kg}{m^3} \right) (0,188 m^3)$$

$$m_{aire} = 0,23 Kg$$

El calor específico del aire ambiente presente en Riobamba no se encuentra especificado en la figura 51, por lo cual se debe realizar una interpolación determinando así el valor requerido.

$$T_0 = 13,9 ^\circ C = 287,05 ^\circ K$$

Tabla 17. Datos para la interpolación calor específico del aire

Temperatura ($^\circ K$)	Calor específico (KJ/Kg* $^\circ K$)
250	1,006
287,05	X
300	1,007

Fuente: Autor

Realizando la interpolación con la ecuación (2) se tiene:

$$X = 1,006 + \frac{1,007 - 1,006}{300 - 250} (287,05 - 250)$$

$$X = 1,0067$$

$$Cp_{aire} = 1,0067 \frac{KJ}{Kg ^\circ K} \approx 0,24 \frac{Kcal}{Kg ^\circ K}$$

El valor de la diferencia entre la temperatura final y la temperatura inicial del sistema es.

$$T_0 = 13,9\text{ }^{\circ}\text{C} = 287,05\text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_i = 23\text{ }^{\circ}\text{C} = 296,15\text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$\Delta T = T_i - T_0 \quad (14)$$

$$\Delta T = (23 - 13,9)$$

$$\Delta T = 9,1\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 9,1\text{ }^{\circ}\text{K}$$

Remplazando los valores encontrados en la ecuación (11) se tendrá el calor que se suministrara al aire.

$$Q_{\text{aire}} = m_{\text{aire}} C_{p_{\text{aire}}} \Delta T$$

$$Q_{\text{aire}} = (0,23\text{ Kg})(0,24 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^{\circ}\text{K}})(9,1\text{ }^{\circ}\text{K})$$

$$Q_{\text{aire}} = 0,50\text{ Kcal}$$

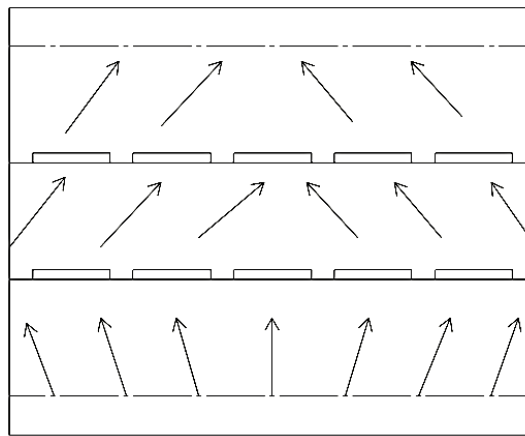
Dividiendo el valor encontrado para el tiempo de estabilización se tiene.

$$Q_{\text{aire}} = \frac{0,50\text{ Kcal}}{0,25\text{ hr}}$$

$$Q_{\text{aire}} = 2\text{ Kcal /hr}$$

b) Calor suministrado a la carga. La ubicación para las muestras en el interior de la cámara de acondicionamiento, se especificó de tal manera que la radiación resultante de la resistencia eléctrica ubicada en la parte inferior de la cámara, provea un flujo de calor continuo, logrando así rodear todas las superficies expuestas de las probetas como se muestra en la siguiente figura.

Figura 52. Posición de las probetas frente a la radiación de calor



Fuente: Autor

Debido a la variedad de materiales estudiados como recubrimiento interno de vehículos se deberá realizar el análisis del calor suministrado a cada uno de ellos, determinando así el material que necesite la mayor energía calorífica, usándolo como referencia para el cálculo de la potencia que será suministrada por el sistema.

Las medidas de las probetas se encuentran establecidas en la norma ISO 3795:1989 siendo las siguientes:

- Alto = 13 mm = 0,013 m
- Ancho = 356 mm = 0,356 m
- Profundidad = 100 mm = 0,1 m

Se determinara el volumen del material mediante la fórmula 13, para después multiplicarlo por el número máximo de probetas que se encontraran en el interior de la cámara el momento del acondicionamiento.

$$v_{material} = (Alto)(Ancho)(Profundidad) 10$$

$$v_{material} = [(0,013)(0,356)(0,1)(10)] m^3$$

$$v_{material} = 0,004628 m^3$$

Las diferentes cantidades de calor que requerirá cada carga, variaran dependiendo del material a utilizar y sus especificaciones técnicas como se mostrara a continuación.

Calor suministrado a materiales fabricados mediante poliamida. Se utilizara la ecuación 11 hallando así el calor suministrado a dicha carga.

$$Q_{poliamida} = m_{poliamida} C_{p_{poliamida}} \Delta T$$

Los valores requeridos para el cálculo serán especificados de la figura 28.

- Densidad. $\rho_{poliamida} = 1,14 \text{ gr/cm}^3 = 1140 \text{ Kg/m}^3$
- Calor específico. $C_{p_{poliamida}} = 0,4 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$
- Conductividad térmica. $k_{poliamida} = 0,23 \text{ Kcal/m h } ^\circ\text{C}$

La masa del material será determinada mediante la densidad del mismo.

$$\rho_{poliamida} = \frac{m_{poliamida}}{v_{poliamida}}$$

$$m_{poliamida} = \rho_{poliamida} v_{poliamida}$$

$$m_{poliamida} = \left(1140 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) (0,004628 \text{ m}^3)$$

$$m_{poliamida} = 5,275 \text{ Kg}$$

El valor de la diferencial de temperatura será el mismo que se calculó anteriormente.

$$\Delta T = 9,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 9,1 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Remplazando los valores en la ecuación del calor se tiene.

$$Q_{poliamida} = m_{poliamida} C_{p_{poliamida}} \Delta T$$

$$Q_{poliamida} = (5,275 \text{ Kg}) \left(0,4 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} \right) (9,1 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q_{poliamida} = 19,201 \text{ Kcal}$$

Calor suministrado a materiales fabricados mediante policarbonato. Se realizará el mismo procedimiento anterior con los datos del policarbonato.

$$Q_{\text{policarbonato}} = m_{\text{policarbonato}} C_{p_{\text{policarbonato}}} \Delta T$$

Los valores requeridos para el cálculo serán especificados de la figura 29.

- Densidad. $\rho_{\text{policarbonato}} = 1,2 \text{ gr/cm}^3 = 1200 \text{ Kg/m}^3$
- Calor específico. $C_{p_{\text{policarbonato}}} = 0,28 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$
- Conductividad térmica. $k_{\text{policarbonato}} = 0,18 \text{ Kcal/m h } ^\circ\text{C}$

La masa del material será determinada mediante la densidad del mismo.

$$\rho_{\text{policarbonato}} = \frac{m_{\text{policarbonato}}}{v_{\text{policarbonato}}}$$

$$m_{\text{policarbonato}} = \rho_{\text{policarbonato}} v_{\text{policarbonato}}$$

$$m_{\text{policarbonato}} = \left(1200 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) (0,004628 \text{ m}^3)$$

$$m_{\text{policarbonato}} = 5,55 \text{ Kg}$$

El valor de la diferencial de temperatura será el mismo que se calculó anteriormente.

$$\Delta T = 9,1 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ o } \Delta T = 9,1 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Remplazando los valores en la ecuación del calor se tiene.

$$Q_{\text{policarbonato}} = m_{\text{policarbonato}} C_{p_{\text{policarbonato}}} \Delta T$$

$$Q_{\text{policarbonato}} = (5,55 \text{ Kg}) \left(0,28 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}\right) (9,1 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{policarbonato}} = 14,14 \text{ Kcal}$$

Calor suministrado a materiales fabricados mediante Tereftalato de polietileno. Se realizará el mismo procedimiento anterior con los datos del tereftalato de polietileno.

$$Q_{\text{Tereftalato de polietileno}} = m_{\text{Tereftalato de polietileno}} C_{p_{\text{Tereftalato de polietileno}}} \Delta T$$

Los valores requeridos para el cálculo serán especificados de la figura 30.

- Densidad. $\rho_{\text{Tereftalato de polietileno}} = 1,39 \text{ gr/cm}^3 = 1390 \text{ Kg/m}^3$
- Calor específico. $Cp_{\text{Tereftalato de polietileno}} = 0,25 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$
- Conductividad térmica. $k_{\text{Tereftalato de polietileno}} = 0,25 \text{ Kcal/m}^\circ\text{h } ^\circ\text{C}$

La masa del material será determinada mediante la densidad del mismo.

$$\rho_{\text{Tereftalato de polietileno}} = \frac{m_{\text{Tereftalato de polietileno}}}{v_{\text{Tereftalato de polietileno}}}$$

$$m_{\text{Tereftalato de polietileno}} = \rho_{\text{Tereftalato de polietileno}} v_{\text{Tereftalato de polietileno}}$$

$$m_{\text{Tereftalato de polietileno}} = \left(1390 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) (0,004628 \text{ m}^3)$$

$$m_{\text{Tereftalato de polietileno}} = 6,43 \text{ Kg}$$

El valor de la diferencial de temperatura será el mismo que se calculó anteriormente.

$$\Delta T = 9,1 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ o } \Delta T = 9,1 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Remplazando los valores en la ecuación del calor se tiene.

$$Q_{\text{Tereftalato de polietileno}} = m_{\text{Tereftalato de polietileno}} Cp_{\text{Tereftalato de polietileno}} \Delta T$$

$$Q_{\text{Tereftalato de polietileno}} = (6,43 \text{ Kg}) \left(0,25 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} \right) (9,1 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{Tereftalato de polietileno}} = 14,62 \text{ Kcal}$$

Calor suministrado a materiales fabricados mediante Cloruro de polivinilo. Se realizará el mismo procedimiento anterior con los datos del cloruro de polivinilo.

$$Q_{\text{Cloruro de polivinilo}} = m_{\text{Cloruro de polivinilo}} Cp_{\text{Cloruro de polivinilo}} \Delta T$$

Los valores requeridos para el cálculo serán especificados de la figura 31.

- Densidad. $\rho_{\text{Cloruro de polivinilo}} = 1,45 \text{ gr/cm}^3 = 1450 \text{ Kg/m}^3$
- Calor específico. $Cp_{\text{Cloruro de polivinilo}} = 0,28 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$

- Conductividad térmica. $k_{\text{Cloruro de polivinilo}} = 0,22 \text{ Kcal/m h}^\circ\text{C}$

La masa del material será determinada mediante la densidad del mismo.

$$\rho_{\text{Cloruro de polivinilo}} = \frac{m_{\text{Cloruro de polivinilo}}}{v_{\text{Cloruro de polivinilo}}}$$

$$m_{\text{Cloruro de polivinilo}} = \rho_{\text{Cloruro de polivinilo}} v_{\text{Cloruro de polivinilo}}$$

$$m_{\text{Cloruro de polivinilo}} = \left(1450 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) (0,004628 \text{ m}^3)$$

$$m_{\text{Cloruro de polivinilo}} = 6,71 \text{ Kg}$$

El valor de la diferencial de temperatura será el mismo que se calculó anteriormente.

$$\Delta T = 9,1 \text{ }^\circ\text{C} \text{ o } \Delta T = 9,1 \text{ }^\circ\text{K}$$

Remplazando los valores en la ecuación del calor se tiene.

$$Q_{\text{Cloruro de polivinilo}} = m_{\text{Cloruro de polivinilo}} C_{p_{\text{Cloruro de polivinilo}}} \Delta T$$

$$Q_{\text{Cloruro de polivinilo}} = (6,71 \text{ Kg}) \left(0,28 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}\right) (9,1 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{Cloruro de polivinilo}} = 17 \text{ Kcal}$$

Calor suministrado a materiales fabricados mediante Silicona. Se realizará el mismo procedimiento anterior con los datos de la silicona.

$$Q_{\text{Silicona}} = m_{\text{Silicona}} C_{p_{\text{Silicona}}} \Delta T$$

Los valores requeridos para el cálculo serán especificados de la figura 32.

- Densidad. $\rho_{\text{Silicona}} 1,3 \text{ gr/cm}^3 = 1300 \text{ Kg/m}^3$
- Calor específico. $C_{p_{\text{Silicona}}} = 1400 \text{ J/Kg } ^\circ\text{K} = 0,334 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$
- Conductividad térmica. $k_{\text{Silicona}} = 0,22 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$

La masa del material será determinada mediante la densidad del mismo.

$$\rho_{\text{Silicona}} = \frac{m_{\text{Silicona}}}{v_{\text{Silicona}}}$$

$$m_{\text{Silicona}} = \rho_{\text{Silicona}} v_{\text{Silicona}}$$

$$m_{\text{Silicona}} = \left(1300 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) (0,004628 \text{ m}^3)$$

$$m_{\text{Silicona}} = 6 \text{ Kg}$$

El valor de la diferencial de temperatura será el mismo que se calculó anteriormente.

$$\Delta T = 9,1 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ o } \Delta T = 9,1 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Remplazando los valores en la ecuación del calor se tiene.

$$Q_{\text{Silicona}} = m_{\text{Silicona}} C_{p_{\text{Silicona}}} \Delta T$$

$$Q_{\text{Silicona}} = (6 \text{ Kg}) \left(0,334 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}\right) (9,1 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{Silicona}} = 18,23 \text{ Kcal}$$

Calor suministrado a materiales fabricados mediante Algodón. Se realizará el mismo procedimiento anterior con los datos del algodón.

$$Q_{\text{Algodón}} = m_{\text{Algodón}} C_{p_{\text{Algodón}}} \Delta T$$

Los valores requeridos para el cálculo serán especificados de la figura 33.

- Densidad. $\rho_{\text{Algodón}} = 80 \text{ Kg/m}^3$
- Calor específico. $C_{p_{\text{Algodón}}} = 1300 \text{ J/Kg } ^\circ\text{K} = 0,31 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$
- Conductividad térmica. $k_{\text{Algodón}} = 0,06 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$

La masa del material será determinada mediante la densidad del mismo.

$$\rho_{\text{Algodón}} = \frac{m_{\text{Algodón}}}{v_{\text{Algodón}}}$$

$$m_{\text{Algodón}} = \rho_{\text{Algodón}} v_{\text{Algodón}}$$

$$m_{\text{Algodón}} = \left(80 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) (0,004628 \text{ m}^3)$$

$$m_{\text{Algodón}} = 0,37 \text{ Kg}$$

El valor de la diferencial de temperatura será el mismo que se calculó anteriormente.

$$\Delta T = 9,1 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ o } \Delta T = 9,1 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Remplazando los valores en la ecuación del calor se tiene.

$$Q_{\text{Algodón}} = m_{\text{Algodón}} C_{p\text{Algodón}} \Delta T$$

$$Q_{\text{Algodón}} = (0,37 \text{ Kg}) \left(0,31 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} \right) (9,1 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{Algodón}} = 1,04 \text{ Kcal}$$

Calor suministrado a materiales fabricados mediante Cuero. Se realizará el mismo procedimiento anterior con los datos del cuero.

$$Q_{\text{Cuero}} = m_{\text{Cuero}} C_{p\text{Cuero}} \Delta T$$

Los valores requeridos para el cálculo serán especificados de la figura 34.

- Densidad. $\rho_{\text{Cuero}} = 998 \text{ Kg/m}^3$
- Calor específico. $C_{p\text{Cuero}} = 0,85 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$
- Conductividad térmica. $k_{\text{Cuero}} = 0,159 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$

La masa del material será determinada mediante la densidad del mismo.

$$\rho_{\text{Cuero}} = \frac{m_{\text{Cuero}}}{v_{\text{Cuero}}}$$

$$m_{\text{Cuero}} = \rho_{\text{Cuero}} v_{\text{Cuero}}$$

$$m_{\text{Cuero}} = \left(998 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) (0,004628 \text{ m}^3)$$

$$m_{\text{Cuero}} = 4,62 \text{ Kg}$$

El valor de la diferencial de temperatura será el mismo que se calculó anteriormente.

$$\Delta T = 9,1 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ o } \Delta T = 9,1 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Remplazando los valores en la ecuación del calor se tiene.

$$Q_{\text{Cuero}} = m_{\text{Cuero}} C_{p_{\text{Cuero}}} \Delta T$$

$$Q_{\text{Cuero}} = (4,62 \text{ Kg}) \left(0,85 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} \right) (9,1 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{Cuero}} = 35,7 \text{ Kcal}$$

El análisis realizada para determinar el calor requerido en cada material, demostró que el cuero será el que absorba la mayor cantidad de energía, con un total de 35,7 Kcal las cuáles serán suministradas por el sistema, debido a esto se lo tomará como referencia principal en el cálculo de la potencia.

Dividiendo el calor suministrado al cuero para el tiempo de estabilización se tiene.

$$Q_{\text{cuero}} = \frac{35,7 \text{ Kcal}}{0,25 \text{ hr}}$$

$$Q_{\text{cuero}} = 142,8 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

c) *Pérdidas de calor por paredes techo y piso.* La energía suministrada a la cámara interior mediante la resistencia eléctrica se concentra en la carga, el aire y las paredes, estas últimas al estar comunicadas con el ambiente, presentan un diferencial de temperatura en sus caras interior y exterior, por lo cual se transfiere el calor interno mediante conducción creando perdidas en el sistema.

Mientras mayor calor sea acumulado en las paredes la transferencia del mismo ira incrementando, obligando al sistema a consumir más energía haciéndolo menos eficiente, por lo tanto un buen diseño ayudara a minimizar las perdidas gracias al correcto cálculo del espesor y material adecuado para aislamiento térmico.

Las pérdidas de calor se determinaran para cada una de las paredes mediante la siguiente formula.

$$Q_{\text{pérdida}} = U_{\text{paredes}} A_{\text{paredes}} \Delta T \quad (15)$$

Donde:

- $Q_{\text{pérdida}}$ = Calor de pérdidas en paredes, techo y piso
- U_{pared} = Coeficiente global de transferencia de calor de las paredes

- A_{pared} = Área de cada pared
- ΔT = Diferencial de temperatura

El factor U de las paredes deberá ser calculado mediante la fórmula (8) ya que al conocer el material y espesor del aislamiento térmico se puede determinar la transferencia de calor exacta para cada una de ellas.

$$U = \frac{1}{A \sum RT}$$

Remplazando los términos se tiene:

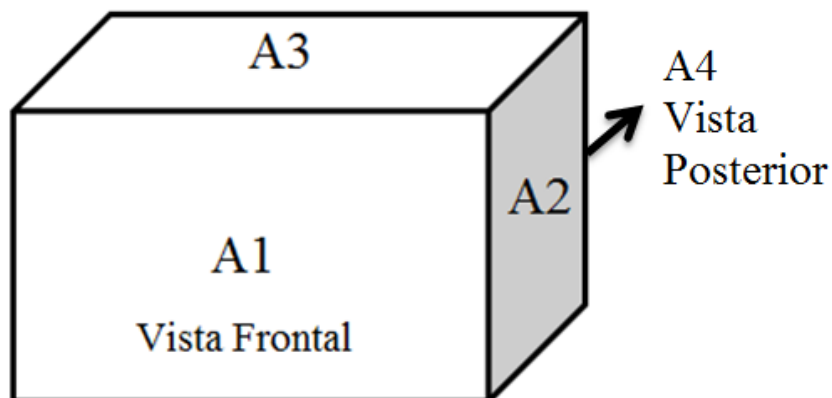
$$U_{pared} = \frac{1}{A_{pared} \left(\frac{1}{h_{co} A_{pared}} + \frac{e_1}{k_1 A_{pared}} + \frac{e_2}{k_2 A_{pared}} + \frac{e_3}{k_3 A_{pared}} + \frac{1}{h_{ci} A_{pared}} \right)}$$

$$U_{pared} = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_{co}} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \frac{1}{h_{ci}} \right)}$$

$$U_{pared} = \frac{1}{\left(\frac{1}{3,1} + \frac{0,0014}{60,5} + \frac{0,0254}{0,022} + \frac{0,0012}{14,9} + \frac{1}{16,68} \right)}$$

$$U_{pared} = 0,65 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$$

Figura 53. Área dispuesta en cada pared



Fuente: Autor

Pérdida de calor para el área A1. Debido a que en la cara frontal de la máquina se encuentra ubicada la puerta el área de la pared se divide, tomándose en cuenta como dos paredes diferentes.

La primera será el sobrante de la pared después de realizar el agujero para el acceso al interior de la cámara y la segunda será la puerta en sí, debiendo calcularse el área para cada una de ellas.

En el caso de la puerta se encuentra constituida por un marco principal y un vidrio templado el mismo que ocupa la mayor parte de la misma, por lo cual se despreciará el área del marco tomando como referencia única el área del vidrio.

Pérdida de calor por el vidrio templado. Se tomará en cuenta la pared de vidrio como una resistencia térmica encontrando el factor U y el área A.

Los coeficientes convectivos son los mismos del cálculo anterior.

$$U_{\text{vidrio}} = \frac{1}{A_{\text{vidrio}} \left(\frac{1}{h_{co} A_{\text{vidrio}}} + \frac{e_{\text{vidrio}}}{k_{\text{vidrio}} A_{\text{vidrio}}} + \frac{1}{h_{ci} A_{\text{vidrio}}} \right)}$$

$$U_{\text{vidrio}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_{co}} + \frac{e_{\text{vidrio}}}{k_{\text{vidrio}}} + \frac{1}{h_{ci}} \right)}$$

Donde:

- $e_{\text{vidrio}} = 6 \text{ mm} = 0,006 \text{ m}$
- $k_{\text{vidrio}} = 1,4 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$ Consultado del ANEXO K

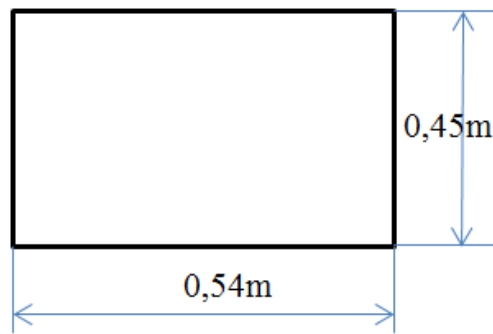
Remplazando valores en la ecuación se tiene.

$$U_{\text{vidrio}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{3,1} + \frac{0,006}{1,4} + \frac{1}{16,68} \right)}$$

$$U_{\text{vidrio}} = 2,58 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}}$$

El área se la obtendrá de las medidas del vidrio.

Figura 54. Dimensiones del vidrio templado



Fuente: Autor

$$A_{\text{vidrio}} = (0,45)(0,54)m^2$$

$$A_{\text{vidrio}} = 0,243m^2$$

Remplazando los valores en la ecuación para las pérdidas de calor se tiene.

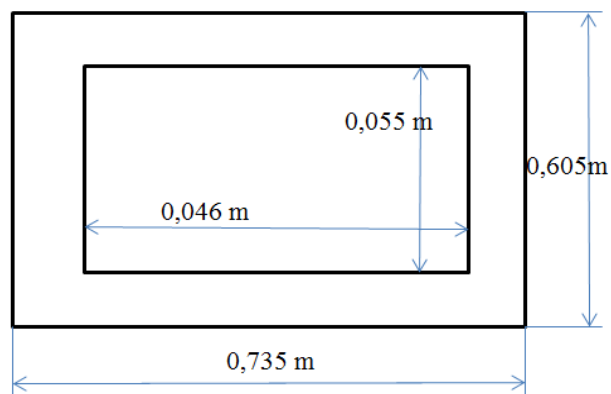
$$Q_{\text{pérdida vidrio}} = U_{\text{vidrio}} A_{\text{vidrio}} \Delta T$$

$$Q_{\text{pérdida vidrio}} = \left(2,58 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right) (0,243m^2) (9,1 ^\circ K)$$

$$Q_{\text{pérdida vidrio}} = 5,7 W$$

Perdida de calor por el área sobrante de la pared de ingreso a la cámara. Se deberá calcular el área total de la pared para luego restar el área que se retiró ya que presenta una forma irregular.

Figura 55. Dimensiones de la cara frontal



Fuente: Autor

$$A_{total} = (0,605)(0,735)m^2$$

$$A_{total} = 0,444m^2$$

$$A_{agujero} = (0,046)(0,055)m^2$$

$$A_{agujero} = 0,00253m^2$$

$$A_{pared\ frontal} = (0,444 - 0,00253)m^2$$

$$A_{pared\ frontal} = 0,44147m^2$$

Remplazando los valores en la ecuación para las pérdidas de calor se tiene.

$$Q_{pérdida\ pared\ frontal} = U_{paredes} A_{pared\ frontal} \Delta T$$

$$Q_{pérdida\ pared\ frontal} = \left(0,65 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right) (0,44147m^2) (9,1 \text{ } ^\circ K)$$

$$Q_{pérdida\ pared\ frontal} = 2,61 W$$

La pérdida de calor total para el A₁ será la suma de las pérdidas por la pared frontal y las pérdidas por el vidrio templado.

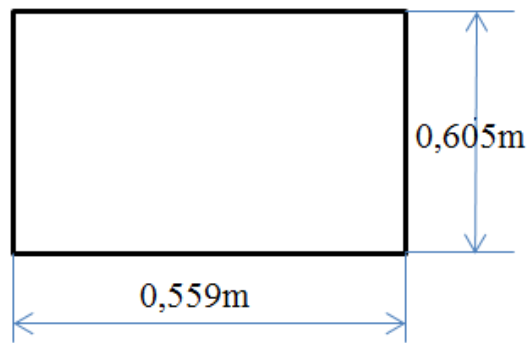
$$Q_{pérdida\ A1} = Q_{pérdida\ pared\ frontal} + Q_{pérdida\ vidrio}$$

$$Q_{pérdida\ A1} = (2,61 + 5,7)W$$

$$Q_{pérdida\ A1} = 8,31W$$

Perdida de calor para el área A2. Ya que el área A₂ se encuentra en el lado derecho y al no presentar ninguna irregularidad será igual al área del lado izquierdo por lo que se realizará un solo cálculo para después duplicar su valor.

Figura 56. Dimensiones de la cara derecha e izquierda



Fuente: Autor

$$A_2 = 2((0,605)(0,559))m^2$$

$$A_2 = 0,676 m^2$$

Remplazando los valores en la ecuación para las pérdidas de calor se tiene.

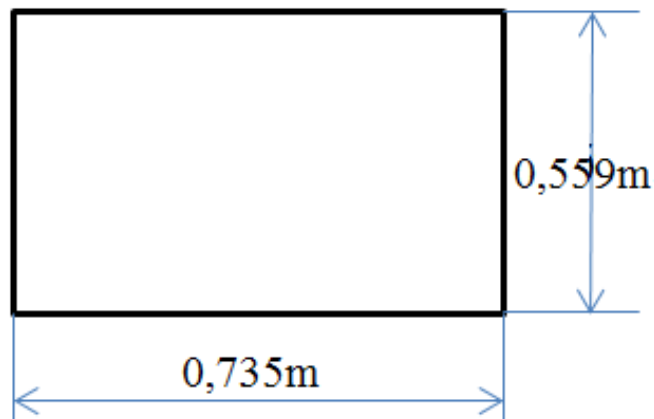
$$Q_{p\acute{e}rdida A_2} = U_{paredes} A_2 \Delta T$$

$$Q_{p\acute{e}rdida A_2} = \left(0,65 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right) (0,676 m^2) (9.1 ^\circ K)$$

$$Q_{p\acute{e}rdida A_2} = 4 W$$

Perdida de calor para el área A3. Ya que el área A₃ se encuentra en la cara superior y al no presentar ninguna irregularidad será igual al área de la cara inferior por lo que se realizará un solo cálculo para después duplicar su valor.

Figura 57. Dimensiones de la cara superior e inferior



Fuente: Autor

$$A_3 = 2((0,735)(0,559))m^2$$

$$A_3 = 0,82 m^2$$

Remplazando los valores en la ecuación para las pérdidas de calor se tiene.

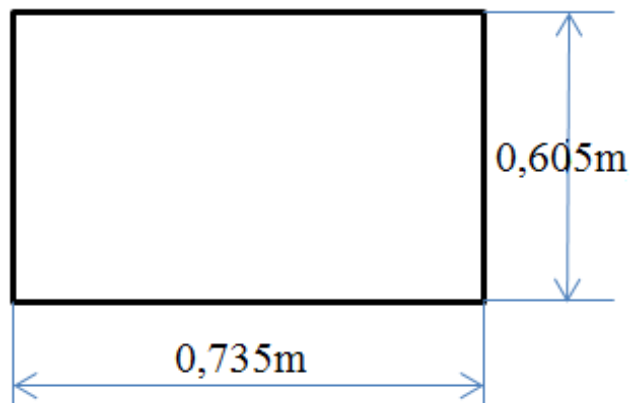
$$Q_{p\acute{e}rdida A_3} = U_{paredes} A_3 \Delta T$$

$$Q_{p\acute{e}rdida A_3} = \left(0,65 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right) (0,82 m^2) (9.1 ^\circ K)$$

$$Q_{p\acute{e}rdida A_3} = 4,85 W$$

Perdida de calor para el área A4. El área A₄ se encuentra en la cara posterior por lo que se realizará un solo cálculo.

Figura 58. Dimensiones de la cara posterior



Fuente: Autor

$$A_4 = 2((0,735)(0,605))m^2$$

$$A_4 = 0,88 m^2$$

Remplazando los valores en la ecuación para las pérdidas de calor se tiene.

$$Q_{p\acute{e}rdida A_4} = U_{paredes} A_4 \Delta T$$

$$Q_{p\acute{e}rdida A_4} = \left(0,65 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right) (0,88 m^2) (9.1 ^\circ K)$$

$$Q_{p\acute{e}rdida A_4} = 5,2 W$$

Perdida de calor total por el área de las paredes. Una vez calculadas todas las pérdidas por área se puede determinar el calor total que se pierde del sistema mediante la suma de cada una de ellas.

$$Q_{p\acute{e}rdida\ total} = Q_{p\acute{e}rdida\ A1} + Q_{p\acute{e}rdida\ A2} + Q_{p\acute{e}rdida\ A3} + Q_{p\acute{e}rdida\ A4}$$

$$Q_{p\acute{e}rdida\ total} = (8,31 + 4 + 4,85 + 5,2) W$$

$$Q_{p\acute{e}rdida\ total} = 22,36W$$

$$Q_{p\acute{e}rdida\ total} = (22,36W) \left(\frac{KW}{1000W} \right) \left(\frac{860\ Kcal}{KW\ hr} \right)$$

$$Q_{p\acute{e}rdida\ total} = 19,22 \frac{Kcal}{hr}$$

d) *Potencia.* La potencia que requiere la cámara de acondicionamiento será calculada mediante la suma de los calores entregados al aire, a la carga y sus pérdidas por paredes techo y piso, la cual nos presentara el valor de la energía suministrada por el sistema como se muestra a continuación.

Tabla 18. Calor suministrado y perdido por el sistema

Calor	Valor (Kcal/hr)
Q_{aire}	2
Q_{cuero}	142,8
$Q_{p\acute{e}rdida\ total}$	19,22

Fuente: Autor

$$Q_{total} = Q_{aire} + Q_{cuero} + Q_{p\acute{e}rdida\ total}$$

$$Q_{total} = (2 + 142,8 + 19,22) \frac{Kcal}{hr}$$

$$Q_{total} = 164,02 \frac{Kcal}{hr}$$

Una vez que se tiene el calor total suministrado por el sistema, se puede determinar cuál es el porcentaje de pérdidas, logrando así verificar si el diseño de la máquina es correcto.

$$\%_{\text{pérdida calor}} = \frac{Q_{\text{pérdida total}}}{Q_{\text{total}}} 100$$

$$\%_{\text{pérdida calor}} = \frac{19,22}{164,02} (100)$$

$$\%_{\text{pérdida calor}} = 11,71 \%$$

Ya que la pérdida de calor llega solo al 11,71% se considera que los datos seleccionados y materiales que serán usados en la construcción de la cámara son los correctos.

Por lo tanto la potencia de la cámara de acondicionamiento será.

$$P = \left(164,02 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) \left(\frac{1,163 \text{ W}}{1 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}} \right)$$

$$P = \left(164,02 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) \left(\frac{1,163 \text{ W hr}}{1 \text{ Kcal}} \right)$$

$$P = 190,75 \text{ W}$$

Se multiplicara la potencia encontrada por un factor de corrección asegurando así el buen funcionamiento de la máquina.

$$P = (190,75 \text{ W})(1,5)$$

$$P = 286,125 \text{ W}$$

3.5.1.7 Dimensionamiento de la resistencia eléctrica. El método de calentamiento en base a resistencia eléctrica, radica en la utilización de la potencia entregada al elemento conductor, el cual transforma dicha energía en calor.

Habiendo seleccionado el método de calentamiento, deberá contarse con la siguiente información para el diseño de la resistencia eléctrica.

- Potencia de entrada al elemento.
- Caída de tención.
- Resistencia del elemento.
- Resistividad.

- Coeficiente de resistividad.
- Carga específica.
- Diámetro del alambre conductor.
- Longitud del hilo.
- Diámetro de la espira.
- Numero de espiras.
- Paso de la espira.

a) *Potencia de entrada al elemento.* La potencia es la energía suministrada al elemento conductor, necesaria para calentar la carga y el ambiente interior de la cámara, calculada anteriormente.

$$P = 286,125 W$$

b) *Caída de tensión.* Es el voltaje que suministrara la red a la cual esté conectada la cámara de acondicionamiento, la misma que fue diseñada para una tensión máxima de:

$$V = 110 V$$

c) *Resistencia del elemento.* La resistencia es la oposición que presenta un material al paso de la electricidad, mientras menos sea esta mejor conductor será.

Deberá ser seleccionado el material para la resistencia eléctrica de acuerdo a las especificaciones que se requiera en la máquina.

$$P = (V)(I)$$

Donde:

- P = Potencia suministrada en vatios W
- V = Caída de tensión en voltios V
- I = Corriente q circula por el conductor en amperios A

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

$$I = \frac{286,125 W}{110 V}$$

$$I = 2,60 A$$

Una vez encontrada la intensidad que circulará por el conductor se puede determinar la resistencia mínima que deberá tener para no afectar en el funcionamiento de la máquina se utilizara la ley de Ohm.

$$V = (I)(R)$$

Donde:

- $R =$ Resistencia presentada por el conductor en ohm Ω

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

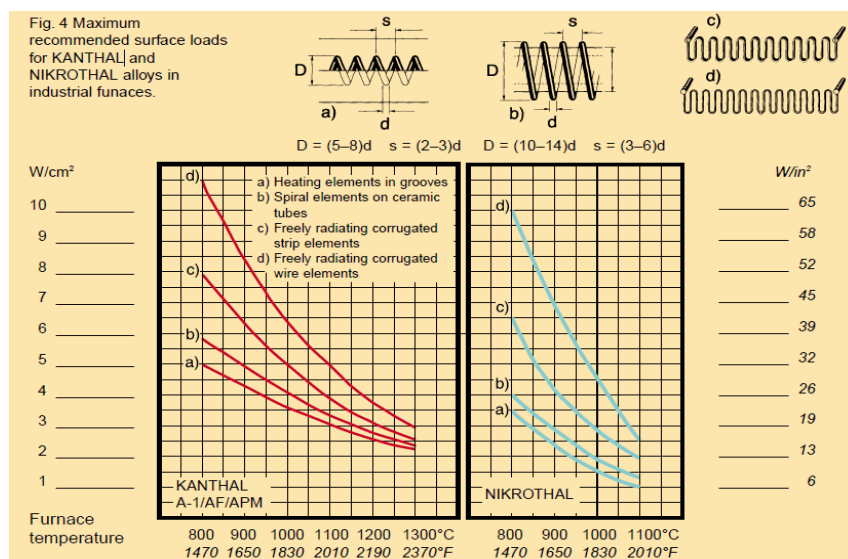
$$R = \frac{110 V}{2,60 A}$$

$$R = 44 \Omega$$

d) Resistividad, coeficiente de resistividad y carga específica. Se determina como la resistencia de un material a temperaturas específicas, se utiliza el manual Kanthal para su determinación.

La siguiente figura muestra los diferentes tipos de presentación de las resistencias eléctricas.

Figura 59. Tipos de resistencias eléctricas



Fuente: (KANTHAL-HANDBOOK, 2001)

Se ha seleccionado el tipo de resistencia a del NIKROTHAL, por su uso como elemento en calefacción, resistencia a temperaturas de hasta 800 °C y por su colocación en canales obteniendo los valores como muestra la siguiente figura.

Figura 60. Resistencia NIKROTHAL

NIKROTHAL 70													
Wire. No standard stock items – on special order only.													
Resistivity 1.18 Ω mm ² m ⁻¹ . Density 8.10 g cm ⁻³ . To obtain resistivity at working temperature, multiply by factor C _t in following table.													
°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
C _t	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06

Fuente: (KANTAL-HANDBOOK, 2001)

- Resistividad. $\rho = 1,18 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$
- Coeficiente de resistividad. $Ct = 1$
- Carga específica. $p = 4 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$

e) *Diámetro del alambre conductor (d)*. El diámetro será muy importante para la resistencia eléctrica ya que al contar con una mayor sección transversal la oposición al paso de la electricidad será muy baja beneficiando el proceso de calentamiento del ambiente se lo determinara con la siguiente formula.

$$d = 0,74 \sqrt[3]{\left(\frac{P}{V}\right)^2 \frac{\rho \text{ Ct}}{p}} \text{ en cm.}$$

$$d = 0,74 \sqrt[3]{\left(\frac{286,125 \text{ W}}{110 \text{ V}}\right)^2 \frac{1,18 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} (1)}{4 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}}}$$

$$d = 0,043 \text{ cm}$$

$$d = 0,43 \text{ mm}$$

El diámetro calculado es 0,43 mm, siendo demasiado delgado como para darle forma a la resistencia eléctrica, por lo tanto se seleccionara un diámetro comercial más manejable como es el de 1,2 mm

$$d = 1,2 \text{ mm}$$

$$d = 0,12 \text{ cm}$$

f) *Longitud del hilo (L)*. Es muy importante determinar la longitud del hilo ya que se deberá tomar en cuenta el espacio destinado para su colocación.

$$L = \frac{P}{\pi d p}$$

$$L = \frac{286,125 \text{ W}}{(\pi)(0,12 \text{ cm}) \left(4 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}\right)}$$

$$L = 190 \text{ cm}$$

$$L = 1,9 \text{ m}$$

g) *Diámetro de la espira (D)*. El manual KANTHAL recomienda la siguiente ecuación para determinar el diámetro de la espira.

$$D = (5 - 8) d$$

$$D = (6)(1,2) \text{ mm}$$

$$D = 7,2 \text{ mm}$$

$$D = 7 \text{ mm}$$

h) *Número de espiras (n)*. El manual KANTHAL recomienda la siguiente ecuación para determinar el número de la espira.

$$n = \frac{1000 L}{\pi (D - d)} \text{ Espiras}$$

$$n = \frac{(1000)(1,9 \text{ m})}{\pi (7 \text{ mm} - 1,2 \text{ mm})} \text{ Espiras}$$

$$n = 104 \text{ Espiras}$$

i) *Paso de la espira. (s)*. El manual KANTHAL recomienda la siguiente ecuación para determinar el paso de la espira.

$$s = (2 - 4) d$$

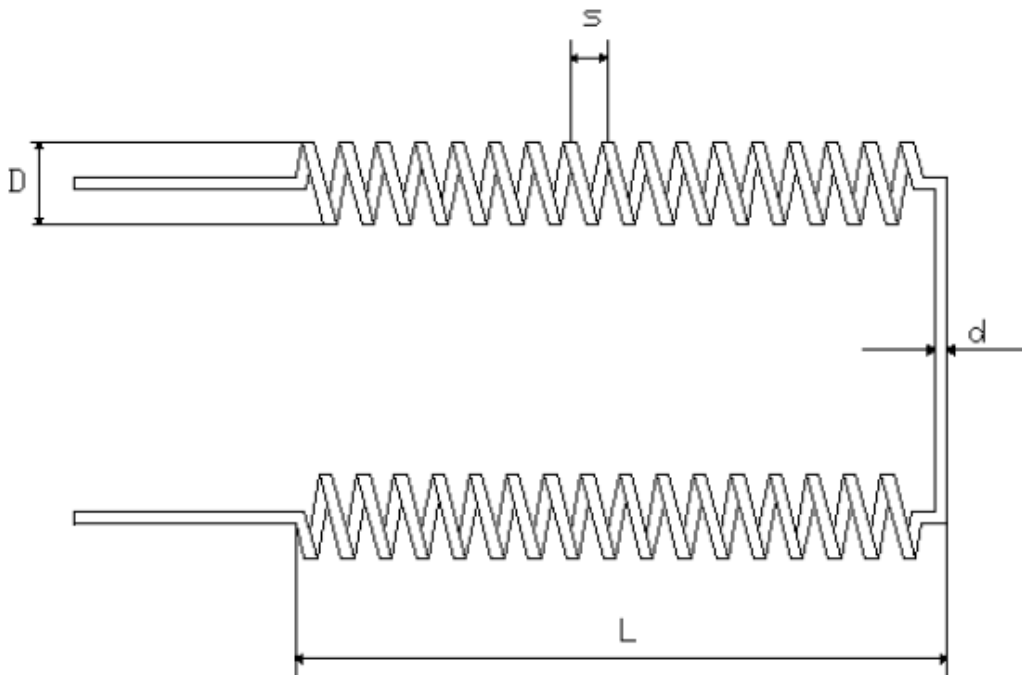
$$s = (4)(1,2) \text{ mm}$$

$$s = 4,8 \text{ mm}$$

$$s = 5 \text{ mm}$$

Una vez calculado las dimensiones de la resistencia eléctrica quedaría de la siguiente manera.

Figura 61. Esquema dimensional de la resistencia eléctrica



Fuente: Autor

3.5.2 Módulo 2. Dentro del módulo dos se analizarán los siguientes puntos:

- Cálculo del consumo de agua para el humidificador.
- Selección del tipo de humidificador.

- Dimensionamiento del tanque de agua.
- Diseño del medidor de nivel para el agua.

3.5.2.1 *Calculo del consumo de agua para el humidificador.* La humedad es conocida como el agua en estado de vapor que se encuentra presente de forma natural en el ambiente, determinada como humedad relativa, siendo esta la razón entre la cantidad de vapor contenido en el aire y la cantidad de vapor necesario para su saturación a una misma temperatura.

Los requerimientos en el proceso de acondicionamiento para las probetas, señalan un porcentaje específico de humedad en el interior de la cámara, por tal motivo deberá determinarse la cantidad de agua contenida y liberada en el ambiente para cada ciclo de humidificación.

Se utilizara el programa *Engineering Equation Solve* (EES) como herramienta en el cálculo de la cantidad de agua necesaria, el punto inicial en la carta psicrometrica tendrá los valores ambientales con los se parte para el acondicionamiento, mostrados a continuación.

Tabla 19. Datos para el punto uno en la carta psicrometrica

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)
Uno	13,9	72

Fuente: Autor

Uno de los datos fijos requeridos por el programa es la presión atmosférica del lugar en el que se realizará el acondicionamiento.

$$P_{at} = 21,92 \text{ in Hg} \frac{3,38 \text{ kPa}}{1 \text{ in Hg}}$$

$$P_{at} = 74,2 \text{ kPa}$$

Los valores obtenidos para el punto uno son los siguientes.

Figura 62. Datos del punto uno

Properties of Moist Air and the Psychrometric Chart

(Reasonable values must be supplied)

Unit System:

Atmospheric Pressure: [kPa]

Select the first input variable:

= [°C]

Select the second input variable:

= []

Solution

Tdb = 13,9 [°C]	P = 74,2 [kPa]	w = 0,009736
Twb = 10,8 [°C]	Rh = 0,72	v = 1,114 [m³/kg]
Tdp = 8,9 [°C]		h = 38,55 [kJ/kg]

Fuente: (Klein, 1992)

Donde:

T_{db} = Temperatura de bulbo seco

T_{wb} = Temperatura de bulbo húmedo

T_{dp} = Temperatura de rocío

P = Presión atmosférica

R_h = Humedad relativa

w = Humedad absoluta

v = Volumen específico

h = Entalpia específica

El segundo punto mostrara los valores mínimos en los que las probetas realizarán su acondicionamiento.

Tabla 20. Datos para el punto dos en la carta psicrometrica

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)
Dos	23	45

Fuente: Autor

Los valores obtenidos para el punto dos son los siguientes.

Figura 63. Datos del punto dos

Properties of Moist Air and the Psychrometric Chart

(Reasonable values must be supplied)

Unit System:

Atmospheric Pressure: [kPa]

Select the first input variable:

= [°C]

Select the second input variable:

= []

Solution

Tdb = 23,0 [°C]	P = 74,2 [kPa]	w = 0,01079
Twb = 14,6 [°C]	Rh = 0,45	v = 1,15 [m³/kg]
Tdp = 10,4 [°C]		h = 50,53 [kJ/kg]

Fuente: (Klein, 1992)

El punto dos, determinara la humedad absoluta el momento en el que las variables requeridas descieran hasta el valor mínimo en el acondicionamiento.

El tercer punto mostrara los valores máximos en los que las probetas realizarán su acondicionamiento.

Tabla 21. Datos para el punto tres en la carta psicrometrica

Punto	Hentalpia (KJ/Kg)	Humedad (%)
Tres	50,53	55

Fuente: Autor

El punto tres será determinado con el valor máximo que puede presentar la humedad relativa y a entalpia constante, determinando de esta forma la humedad absoluta presente en el interior de la cámara después de un ciclo de funcionamiento, en el que se eleva la humedad y temperatura.

Los valores obtenidos para el punto tres son los siguientes.

Figura 64. Datos del punto tres

Properties of Moist Air and the Psychrometric Chart

(Reasonable values must be supplied)

Unit System: **SI**

Atmospheric Pressure: **74,2** [kPa]

Select the first input variable:

Enthalpy = **50,53** [kJ/kg]

Select the second input variable:

Relative Humidity, 0 to 1 = **0,55** []

Solution

Tdb = 20,9 [°C]	P = 74,2 [kPa]	w = 0,01163
Twb = 14,6 [°C]	Rh = 0,55	v = 1,143 [m³/kg]
Tdp = 11,5 [°C]		h = 50,53 [kJ/kg]

Fuente: (Klein, 1992)

Una vez calculados los datos de los tres puntos se puede determinar la masa de agua requerida en un ciclo de funcionamiento, pudiendo así seleccionar de mejor manera el humidificador que se utilizara.

Diferencia de la humedad absoluta.

$$\Delta w = w_3 - w_2$$

$$\Delta w = 0,01163 \frac{Kg_v}{Kg_a} - 0,01079 \frac{Kg_v}{Kg_a}$$

$$\Delta w = 0,00084 \frac{Kg_v}{Kg_a}$$

Volumen interior de la cámara.

Datos:

$$X_i = 0,68 \text{ m}$$

$$Y_i = 0,504 \text{ m}$$

$$Z_i = 0,55 \text{ m}$$

$$v_c = (0,68)(0,504)(0,55)m^3$$

$$v_c = 0,188496 m^3$$

Masa de aire seco.

$$v_c = (v_1)(m_a)$$

$$m_a = \frac{v_c}{v_1}$$

$$m_a = \frac{0,188496 m^3}{1,114 \frac{m^3}{Kg}}$$

$$m_a = 0,16 Kg_a$$

Masa de agua.

$$m_h = (\Delta w)(m_a)$$

$$m_h = \left(0,00084 \frac{Kg_v}{Kg_a}\right)(0,16 Kg_a)$$

$$m_h = 0,0001344 Kg_v \frac{1 m^3}{1000 Kg_v} \frac{1000 lt}{1 m^3}$$

$$m_h = 0,0001344 lt$$

Por lo tanto en cada ciclo de humidificación se usará un total de 0,0001344 lt de agua para lograr un valor medio en la humedad sin sobrepasar los rangos establecidos por las normas usadas.

3.5.2.2 Selección del tipo de humidificador. Los humidificadores son muy importantes dentro de diferentes ámbitos de las industrias como por ejemplo en la alimenticia ya que son usados para la conservación de alimentos perecederos y el acondicionamiento del suelo dentro de invernaderos, su uso en la medicina es ideal en el acondicionamiento de cuartos para heridos de quemaduras, termo cunas y estancias para recién nacidos, en otro ámbito la mecánica no puede dejar de lado los humidificadores ya que estos

representan una parte muy importante de las cámaras de acondicionamiento, envejecimiento y ensayos de corrosión para diferentes materiales.

Por tal motivo dichas cámaras de acondicionamiento presentan una elevada temperatura interior gracias a las resistencias eléctricas que poseen, lo cual en conjunto con la recirculación del aire, provoca la des humidificación del ambiente interno haciendo que la selección del humidificador sea un punto importante.

En el mercado nacional existen dos tipos principales de humidificadores descritos a continuación.

- Humidificador por vaporización.
- Humidificador por ultrasonido.

a) Humidificador por vaporización. Son humidificadores muy accesibles gracias a su bajo costo, funcionan con electricidad calentando directamente el agua desde un reservorio por lo que presenta un consumo elevado, son ideales en tiempos de funcionamiento cortos, pueden ser usados con agua del grifo sin ningún efecto perjudicial, debido a que usan una fuente de calor para vaporizar el agua presentan riesgo de quemaduras y al expulsar vapor caliente elevan considerablemente la temperatura ambiente en el interior de la habitación que se encuentren.

b) Humidificador por ultrasonido. Los humidificadores ultrasónicos son más costosos que los vaporizadores, poseen una pequeña membrana para entrar en contacto únicamente con la superficie del agua, la cual mediante vibraciones ultrasónicas crea una nube de vapor suficiente mente ligera para esparcirse por toda la habitación, son muy eficientes respecto a consumo eléctrico y funcionamiento, gracias a que no utilizan fuente de calor el riesgos de quemaduras no está presente y el vapor de agua expulsado estará a temperatura ambiente.

El análisis realizado determino que el humidificador ideal para la cámara de acondicionamiento será el que utiliza el método de ultrasonido en su funcionamiento ya que deberá estar en el interior de la misma sin alterar la temperatura ambiente.

Figura 65. Humidificador ultrasónico



Fuente: (Good, 2014)

3.5.2.3 Dimensionamiento del tanque de agua. El diseño del tanque de agua estará determinado en base al consumo que presente el humidificador dentro de un tiempo determinado, junto con el nivel al cual se deberá ubicar la membrana ya que esta no debe estar sumergida para su correcto funcionamiento, previamente se obtuvo la cantidad de agua necesaria para un ciclo de humidificación la cual es 0,0001344 *lt*.

Al realizar una prueba de acondicionamiento continuo durante cinco días se determinó el tiempo en el cual se realiza cada ciclo de humidificación, dándonos los siguientes resultados.

Tabla 22. Consumo de agua para el total de ciclos en humidificación

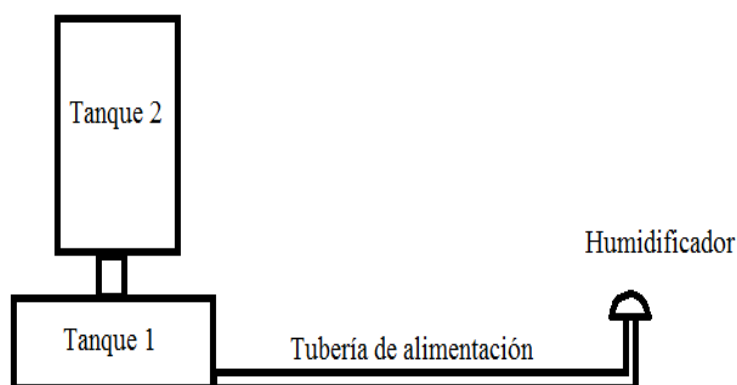
Días	Ciclos	Tiempo (min)	Consumo (lt)
0,01	1	15	0,0001344
5	480	7200	0,065

Fuente: Autor

La capacidad total para el depósito que utilizara el humidificador durante el tiempo de acondicionamiento será de 0,065 *lt* asegurando el buen funcionamiento del mismo.

El dimensionamiento del tanque se lo realizará de acuerdo a los 0,065 *lt* y a la altura máxima que deberá ubicarse la membrana del humidificador como muestra el esquema a continuación.

Figura 66. Esquema dimensional de los tanques



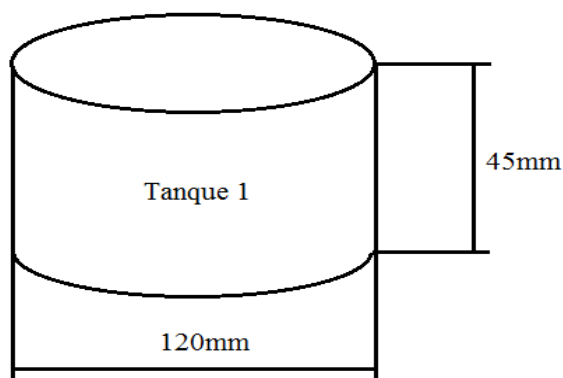
Fuente: Autor

Como se puede ver en la figura el tanque uno y el tanque dos se encuentran conectados por una tubería creando el efecto de llenado por gravedad, según se vaya consumiendo el agua con el humidificador, se escogió este sistema de alimentación ya que la membrana del instrumento no debe estar sumergida, para su correcto funcionamiento deberá únicamente encontrarse en contacto con la superficie del agua, por tal motivo el tanque uno deberá tener la altura de agua máxima prevista a la cual se colocara el humidificador en el interior de la cámara.

Las medidas del tanque uno y tanque dos son las siguientes:

a) *Tanque uno.* Sera considerado como el tanque del cual se tomará directamente el agua para el humidificador, su altura es de 45 mm y tiene forma circular, con un diámetro de 120 mm como muestra el siguiente gráfico.

Figura 67. Esquema dimensional del tanque uno



Fuente: Autor

Con las medidas indicadas en el tanque uno, se determinara la capacidad que tiene el mismo.

$$V = \pi r^2 h \quad (16)$$

$$V_{T1} = \pi (60 \text{ mm})^2 (45 \text{ mm})$$

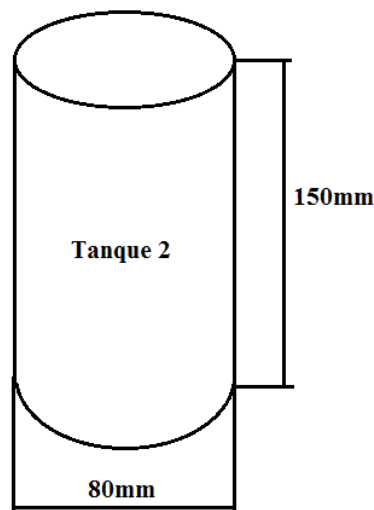
$$V_{T1} = 508938 \text{ mm}^3$$

$$V_{T1} = 508938 \text{ mm}^3 \left(\frac{1 \text{ lt}}{1000000 \text{ mm}^3} \right)$$

$$V_{T1} = 0,5 \text{ lt}$$

b) *Tanque dos.* El tanque dos por otra parte proveerá de agua al tanque uno, haciendo la función de reservorio, poseerá una altura de 150 mm con forma circular y un diámetro de 80 mm como muestra la siguiente figura.

Figura 68. Esquema dimensional del tanque dos.



Fuente: Autor.

Con las medidas indicadas en el tanque dos, se determinara la capacidad que tiene el mismo.

$$V_{T2} = \pi (40 \text{ mm})^2 (150 \text{ mm})$$

$$V_{T1} = 753982,2 \text{ mm}^3$$

$$V_{T2} = 753982,2 \text{ mm}^3 \left(\frac{1 \text{ lt}}{1000000 \text{ mm}^3} \right)$$

$$V_{T2} = 0,75 \text{ lt}$$

La capacidad total de los tanques será de.

$$V_T = V_{T1} + V_{T2}$$

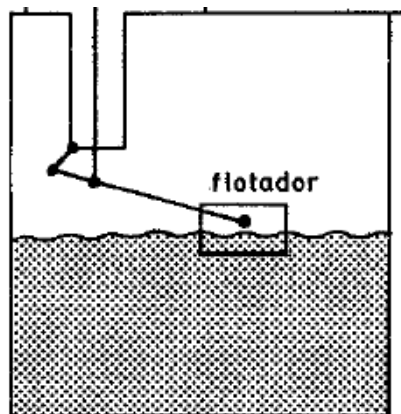
$$V_T = (0,5 + 0,75) \text{ lt} = 1,25 \text{ lt}$$

Superando la capacidad requerida para el acondicionamiento durante las 120 hr, asegurando así la integridad del sistema para la humidificación.

3.5.2.4 Diseño del medidor de nivel para el agua. La medición del nivel de un líquido es muy importante, tanto como el control de la presión u otras variables para el buen funcionamiento en el proceso realizado, existiendo métodos para la medición total o por niveles, en el tanque que se esté implementando el sistema.

a) Medición total. La medición total es un método muy sencillo de implementar ya que únicamente se encarga de medir el nivel superficial del líquido, mediante una boya de flotación, la misma que puede activar un sistema de reposición o una alarma.

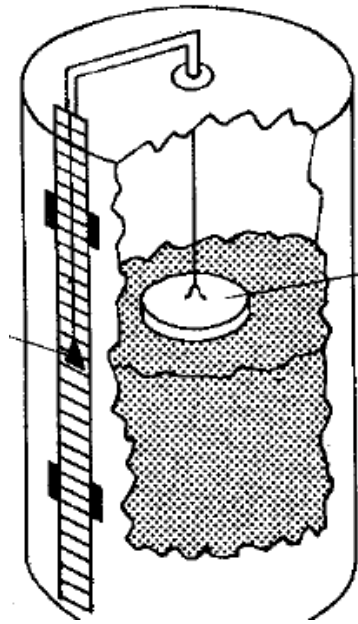
Figura 69. Medición total en el nivel de un tanque.



Fuente: (EUMAR , 2013)

b) Medición por niveles. La medición por niveles es mucho más complicada que la anterior, ya que involucra componentes eléctricos y electrónicos en su mecanismo de funcionamiento para lograr datos exactos y no solo en la superficie del tanque sino a lo largo de toda la pared del mismo, haciéndolo ideal para el uso en compañías que requieran niveles precisos en el transcurso de un proceso.

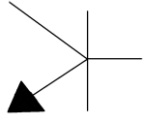
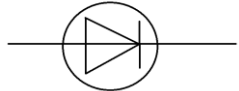

Figura 70. Medición por niveles para un tanque.



Fuente: (EUMAR , 2013)

Para la cámara de acondicionamiento se escogió el segundo método, gracias a su beneficio en la determinación exacta del nivel para el agua que se usará en el humidificador, los componentes que se usarán estarán descritos en la tabla siguiente.

Tabla 23. Componentes del sistema de medición de nivel de agua.

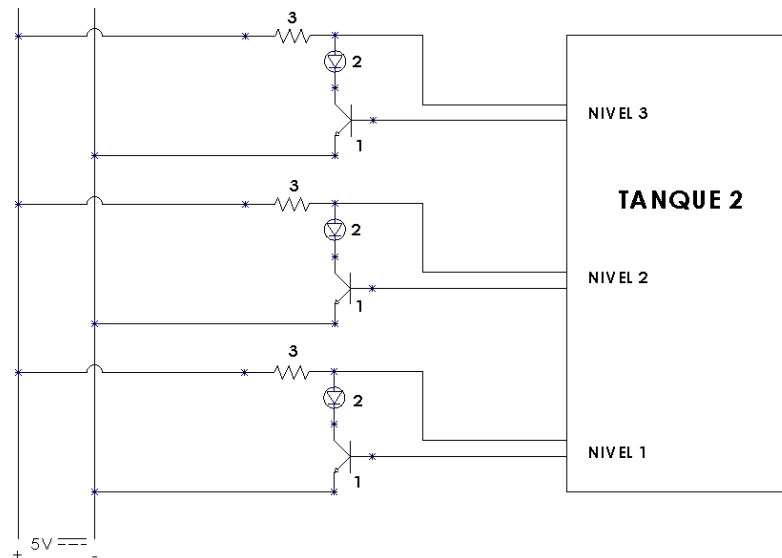
NÚMERO	COMPONENTE	SÍMBOLO
1	Transistor 2N2222	
2	Diodo emisor de luz	
3	Resistencia de 220Ω	

Fuente: Autor

El sistema estará constituido por cinco circuitos independientes, de los cuales dos estarán como referencia en el tanque uno y tres estarán como referencia en el tanque dos, los mismos que poseerán un transistor 2N2222, una resistencia de 220Ω y un diodo

LED el cual se encontrara en el panel de control como indicador visual, el siguiente esquema muestra el método de conexiones para los diferentes elementos.

Figura 71. Circuito de nivel para el tanque dos



Fuente: Autor

Cada uno de los circuitos funcionara alimentado por cinco voltios, el interruptor que accionará cada diodo LED será el nivel del líquido en el interior del tanque, por tal motivo los contactos en el interior deberán estar a una distancia no superior a 5mm para su correcto funcionamiento.

3.5.3 Módulo 3. Dentro del módulo tres se analizarán los siguientes puntos:

- Selección del controlador automático.
- Selección de los sensores.
- Conexiones eléctricas.

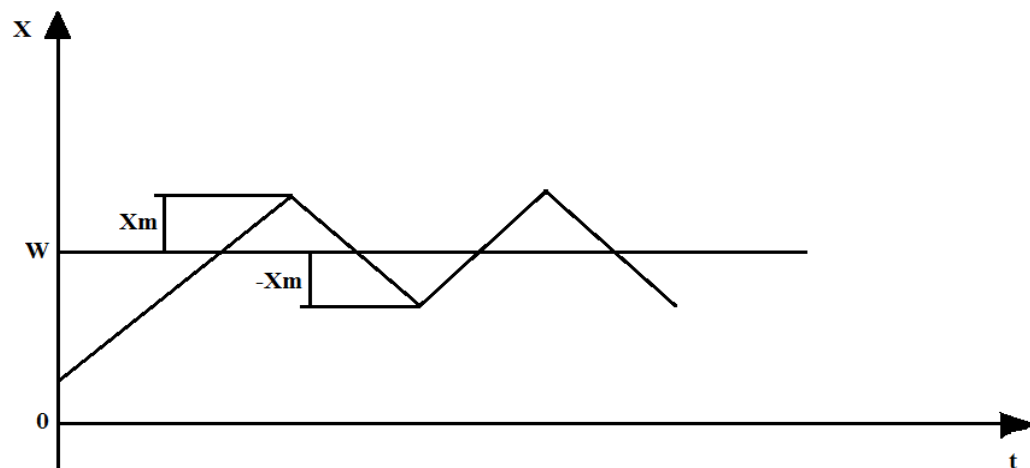
3.5.3.1 Selección del controlador automático. En el pasado el único control que se realizaba en las industrias se daba directamente por parte del operario encargado del proceso, el cual mediante su experiencia adquirida a lo largo de los años determinaba el tiempo y las condiciones a las que se debía someter un elemento, por tal motivo dicho elemento en la mayoría de las ocasiones no cumplía las condiciones establecidas de fabricación, debido a esta deficiencia en el proceso y a la mayor exigencia en la calidad para el producto se dio paso a la aparición del control automático.

Existen diferentes tipos de control que se pueden presentar para un proceso en general a continuación se detallara el funcionamiento que presta cada uno de ellos.

- Control todo-nada (ON/OFF)
- Control proporcional-integral-derivativo (PID)

a) *Control todo-nada (ON/OFF)*. El tipo de controlador ON/OFF presenta únicamente dos posiciones, similares a las de un interruptor haciéndolo uno de los sistemas más usados en la industria, debido a su funcionamiento no se podrá contar con un control preciso en la variable de referencia lo cual presentara una oscilación en la lectura, las mismas que se encontraran dentro de un rango previamente establecido, los controladores con accionamiento mecánico presentan un tiempo entre el encendido y el apagado del actuador conocido como histéresis, mientras que los controladores con accionamiento electrónico no presentan histéresis.

Figura 72. Oscilación de la señal en un controlador ON/OFF



Fuente: Autor

Donde:

X = Variable que se controlara

t = Tiempo transcurrido

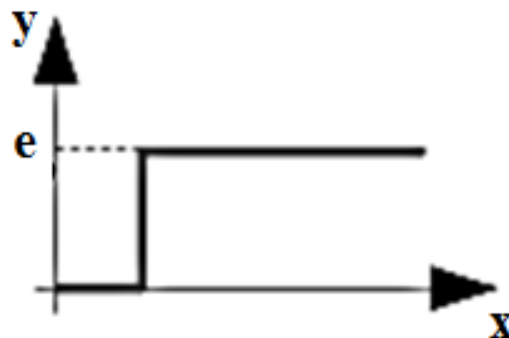
W = Referencia de la variable a controlar

Xm = Punto máximo y mínimo al cual la variable puede llegar

b) *Control proporcional-integral-derivativo (PID)*. Los controladores de tipo proporcional-integral-derivativo (PID) trabajan con una realimentación de laso cerrado muy utilizados en las industrias para el control de maquinaria que desempeña diferentes procesos simultáneamente, la realimentación permite calcular el error presente entre la señal de salida y el valor deseado logrando así el ingreso de dicho error para corregir la salida, presentan tres parámetros el proporcional, el integral y el derivativo los cuales dependen del tipo de proceso y la programación que se desee pudiendo prescindir de dos de ellos, a continuación se detallara el uso para cada parámetro.

Proporcional. El parámetro proporcional es la base de la programación PID por tal motivo dicho parámetro no puede ser cero, al no presentarse activos los otros parámetros se miden las oscilaciones producidas por el error en la salida del proceso determinando así una constante proporcional llamada ganancia la misma que interviene tratando de reducir el error hasta que sea cero.

Figura 73. Oscilación de la señal para un control proporcional



Fuente: Autor

Integral. El parámetro integral actúa de acuerdo al tiempo de control total, acumulando los errores producidos en dicho rango, de tal forma la señal que se presenta para realizar una corrección en la salida será lenta, actuando de manera efectiva mientras más tiempo transcurra, por tal motivo al utilizar el historial de errores para la corrección de los mismos, el valor de la señal será siempre diferente de cero aun cuando no se produzca error.

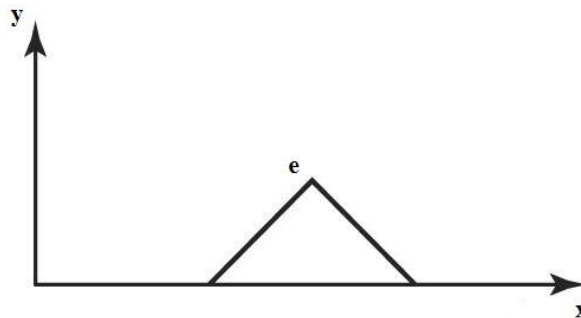
Figura 74. Oscilación de la señal para un control integral



Fuente: Autor

Derivativo. El parámetro derivativo es el que proporciona mayor sensibilidad de acción frente a cualquier error presente en la señal de salida, ajustando con mayor rapidez el tiempo de estabilización y evitando que la desviación en la señal sea demasiado grande con respecto a su valor establecido.

Figura 75. Oscilación de la señal para un control integral



Fuente: Autor

El análisis que se realizó para los dos tipos de controladores más comunes en el mercado, nos ayudara en la determinación del adecuado para la cámara de acondicionamiento.

Ya que al ambiente contenido dentro de la cámara deberá únicamente dársele control de la temperatura y humedad bajo un rango permisible, un controlador que opera de modo ON/OFF con relés de tipo mecánico sería el adecuado en nuestro caso.

La marca FULL GAUGE posee una extensa lista de controladores semi industriales, los cuales se especializan en el control de la temperatura y humedad, se utilizara el controlador MT-530E SUPER que posee tres salidas para diferentes tipos de actuadores

las mismas que se utilizaran en el control de la resistencia eléctrica, el humidificador y el ventilador presentes en el interior de la cámara de acondicionamiento.

Figura 76. Controlador MT-530E SUPER



Fuente: (FULL-GAUGE, 2013)

3.5.3.2 Selección de los sensores. Para la elección adecuada de los sensores se debe conocer una serie de información básica, como las variables que se quiere censar, el ambiente en el que se encontraran las sondas, los rangos de medición a los que estarán expuestos y la precisión que deberá darse en la lectura.

Por esta razón FULL GAUGE incorpora en cada uno de sus controladores la sonda necesaria para un buen funcionamiento con las siguientes características técnicas.

- Temperatura de control. -10 a 70 °C (± 1,5 °C)
- Humedad de control. 10 a 85 % Hr (± 5 % Hr)
- Precisión en la lectura. 0,1 °C / 0,1% Hr
- Rangos de operación. -10 a 70 °C / 10 a 85 % Hr

Figura 77. Sensor conjugado de temperatura y humedad



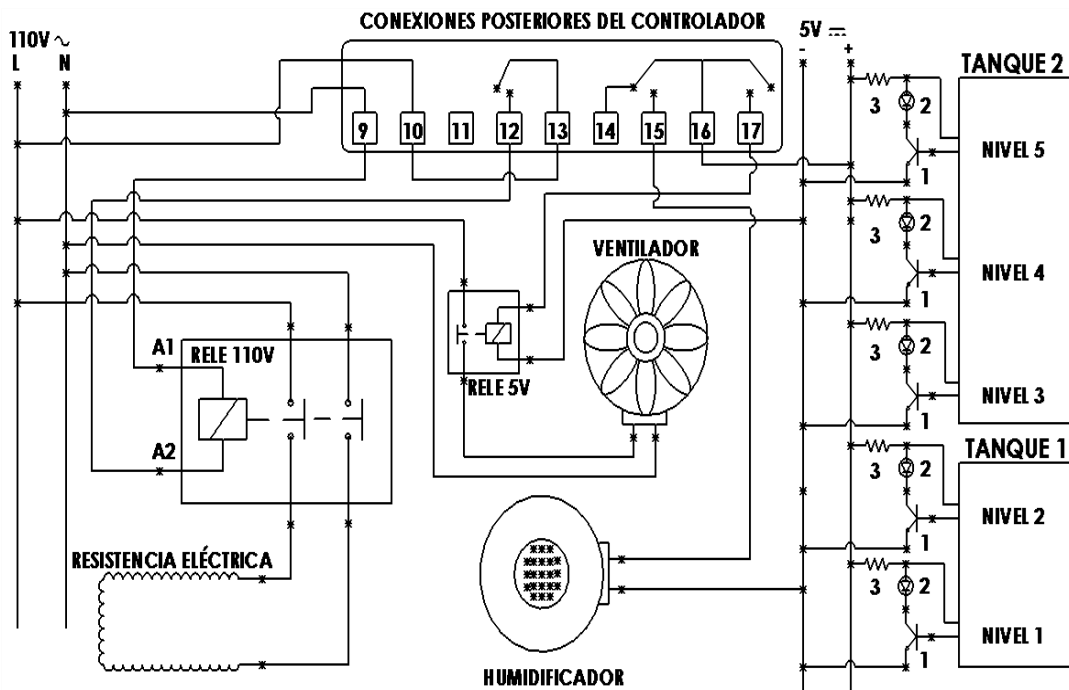
Fuente: (FULL-GAUGE, 2013)

3.5.3.3 Conexiones eléctricas. Se determina conexiones eléctricas a cada uno de los elementos utilizados en el transporte, control y aprovechamiento de la energía eléctrica.

Es de suma importancia asegurar el correcto funcionamiento de los elementos utilizados, así como los métodos propicios que garanticen evitar paradas en el funcionamiento de la máquina y la optimización de los recursos presentes.

A continuación se esquematiza las conexiones y elementos usados para la cámara de acondicionamiento.

Figura 78. Circuitos eléctricos



Fuente: Autor

Selección del calibre para los conductores eléctricos. El cable que conducirá la electricidad deberá ser el más adecuado para soportar tanto el voltaje como la corriente que circulará por él.

El cobre es uno de los materiales más usados en la construcción de conductores eléctricos, gracias a sus excelentes propiedades mecánicas estando o no con un aislante ya sea constituido por una sola hebra de alambre o por varias hebras unidas entre sí.

a) *Alambre para 110V*. El calibre necesario lo terminara la potencia, intensidad y voltaje total que se suministrara a todos los elementos que consumen electricidad dentro de la cámara de acondicionamiento, a continuación se mencionara cada uno de ellos.

Tabla 24. Componentes usados en el interior de la máquina

ELEMENTO	POTENCIA (w)	VOLTAJE (V)
Controlador	57,6	110
Resistencia eléctrica	286,125	
Ventilador	20,33	
Humidificador	4,56	
Total	368,515	110

Fuente: Autor

La potencia total necesaria es de 368,515w, se utilizara dicho valor para calcular el consumo necesario de intensidad eléctrica en amperes.

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

$$I = \frac{368,515 \text{ w}}{110 \text{ V}}$$

$$I = 3,35 \text{ A}$$

Habiendo obtenido la potencia y la intensidad requeridas se procede a seleccionar el calibre de cable que soportara los valores hallados sin presentar ningún inconveniente de la tabla presentada por el INEN.

Figura 79. Capacidad de corriente en conductores para aparatos

Sección transversal		Capacidad de corriente (A)
mm ²	AWG	
0,82	18	6
1,31	16	8
2,08	14	17
3,30	12	23
5,25	10	28

Fuente: (RTE-INEN-021, 2008)

El calibre de cable seleccionado para 110V será el número 18 AWG que soporta hasta 6 amperios, suficiente para el amperaje requerido.

b) Alambre para 5V. El humidificador utiliza una fuente independiente para poder funcionar correctamente, por tal motivo su consumo es de 5,7V y 800mA, debido a esto el conductor que se utilizara es el requerido para conexiones electrónicas o cable UTP.

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE ACONDICIONAMIENTO

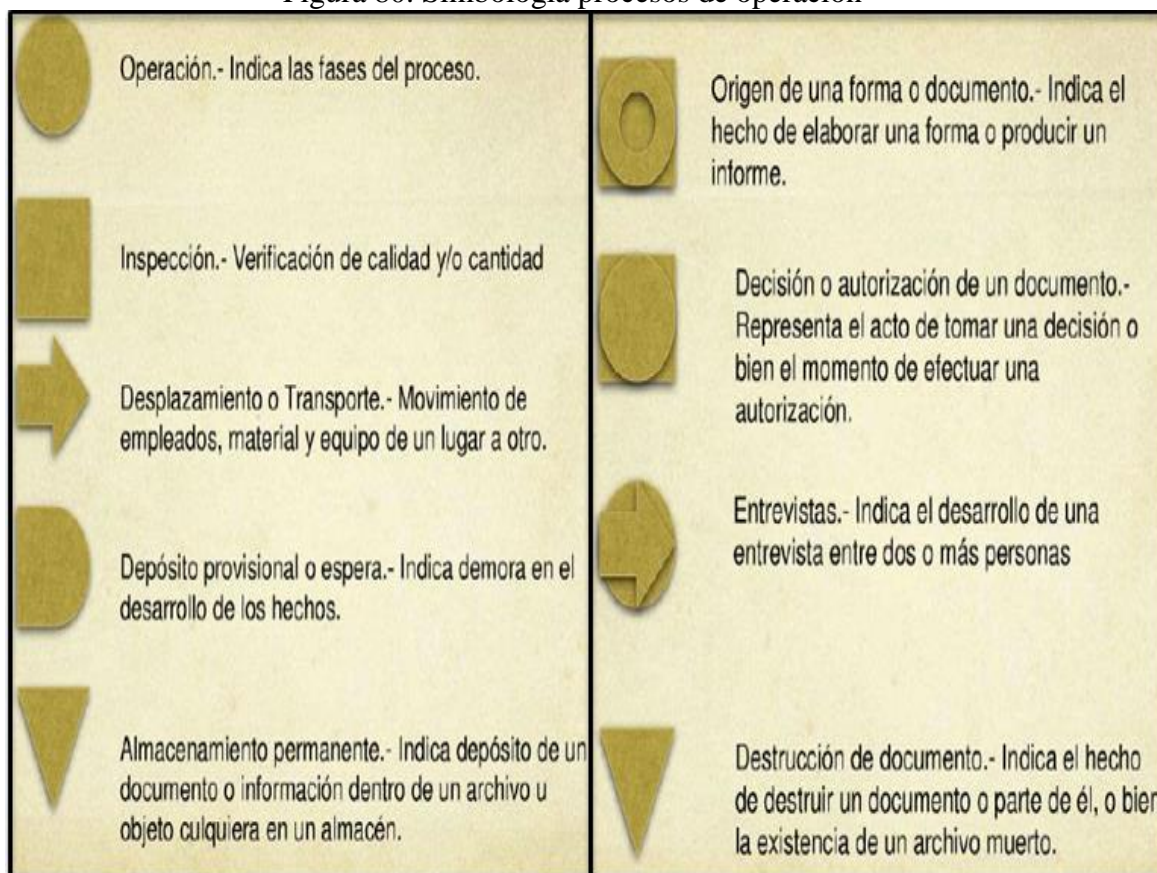
4.1 Objetivo del capítulo

El objetivo del presente capítulo es determinar los pasos adecuados, herramientas y métodos que servirán de guía durante la construcción de la cámara de acondicionamiento, presentando un documento a seguir en construcciones futuras.

4.2 Flujograma de construcción

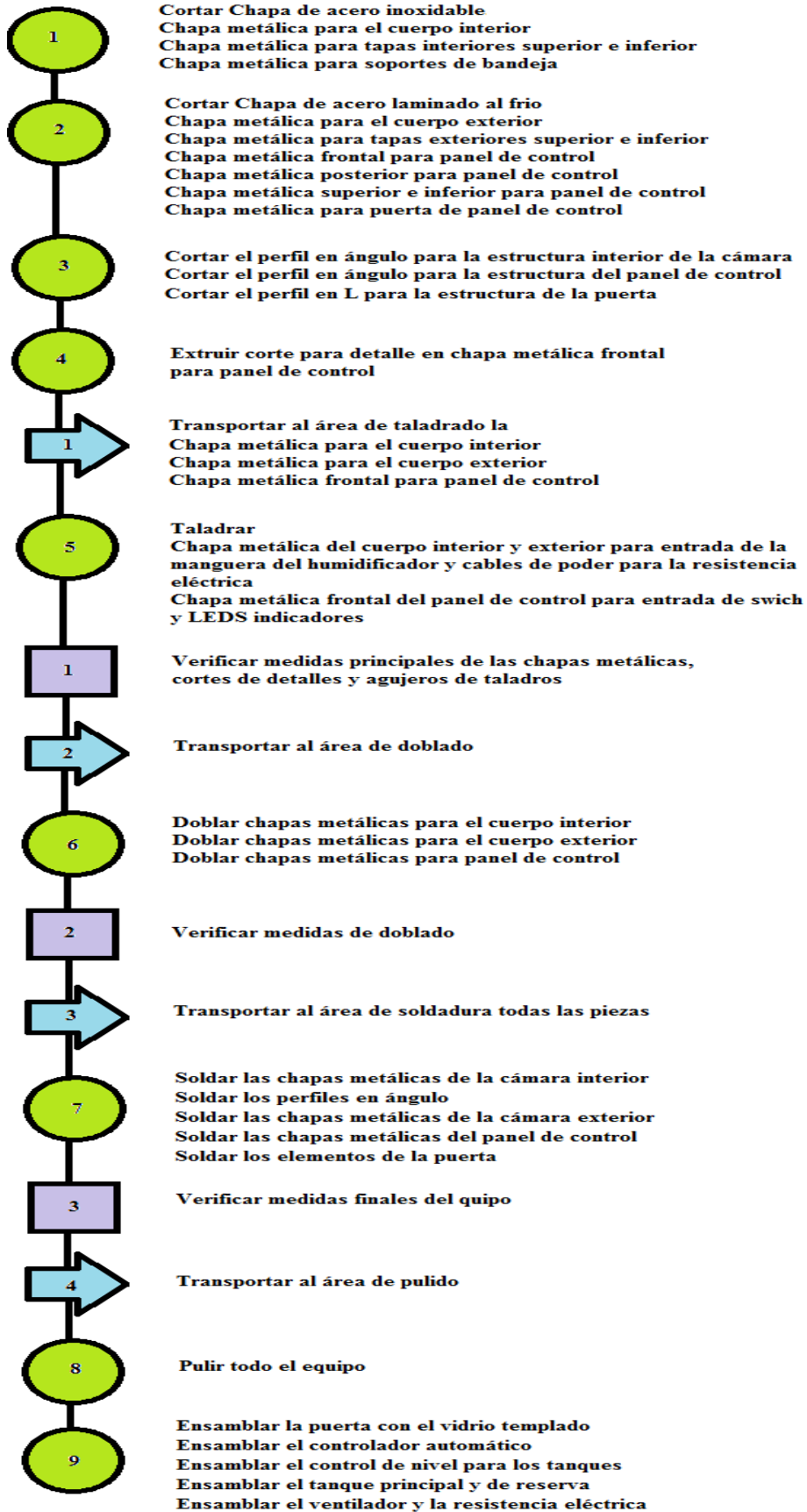
El flujograma de construcción detallara de forma rápida los pasos y procesos realizados durante la construcción para la cámara de acondicionamiento, se lo realizará siguiendo las especificaciones presentes en la Norma ASME como se muestra a continuación:

Figura 80. Simbología procesos de operación



Fuente: (NORMA-ASME, 1947)

Figura 81. Proceso de construcción para la cámara de acondicionamiento



Fuente: Autor

4.3 Construcción del equipo

Una vez realizado el mejor diseño posible gracias a las especificaciones tomadas de las normas ISO 3795-1989 y US-FMVSS 302 se procederá con la construcción, en la cual se detallara cada uno de los procesos realizados y la maquinaria utilizada.

4.3.1 Corte y dobles de las planchas de acero. Debido a que las medidas tanto internas como externas de la máquina, se determinaron de acuerdo al número de probetas introducidas para el acondicionamiento, se procederá a formar las cámaras mediante chapa metálica presentando las siguientes medidas.

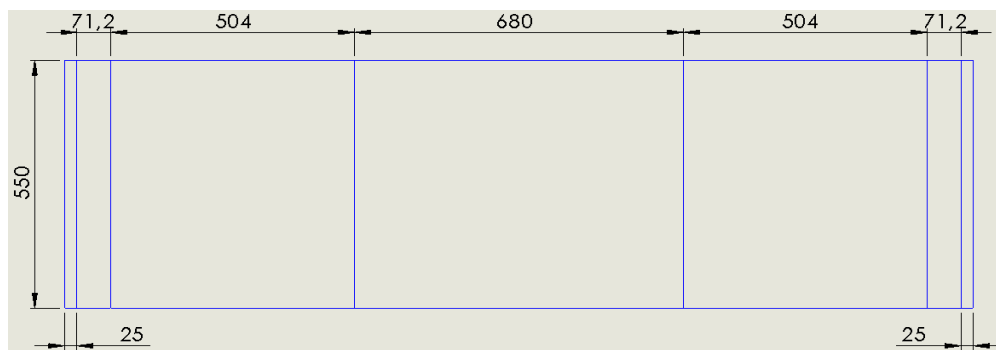
4.3.1.1 Corte de la chapa metálica interior. La cámara interior está construida en acero inoxidable AISI 304-b de grado alimenticio, presenta un espesor de 1,2mm, constituida por cuatro piezas las cuales son:

- Cuerpo interior
- Tapas interiores superior e inferior
- Soportes de bandejas

Las mismas que serán soldadas para obtener la forma requerida, a continuación se detallara las dimensiones para cada una de ellas.

a) *Cuerpo interior.* Se determina cuerpo, a la pieza principal de la cámara interior, la chapa metálica fue cortada mediante cizalla hidráulica obteniendo un solo corte preciso, logrando así conseguir las medidas especificadas ya que no tiene detalles internos en su contorno.

Figura 82. Dimensiones de la chapa metálica para el cuerpo interior



Fuente: Autor

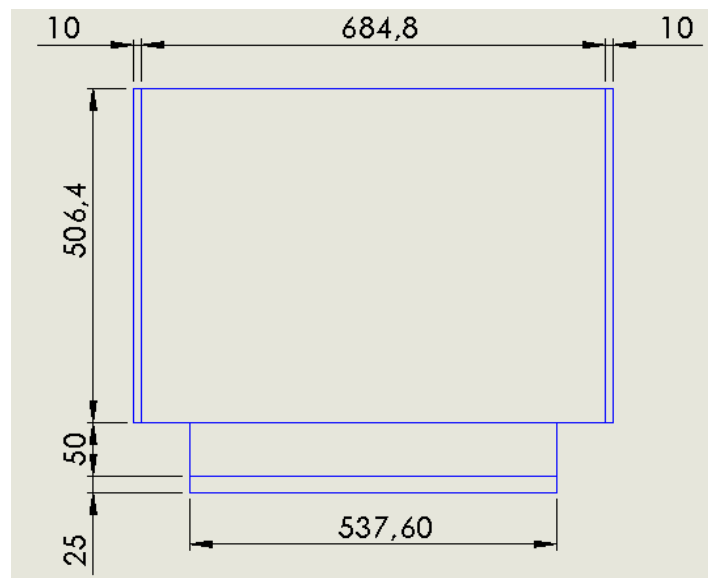
Figura 83. Corte de la chapa metálica mediante cizalla hidráulica



Fuente: Autor

b) *Tapas interiores superior e inferior.* Ya que las tapas superior e inferior poseen dimensiones similares se presentara las especificaciones para una sola de ella, y en el caso de la tapa superior se realizarán cuatro agujeros en el centro que servirán para ubicar el ventilador.

Figura 84. Dimensiones de la chapa metálica para las tapas interiores superior e inferior



Fuente: Autor

Debido a que la forma de las tapas posee un detalle en su contorno, se realizará el corte mediante cizalla manual proporcionando así un mejor manejo del material, dándole mayor precisión en los detalles complicados.

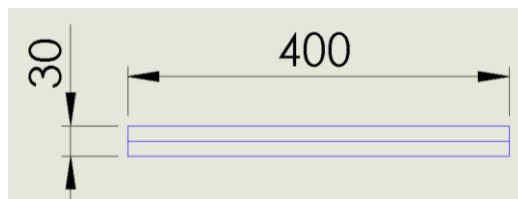
Figura 85. Corte de la chapa metálica mediante cizalla manual



Fuente: Autor

c) *Soportes de bandejas*. En el interior del cuerpo se soldaran cuatro soportes en forma de L, los mismos que servirán de apoyo para las bandejas en las que se colocaran las probetas durante su acondicionamiento.

Figura 86. Dimensiones de la chapa metálica para los soportes de bandejas



Fuente: Autor

4.3.1.2 Dobles de la chapa metálica interior. El doblado de las chapas metálicas se lo realizo mediante la máquina dobladora de tol de muelas, en la cual se pudo ir dando la forma requerida para cada una de las piezas que conforman la cámara interior.

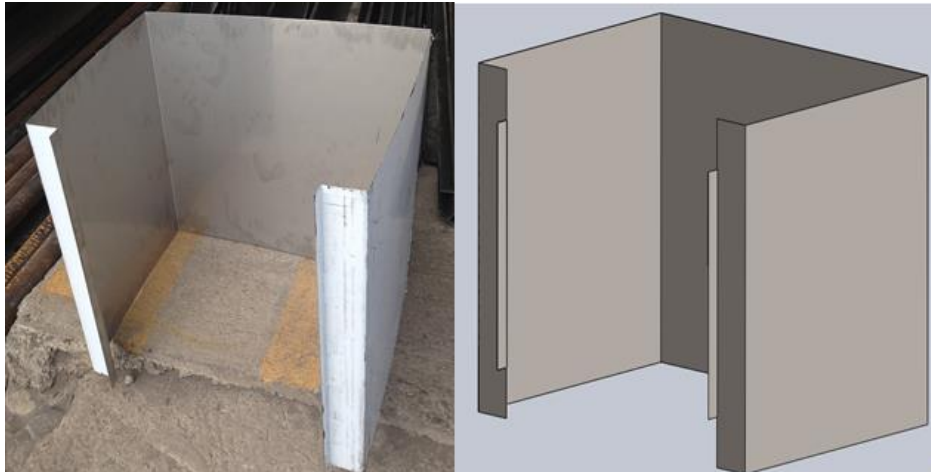
Figura 87. Doblado de la chapa metálica



Fuente: Autor

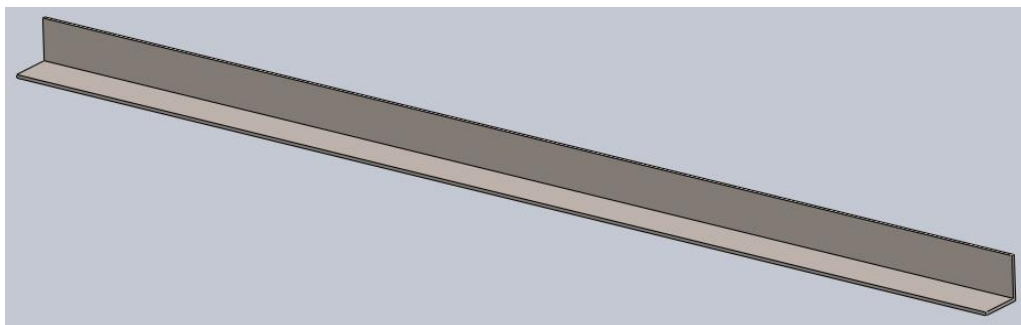
a) *Doblado del cuerpo interior, soportes de bandejas y tapas superiores e inferiores.* A continuación se presentan las formas terminadas para el cuerpo y las tapas superior e inferior de la cámara interior.

Figura 88. Doblado del cuerpo interior



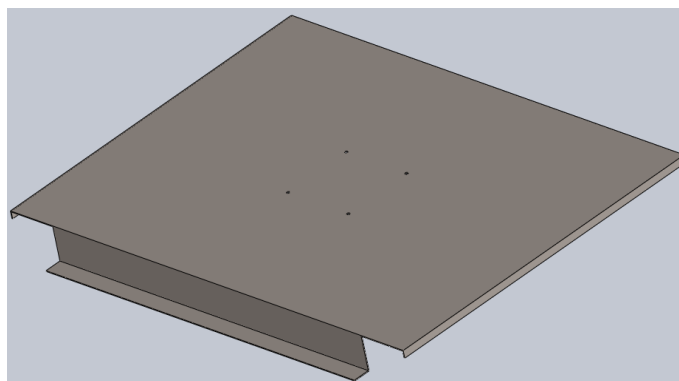
Fuente: Autor

Figura 89. Doblado de los soportes para bandeja



Fuente: Autor

Figura 90. Doblado de las tapas interiores superior e inferior



Fuente: Autor

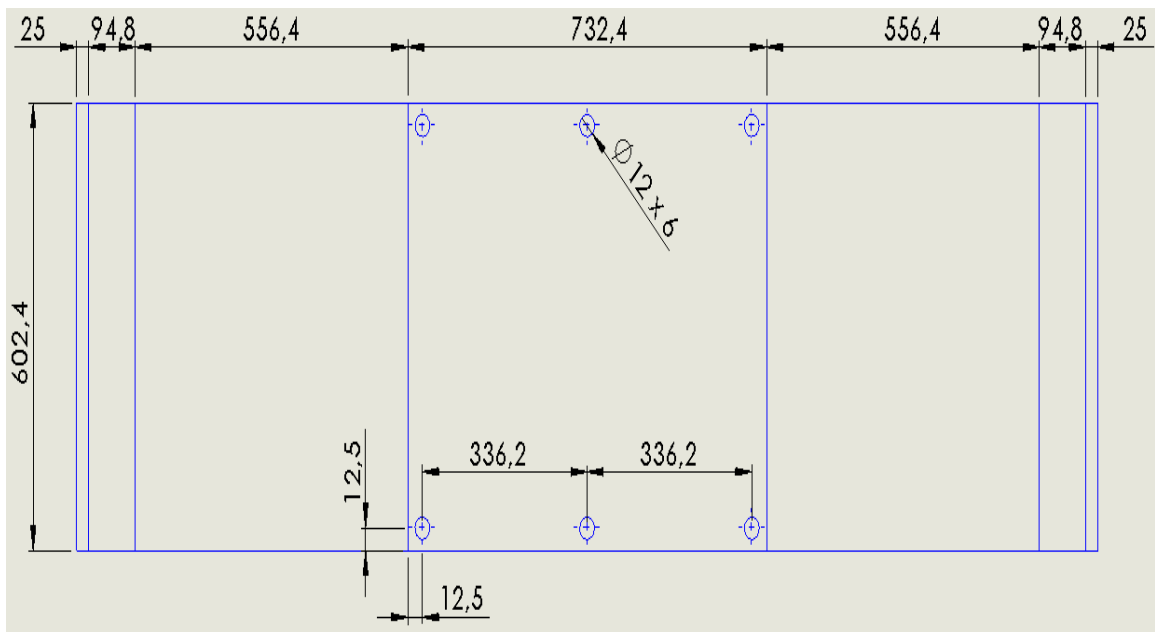
4.3.1.3 Corte de la chapa metálica exterior. La cámara exterior está construida con acero laminado al frío, presenta un espesor de 1,4mm, constituida por tres piezas principales que son:

- Cuerpo exterior
- Tapas exterior superior e inferior

Posee también la estructura que sostiene la cámara interior en su lugar, a continuación se detallara las dimensiones para cada uno de ellos.

a) *Cuerpo exterior.* El cuerpo exterior será el encargado de soportar la cámara interior por tal motivo se soldara la estructura en sus paredes, también se realizarán seis agujeros en la parte posterior, los mismos que serán usados para ingresar el poliuretano en las paredes una vez se encuentre armadas las dos cámaras.

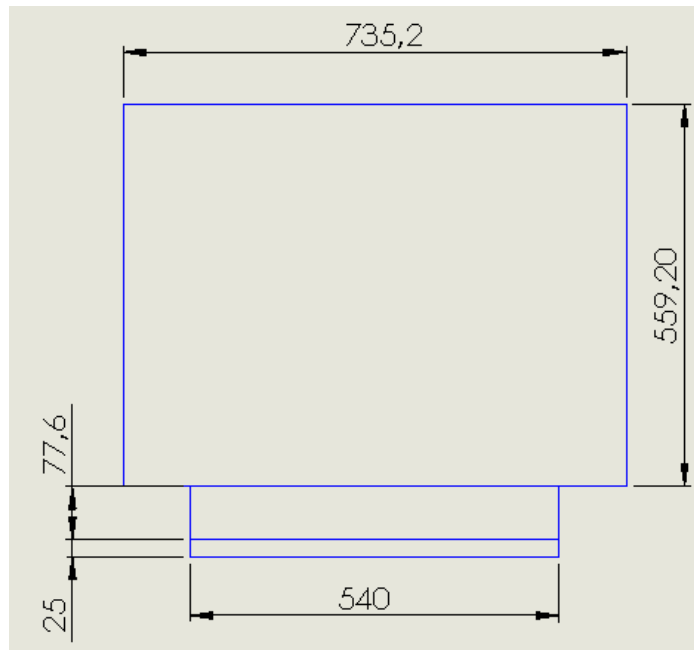
Figura 91. Dimensiones de la chapa metálica para el cuerpo exterior



Fuente: Autor

b) *Tapas exterior superior e inferior.* Del mismo modo como en la cámara interior, las tapas para la cámara exterior son iguales, por tal motivo se describirán las dimensiones de una sola de ellas.

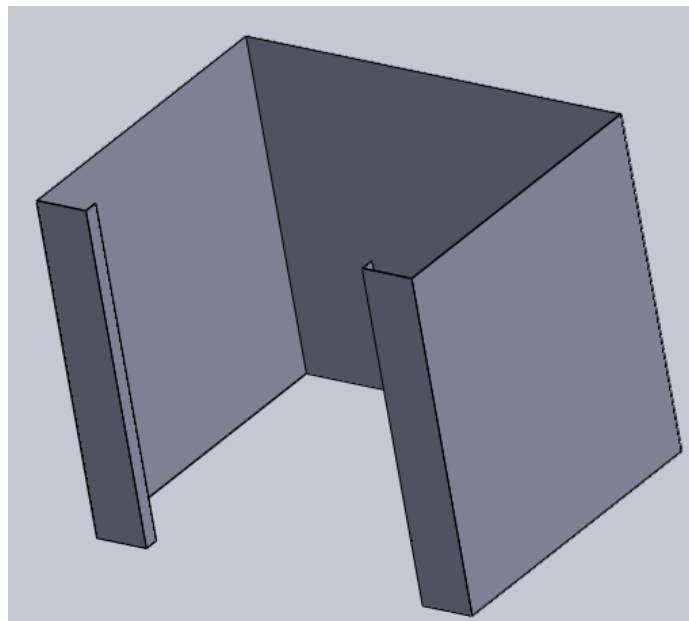
Figura 92. Dimensiones de la chapa metálica para las tapas exterior superior e inferior



Fuente: Autor

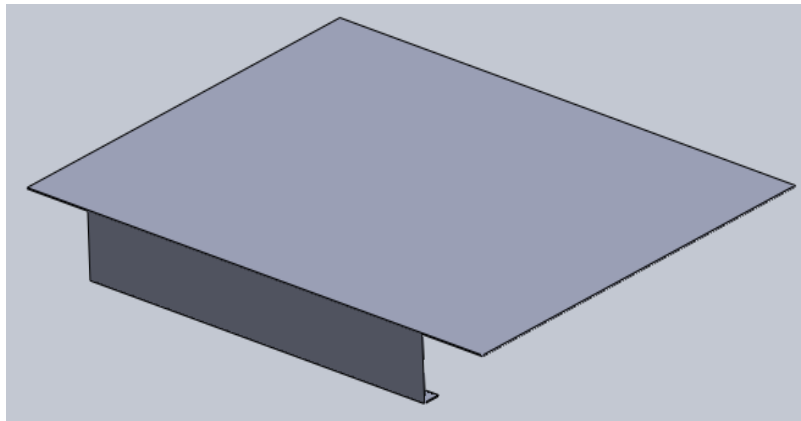
4.3.1.4 Doblado de las chapas metálicas exteriores. El doblado de las chapas metálicas exterior se lo realizo de la misma manera con la máquina dobladora de tol de muelas, formando de esta manera la protección que cubrirá los elementos internos y el aislamiento en la cámara, presentando la siguiente configuración.

Figura 93. Doblado del cuerpo exterior



Fuente: Autor

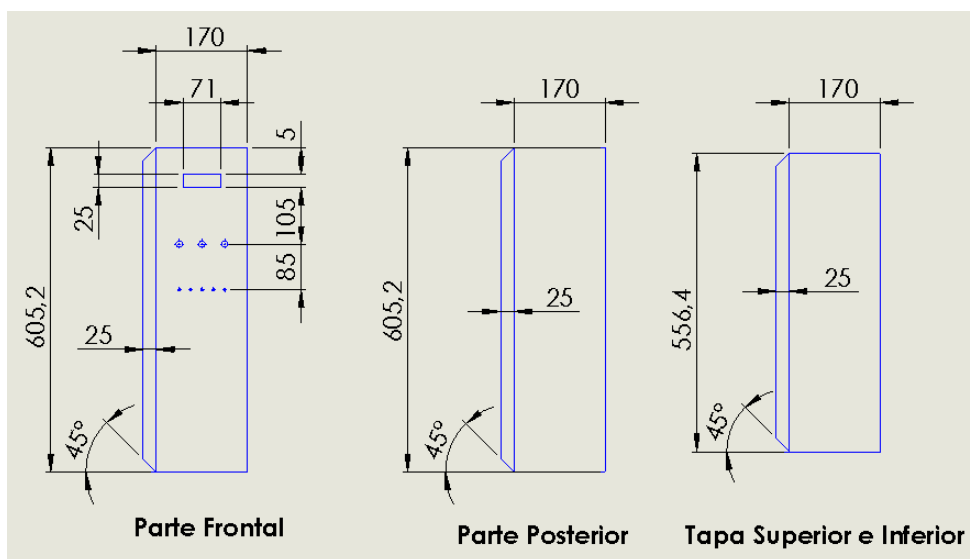
Figura 94. Doblado de las tapas exteriores superior e inferior



Fuente: Autor

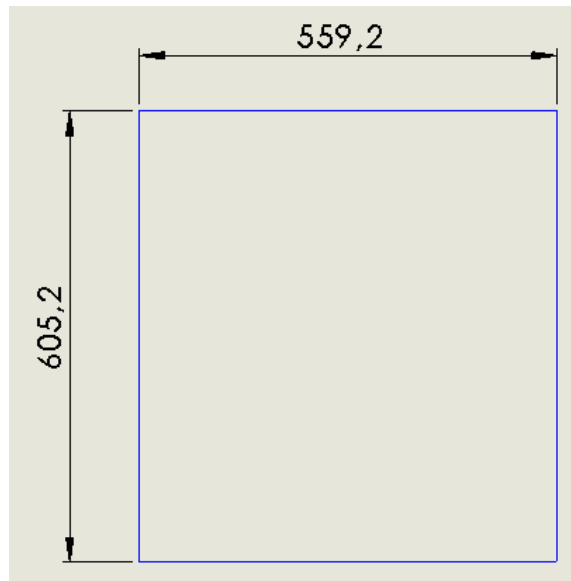
4.3.1.5 Corte de la chapa metálica para el panel de control y los tanques. La chapa metálica que cubrirá los tanques de almacenamiento de agua así como todos los elementos eléctricos y el controlador será ubicada en la parte izquierda de la máquina, sujetándola a ella mediante una estructura de ángulos, poseerá un agujero cuadrado de $71 \pm 0,5 \text{ mm} \times 25 \pm 0,5 \text{ mm}$ en el cual se colocara el controlador, tres agujeros redondos de 12 mm en los cuales se ubicaran los swich para el control de la máquina y por último se realizarán cinco agujeros de 5 mm en los cuales se colocaran los LED que servirán de indicador para el nivel de los tanques, a continuación se muestran las dimensiones específicas para cada uno de los agujeros antes descritos, así como el de la chapa metálica completa.

Figura 95. Dimensiones de la chapa metálica para el panel de control



Fuente: Autor

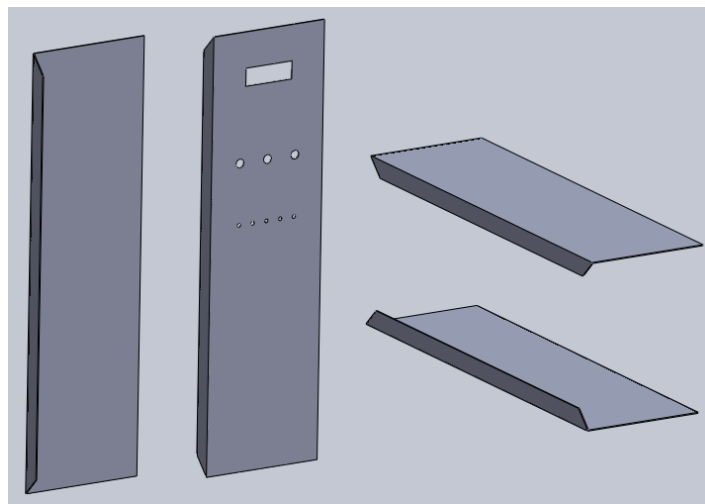
Figura 96. Dimensiones de la chapa metálica para la puerta del panel de control



Fuente: Autor

4.3.1.6 Dobles de la chapa metálica para el panel de control y los tanques. El panel de control no fue doblado como un solo cuerpo, se lo realizo con placas separadas las mismas que se unieron mediante ángulos, a continuación se presenta su configuración.

Figura 97. Doblado de las chapas metálicas para el panel de control



Fuente: Autor

4.3.2 Elementos para la puerta de la cámara. La puesta de la cámara de acondicionamiento estará construida con tubo L ASTM A36 debido a que proporciona un alojamiento apropiado para la colocación del vidrio templado, del empaque en su contorno, y además es ideal para la incorporación del poliuretano extruido en su interior

garantizando así el aislamiento en la puerta, será cortado mediante la máquina herramienta Cortadora de acero eléctrica como se muestra a continuación.

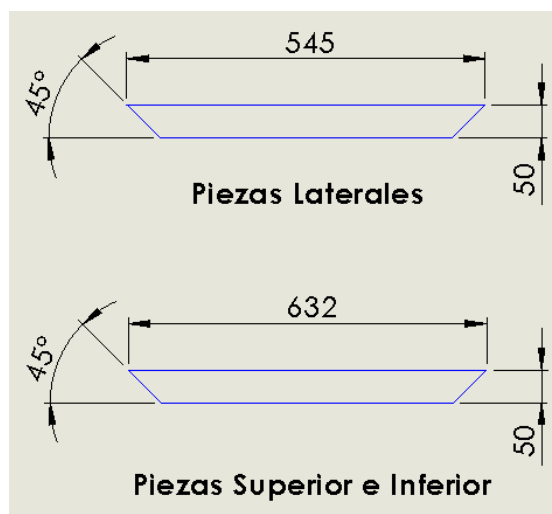
Figura 98. Cortadora eléctrica



Fuente: Autor

4.3.2.1 Corte de los elementos para la puerta. Se deberá cortar cuatro pedazos de tubo L para formar la puerta, los mismos que poseen un corte a 45° en cada extremo haciéndolos más prácticos para su unión mediante soldadura a continuación se detallara las medidas para cada uno de ellos.

Figura 99. Corte de los elementos para la puerta



Fuente: Autor

4.3.3 *Ensamble de la cámara de acondicionamiento.* Una vez se haya doblado todas las chapas metálicas que constituyen la cámara de acondicionamiento, se realizará el ensamble de la misma, para lo cual se utilizara soldadura de diferentes tipos, especificada en cada ensamble.

4.3.3.1 *Ensamble de la cámara interior.* Ya que la cámara interior estará constituida por acero inoxidable se realizará su ensamble mediante soldadura MIG realizando una serie de puntos de unión, dándonos como resultado la siguiente estructura.

Figura 100. Cámara interior



Fuente: Autor

4.3.3.2 *Ensamble de la cámara exterior.* La cámara exterior al estar constituida por acero laminado al frio será formada mediante soldadura eléctrica, realizando una serie de cordones en las uniones de la chapa metálica y en la estructura interior se procederá con una serie de puntos de unión directamente sobre la chapa, dándonos como resultado la siguiente estructura.

Figura 101. Cámara exterior



Fuente: Autor

4.3.3.3 *Unión entre la cámara exterior y la cámara interior.* Una vez se tenga lista la cámara interior y la cámara exterior este sin una de las tapas se procederá introduciendo la cara interior para así sellar la cámara exterior como se muestra a continuación.

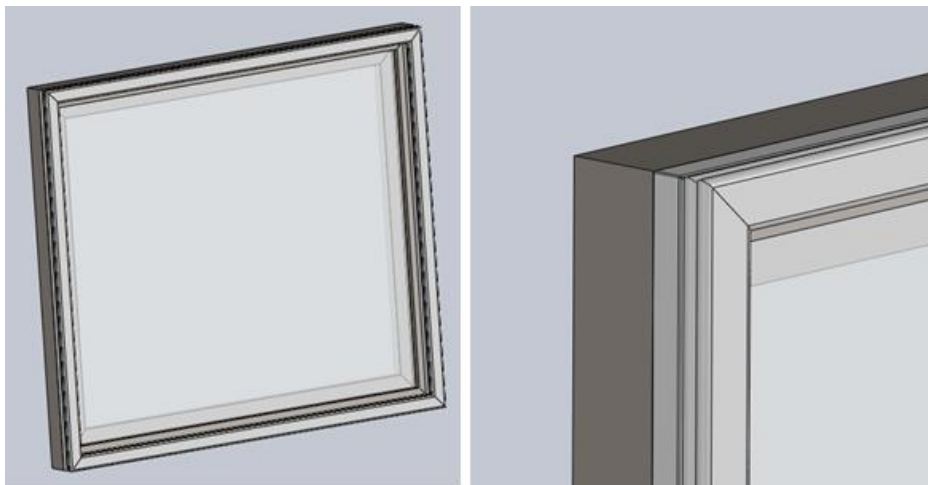
Figura 102. Unión de las dos cámaras



Fuente: Autor

4.3.3.4 *Unión entre los elementos que forman la puerta.* La puerta de la cámara de acondicionamiento estará formada por las cuatro piezas ya anteriormente descritas, el vidrio templado y el empaque en su contorno, asegurando el aislamiento del ambiente exterior dándonos como resultado el siguiente elemento.

Figura 103. Puerta de la cámara de acondicionamiento



Fuente: Autor

4.3.3.5 Unión entre las cámaras y la puerta. Una vez se termine de unir las cámaras y se les dé un acabado final se puede colocar la puerta previamente construida, se construirán dos soportes como se muestra a continuación.

Figura 104. Unión de las cámaras con la puerta



Fuente: Autor

4.3.3.4 Unión entre la cámara con el panel de control. Ya que el panel de control se lo construyo al final esta fue la última parte en la unión de la cámara de acondicionamiento para terminar el trabajo mecánico dándonos como resultado la siguiente estructura.

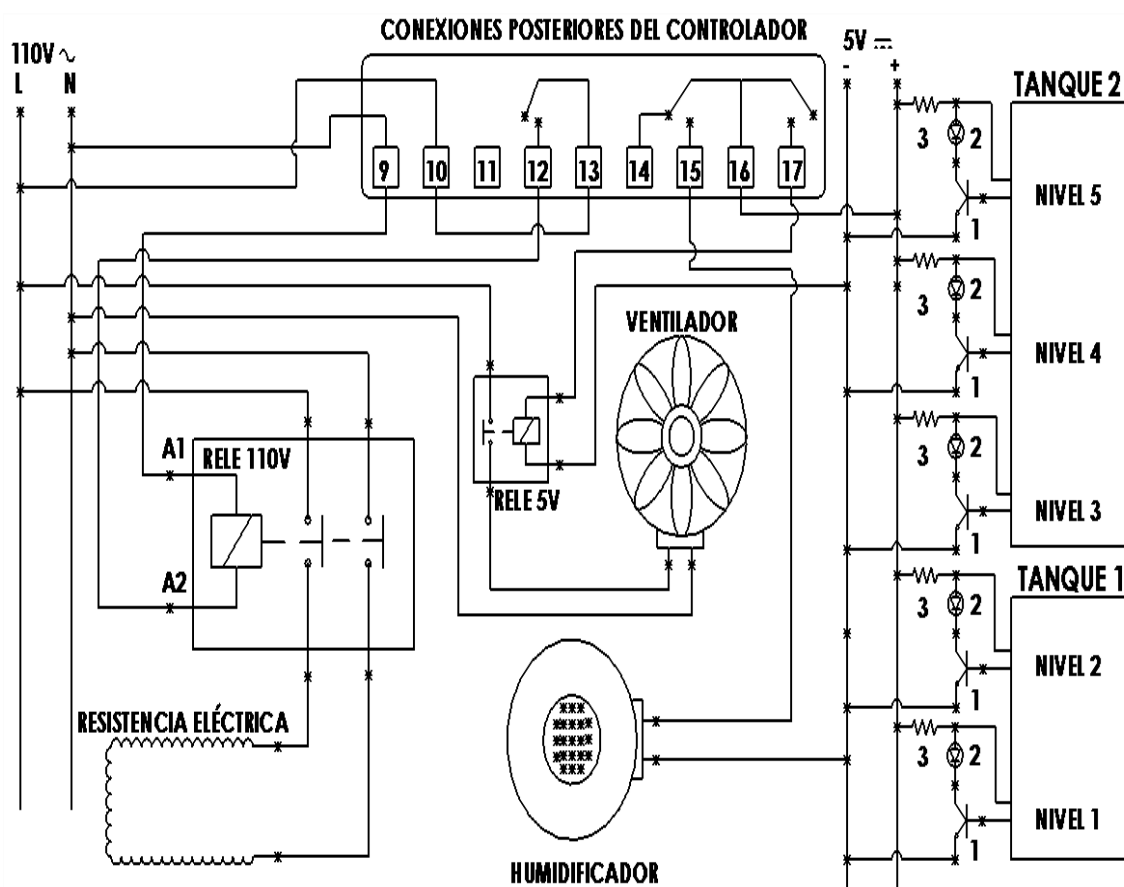
Figura 105. Unión de la cámara con el panel de control



Fuente: Autor

4.3.4 Colocación de los instrumentos y elementos eléctricos y electrónicos. Una vez terminado el ensamble de la cámara de acondicionamiento se procederá con la instalación y colocación de los elementos eléctricos y electrónicos para comprobar su funcionamiento, se deberá colocar también los tanques que proporcionaran el agua, para dicho propósito se deberá recurrir a la Figura 78 en la que se muestran las instalaciones eléctricas para el controlador, así como la etapa de control y potencia de la resistencia eléctrica, ventilador y el humidificado.

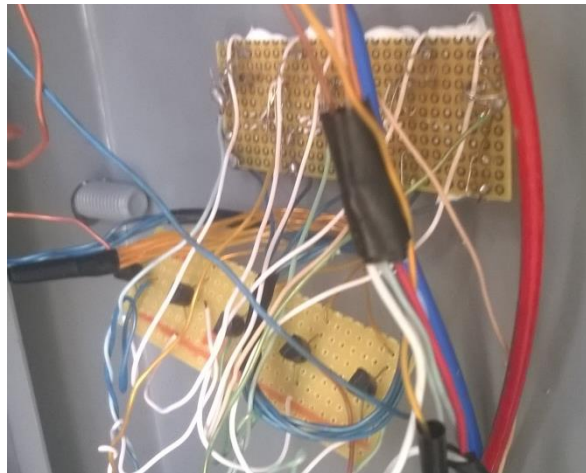
Figura 74. Circuitos eléctricos



Fuente: Autor

Los circuitos eléctricos que se utilizó para el medidor de nivel del agua, fueron impresos en baquelitas, facilitando la unión de cada uno de sus componentes y al estar integrados en un solo lugar se garantiza el funcionamiento del conjunto, dejando de lado alteraciones por fuentes externas, como se muestra a continuación:

Figura 106. Elementos del medidor de nivel



Fuente: Autor

Para que la cámara funcione correctamente se instaló también los tanques de alimentación y reserva del agua, como se muestra a continuación:

Figura 107. Tanques de alimentación y reserva de agua



Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

5.1 Objetivo del capítulo

El objetivo del presente capítulo es determinar el comportamiento del equipo una vez se haya terminado su construcción, y se encuentre en el lugar especificado para su funcionamiento.

5.2 Especificaciones de las variables a controlar

La cámara de acondicionamiento se construyó para manipular las variables de temperatura y humedad relativa, mismas que serán controladas en su interior, logrando así proporcionar un ambiente adecuado para las probetas a ensayar, los valores que se especifican fueron tomados de la norma ISO 3795-1989 los cuales son:

Datos:

- Temperatura interior. $T_i = 23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$
- Humedad relativa interior. $\Phi_i = 50 \% \pm 5 \%$

5.3 Descripción del funcionamiento

El funcionamiento de la cámara de acondicionamiento está determinado por el controlador de temperatura y humedad MT-530 E súper.

El cual posee dos entradas para ubicar la sonda encargada de medir las variables a controlar, y tres salidas dos de las cuales se usan como control para la temperatura y humedad, dejando la tercera para ser usada en nuestro caso como control del ventilador que se encuentra en el interior de la cámara.

Una vez el equipo se encuentra encendido se deberá verificar los valores mínimos a los cuales está seteado la temperatura, humedad y en el caso del ventilador al encontrarse controlado por la temperatura el valor máximo especificado para su funcionamiento, siendo los siguientes:

- Temperatura resistencia eléctrica $T = 23,1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Humedad relativa $\phi = 48\text{ }%$
- Temperatura para el ventilador $T = 24,2\text{ }^{\circ}\text{C}$

5.3.1 Funcionamiento de los actuadores. La siguiente descripción representa el funcionamiento general del equipo, habiendo verificado que la programación del controlador es la correcta, se pueden activar los actuadores que funcionaran de la siguiente manera.

a) *Resistencia eléctrica.* La resistencia eléctrica estará controlada por la temperatura en el interior de la cámara, por tal motivo una vez que se active los actuadores si la temperatura es menor de $23,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ el relé encargado de la resistencia se enclavara permitiendo el paso de energía a la misma, hasta que se superen los $23,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ lo cual provocara que la energía se corte.

b) *Humidificador.* El humidificador estará controlado por la humedad relativa en el interior de la cámara, por tal motivo una vez que se active los actuadores si la humedad es menor del $48\text{ }%$ el relé encargado del humidificador se enclavara permitiendo el funcionamiento del mismo, de lo contrario si la humedad es mayor del $48\text{ }%$ el humidificador no será activado.

c) *Ventilador.* Ya que el ventilador es el encargado de hacer recircular el aire en el interior de la cámara se encontrara controlado mediante la temperatura, y su funcionamiento es inmediato, una vez que la resistencia se encuentra encendida el ventilador actúa proporcionando calor al aire interior lo cual hace que la humedad descienda de forma inmediata, funcionando hasta que el aire interior alcance una temperatura de $24,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El funcionamiento de los tres actuadores es realizado de forma simultánea por el controlador, garantizando así que las variables en el interior de la cámara no sobrepasen los valores requeridos y se encuentren dentro de los rangos permitidos.

5.3.2 Gráfica del comportamiento inicial. La siguiente grafica determina el comportamiento inicial de la cámara de acondicionamiento desde el momento en el que se accionan los actuadores hasta el instante en el que se produce la estabilización de las variables, los siguientes datos fueron tomados cada minuto.

Tabla 25. Datos de temperatura y humedad iniciales

N°	Temperatura (°C)	Humedad (%)
1	19	57,7
2	19,6	58,9
3	20	58,4
4	20,4	57,4
5	21,1	56,3
6	21,7	55,3
7	22,5	54,2
8	23,1	52,6
9	25,3	48,1
10	26	47
11	27,7	43,4
12	28	42,1
13	28,4	42
14	28,6	41,7
15	28,7	41,3
16	28,8	41
17	28,7	41,2
18	28,6	41,4
19	28,4	42,1
20	28,1	42,7
21	27,9	43,3
22	27,6	43,8
23	27,3	44,6
24	27,2	45,3

Fuente: Autor

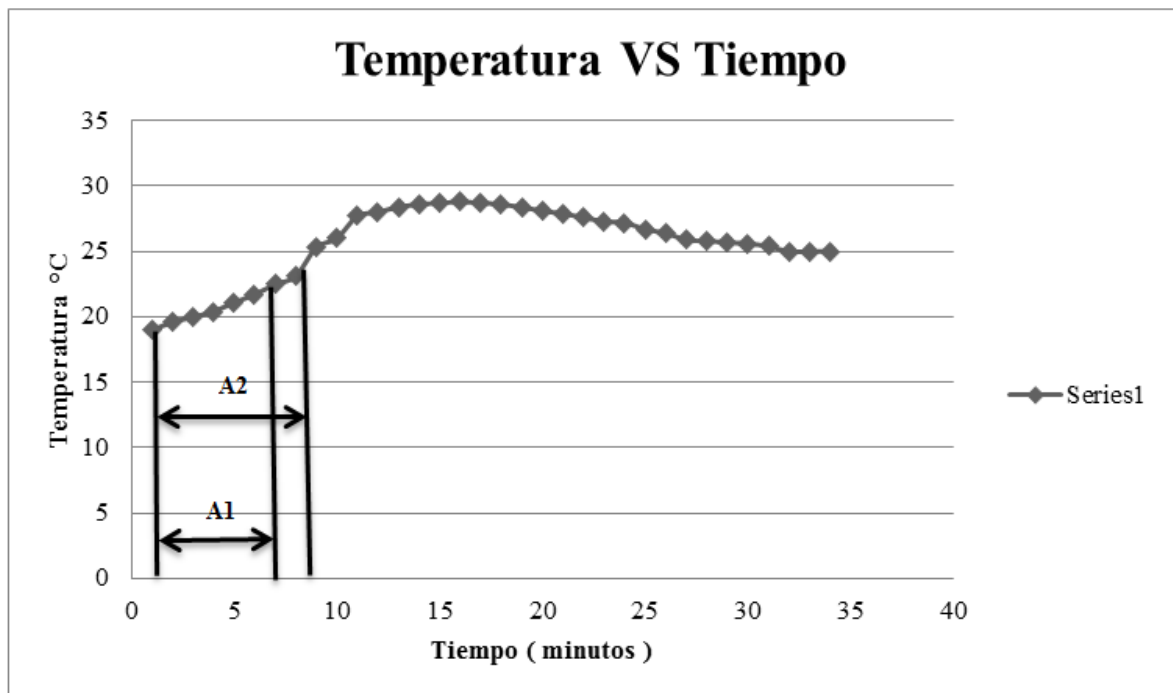
Tabla 25. (Continua) Datos de temperatura y humedad iniciales

25	26,7	46,4
26	26,4	47,2
27	25,9	49
28	25,8	49,3
29	25,7	49,7
30	25,6	50
31	25,4	50,5
32	25	51,5

Fuente: Autor

A continuación se especificará el instante en el que se encienden y se apagan los actuadores dependiendo de su programación.

Figura 108. Grafica temperatura inicial vs tiempo

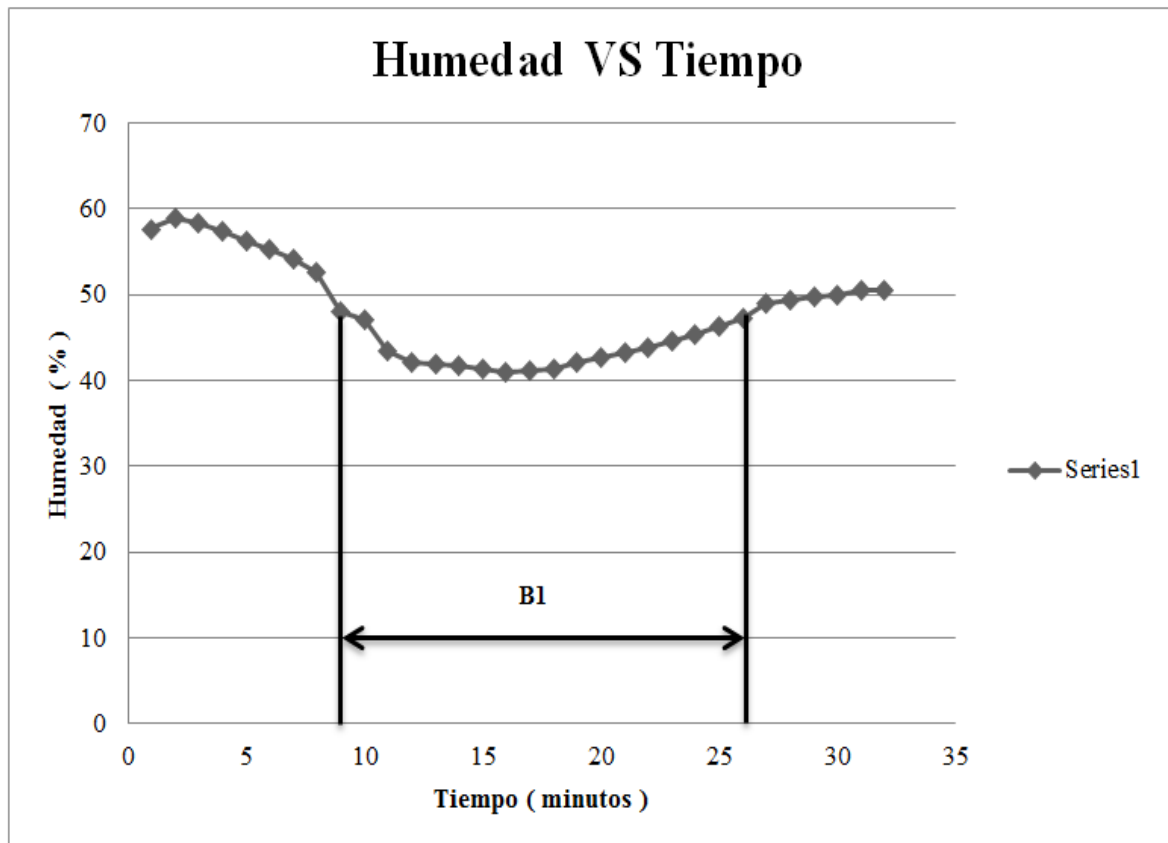


Fuente: Autor

Las cotas A1 y A2 determinan el tiempo en el que permanecen encendidos la resistencia eléctrica y el ventilador respectivamente, proporcionándole calor y haciendo recircular el aire en el interior de la cámara controlando de esta manera el exceso de humedad,

llegando a un punto máximo de temperatura con 28,8 °C y estabilizándose después de un tiempo de 32 minutos aproximadamente, estando muy cerca del valor propuesto para la realización de los cálculos en el diseño.

Figura 109. Grafica humedad inicial vs tiempo



Fuente: Autor

La cota B1 determina el tiempo en el que permanece encendido el humidificador, como se puede ver el mismo posee un tiempo de 9 minutos iniciales en el que no actúa, mismo tiempo en el que el ventilador permanece encendido haciendo recircular el aire para que la humedad descienda hasta el punto mínimo de 41 %, durante los siguientes minutos el humidificador ya se encuentra trabajando para lograr estabilizar la humedad después de un tiempo de 33 minutos aproximadamente, estando muy cerca del valor propuesto para la realización de los cálculos en el diseño.

5.4 Pruebas de estabilidad de variables

La estabilidad en las variables que se controlara es muy importante, ya que tanto la temperatura como la humedad no deberán sobrepasar los rangos establecidos por la norma ISO 3795-1989, pudiendo permanecer constantes o con variaciones leves.

Los datos que se presentaran a continuación fueron tomados durante seis días de acondicionamiento, proporcionando lecturas continuas durante el proceso de prueba para el equipo, las lecturas se tomaron desde las 9h00 AM hasta las 6h30 PM los primeros tres días, con un intervalo de treinta minutos entre lectura, los siguientes tres días se tomó lecturas desde las 9h00 AM hasta las 4h00 PM, con un intervalo de treinta minutos entre lectura, dándonos como resultado la siguiente tabla.

Tabla 26. Lecturas de temperatura y humedad

Hora	Lectura	Temperatura °C	Humedad %
9:00 AM	1	23,8	54,8
9:30 AM	2	24,5	53,4
10:00 AM	3	23,4	50,8
10:30 AM	4	23,5	52,9
11:00 AM	5	23,3	51,6
11:30 AM	6	23	52,7
12:00 PM	7	24,6	50,2
12:30 PM	8	24,1	50
1:00 PM	9	23,5	50,6
1:30 PM	10	24,2	51,1
2:00 PM	11	23,6	52,9
2:30 PM	12	23	51,7
3:00 PM	13	24,2	50,1
3:30 PM	14	23,5	51,3
4:00 PM	15	24,5	51,7
4:30 PM	16	23,8	50,7

Fuente: Autor

Tabla 26. (Continua) Lecturas de temperatura y humedad

5:00 PM	17	24,8	51,1
5:30 PM	18	24	51,5
6:00 PM	19	23,8	53,6
6:30 PM	20	23,6	52,5
9:00 AM	21	23,3	52,1
9:30 AM	22	25	49,6
10:00 AM	23	24,7	50
10:30 AM	24	24,3	50,4
11:00 AM	25	23,8	50,7
11:30 AM	26	24,8	51,1
12:00 PM	27	24	51,5
12:30 PM	28	23,8	51,8
1:00 PM	29	23,6	52,5
1:30 PM	30	23,1	52,8
2:00 PM	31	25	50,1
2:30 PM	32	24,2	50,7
3:00 PM	33	23,9	51,6
3:30 PM	34	23,7	51,9
4:00 PM	35	23,4	52,2
4:30 PM	36	23	52,7
5:00 PM	37	24,8	49,9
5:30 PM	38	24,1	50,2
6:00 PM	39	23,6	50,9
6:30 PM	40	23,2	51,6
9:00 AM	41	25	50,1
9:30 AM	42	24,3	50,9
10:00 AM	43	24	51,3
10:30 AM	44	23,6	52
11:00 AM	45	23,1	52,6

Fuente: Autor

Tabla 26. (Continua) Lecturas de temperatura y humedad

11:30 AM	46	24,7	50,7
12:00 PM	47	24,4	51,9
12:30 PM	48	23,8	52,5
1:00 PM	49	23,2	53,1
1:30 PM	50	24,6	51,8
2:00 PM	51	24,3	52
2:30 PM	52	24	52,1
3:00 PM	53	23,7	52,6
3:30 PM	54	23,2	52,7
4:00 PM	55	24,5	50,2
4:30 PM	56	24,1	50,9
5:00 PM	57	23,6	51,3
5:30 PM	58	23,1	51,5
6:00 PM	59	24,3	49,7
6:30 PM	60	23,9	50
9:00 AM	61	24,4	50,2
9:30 AM	62	24	50,9
10:00 AM	63	23,6	51,3
10:30 AM	64	23,2	51,6
11:00 AM	65	24,7	50,2
11:30 AM	66	23,8	50,7
12:00 PM	67	23,3	51,5
12:30 PM	68	23	51,7
1:00 PM	69	24,9	49,6
1:30 PM	70	24,3	50,1
2:00 PM	71	23,8	50,8
2:30 PM	72	23,5	51,4
3:00 PM	73	23,1	51,9
3:30 PM	74	24,7	50

Fuente: Autor

Tabla 26. (Continua) Lecturas de temperatura y humedad

4:00 PM	75	24,2	50,3
9:00 AM	76	25	50,4
9:30 AM	77	24,2	52
10:00 AM	78	23,9	52,3
10:30 AM	79	23,6	52,4
11:00 AM	80	23,2	52,8
11:30 AM	81	23	52,9
12:00 PM	82	23,8	52,9
12:30 PM	83	23,2	51,4
1:00 PM	84	23	51,7
1:30 PM	85	24,5	50,2
2:00 PM	86	23,1	51,9
2:30 PM	87	24,7	50
3:00 PM	88	24,2	50,3
3:30 PM	89	23,9	50,9
4:00 PM	90	23	51,6
9:00 AM	91	24,3	50,2
9:30 AM	92	23,9	50,9
10:00 AM	93	23,5	51,3
10:30 AM	94	23	51,6
11:00 AM	95	24,3	50,2
11:30 AM	96	23,6	50,7
12:00 PM	97	23,2	51,5
12:30 PM	98	22,9	51,7
1:00 PM	99	24,8	49,6
1:30 PM	100	24,1	50,1
2:00 PM	101	23,6	50,8
2:30 PM	102	23,2	51,4
3:00 PM	103	23,1	51,9

Fuente: Autor

Tabla 26. (Continua) Lecturas de temperatura y humedad

3:30 PM	104	24,3	50
4:00 PM	105	24	50,3

Fuente: Autor

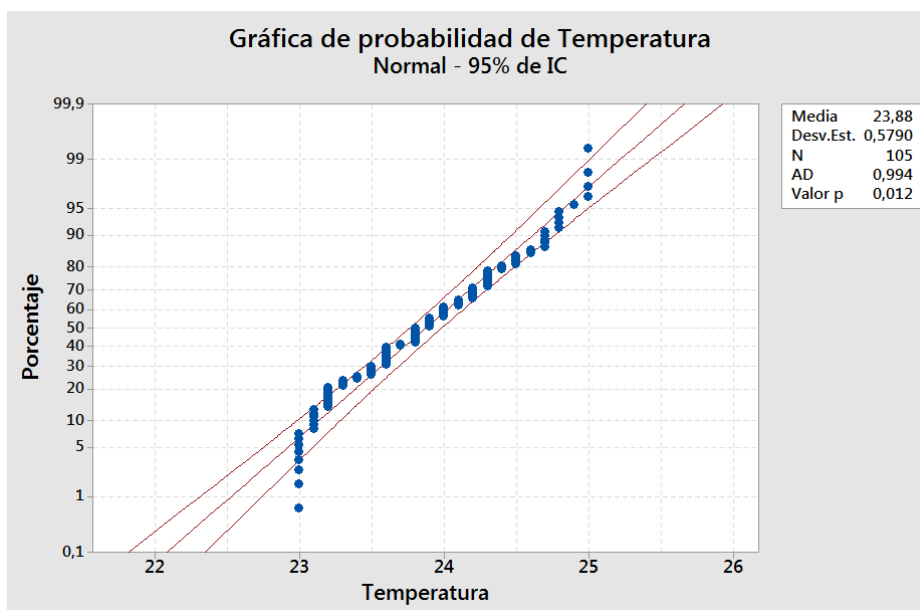
5.4.1 Ensayo de variables. El método que se usará para el estudio de los datos obtenidos será el de distribución normal, ya que dichos valores deberán seguir una distribución normal entre los rangos establecidos, determinando así que los parámetros y selección de equipos hechos para la cámara de acondicionamiento son correctos y que trabaja según lo esperado.

El método de distribución normal requiere que se calcule del valor medio y la desviación típica entre todas las lecturas, ya que se tiene dos tipos diferentes de variables como son la temperatura y la humedad será realizada la prueba para cada una de ellas por separado como se muestra a continuación.

5.4.1.1 Distribución normal para la temperatura. Se determinara la media y desviación típica de los datos obtenidos durante el acondicionamiento, determinando así el funcionamiento correcto del equipo.

a) *Grafica de normalidad temperatura.* Para determinar la gráfica de normalidad se utilizara el software MINITAB, en el cual se ingresaran los valores de temperatura tomados durante el acondicionamiento.

Figura 110. Grafica de normalidad para la temperatura

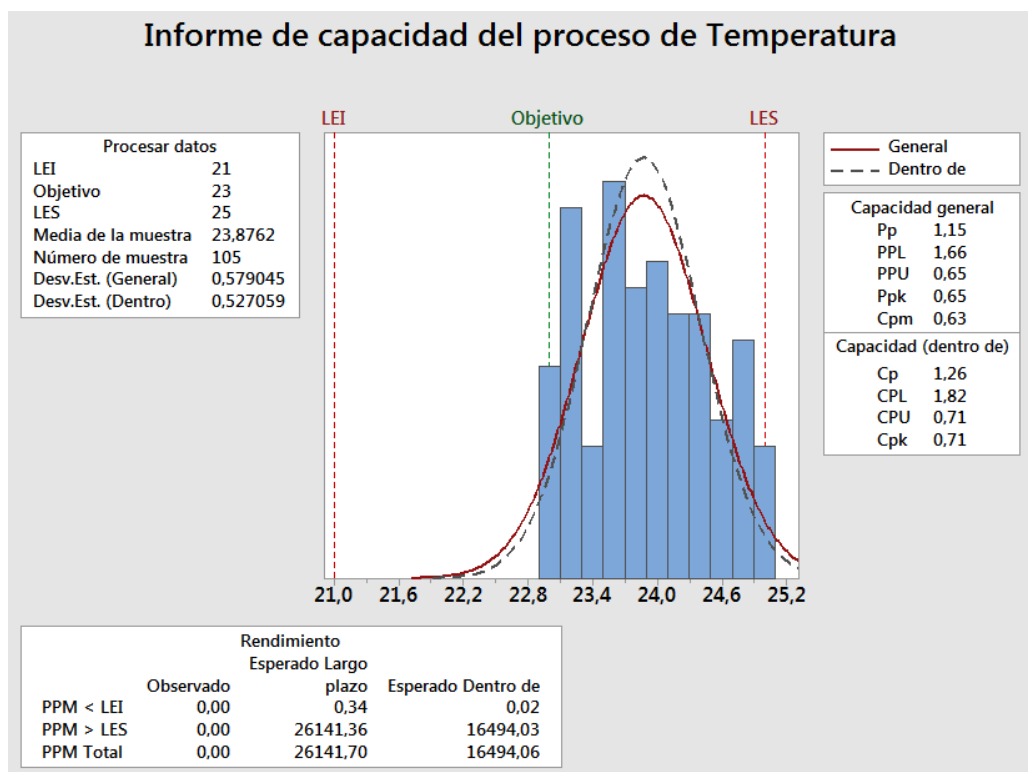


Fuente: (Microsoft, 2013)

Debido a que los datos obtenidos tienen un valor de probabilidad mayor a 0,01, se puede decir que la muestra de 105 valores de temperatura, procede de una población de tipo normal.

b) *Capacidad del proceso.* Todo proceso posee variabilidad a medida que se repite debido a causas aleatorias, dicha variabilidad estará medida en base a límites impuestos en el proceso, para la temperatura los límites serán $21^{\circ}\text{C} < T < 25^{\circ}\text{C}$ con un objetivo de 23°C los resultados son los siguientes.

Figura 111. Capacidad del proceso en la temperatura



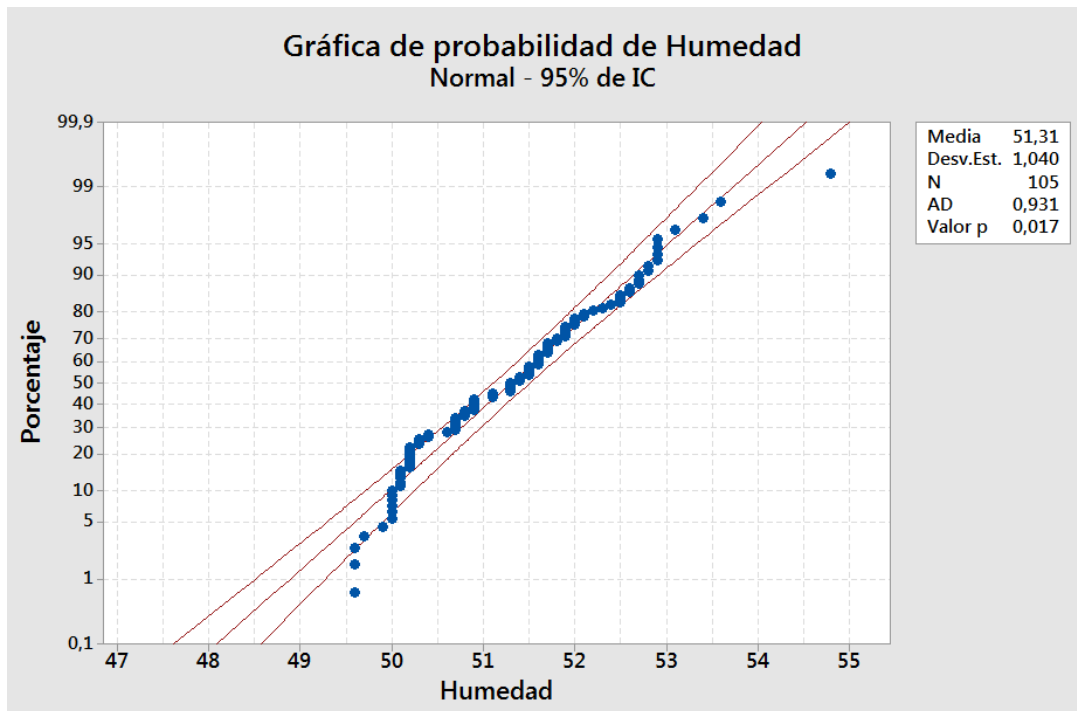
(Microsoft, 2013)

Debido a que los datos de CP para la temperatura son mayores a 1,25 el proceso cumple con las especificaciones requeridas.

5.4.1.2 Distribución normal para la humedad. Se determinara la media y desviación típica de los datos obtenidos durante el acondicionamiento, realizando el mismo procedimiento anterior.

a) *Grafica de normalidad humedad.* Para determinar la gráfica de normalidad se utilizara el software MINTAB, en el cual se ingresaran los valores de humedad tomados durante el acondicionamiento.

Figura 112. Grafica de normalidad para la humedad

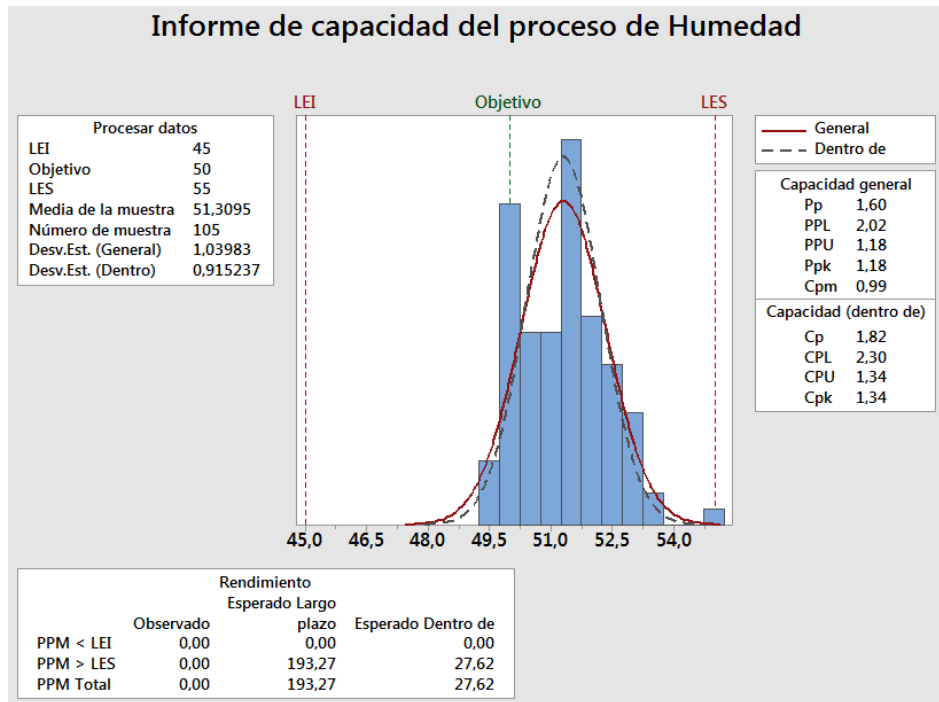


Fuente: (Microsoft, 2013)

Debido a que los datos obtenidos tienen un valor de probabilidad mayor a 0,01, se puede decir que la muestra de 105 valores de humedad, procede de una población de tipo normal.

b) *Capacidad del proceso.* Todo proceso posee variabilidad a medida que se repite debido a causas aleatorias, dicha variabilidad estará medida en base a límites impuestos en el proceso, para la humedad los límites serán $45\% < H < 55\%$ con un objetivo de 50% los resultados son los siguientes.

Figura 113. Capacidad del proceso en la humedad



Fuente: Autor

Debido a que los datos de CP para la humedad son mayores a 1,25 el proceso cumple con las especificaciones requeridas y es capaz de realizar su funcionamiento de forma adecuada.

CAPÍTULO VI

6. COSTOS

6.1 Objetivo del capítulo

El objetivo del presente capítulo es determinar los costos totales para los materiales, equipos y mano de obra que se utilizó en la construcción de la cámara de acondicionamiento.

6.2 Costos directos

6.2.1 Costos de materiales mecánicos

Tabla 27. Materiales mecánicos

Elemento	Cantidad	Precio U. (\$)	Costo (\$)
Plancha de acero inoxidable AISI 304-b de 1,2mm	1	285,71	285,71
Plancha de acero laminada al frio de 1,4mm	1,5	55	82,5
Perfil T 25mm ASTM A36 de 6m	1	13,35	13,35
Perfil L (25 x 3)mm ASTM A36 de 6m	1	13,35	13,35
Electrodos E 309 Cb-16 ½ libra	11	0,98	10,78
Tapón 12 mm	6	1,33	7,98
Tuerca 12 mm	6	0,11	0,66
Varilla de acero inoxidable Ø 1/4	3	4,71	14,13
Tubo L ASTM A36 de 6m	0,5	21,12	21,12
Arandela de bronce de Ø 20mm	1	0,22	0,22
Vidrio templado plano bronce de 6mm 545 x 455	1	28	28
Pernos RF 10 x 20	12	0,29	3,48
Cerradura palanca rodillo Quality QKL-6	1	12	12
Empaque congelador tipo colmena, en metros	3	1,75	5,25
Espuma de poliuretano Bison	5	14,70	73,50
Tubo de silicón transparente ABRO 1001U	2	4,50	9
Total			581,03

Fuente: Autor

6.2.2 Costos de materiales eléctricos

Tabla 28. Materiales eléctricos

Elemento	Cantidad	Precio U. (\$)	Costo (\$)
Controlador temperatura/humedad MT-530Esuper	1	95,76	95,76
Ventilador SUNON SP100A 115V	1	9,50	9,50
Niquelina # 2 por metros	6	4	24
Humidificador ultrasónico	1	20	20
Swich SWOJO dos posiciones	3	2,50	7,5
Terminal V-151 macho	20	0,09	1,8
Terminal V-151 hembra	20	0,09	1,8
Contactador CMG 9 110V, 2.5KW, 11A	1	13,85	13,85
Alambre #18 diferentes colores, en metros	6	0,45	2,7
LED de alto brillo	5	0,20	1
Transistor 2n2222	5	0,55	2,75
Cautín eléctrico 60W	1	11,47	11,47
Estaño, en metros	2	1,25	2,50
Placa perforada	2	2,25	4,50
Alambre UTP, en metros	4	1,25	5
Reductor de voltaje de 110v a 5v	1	12,50	12,50
Estructura del nivel para el agua	1	15	15
Caja para proyectos	1	6,50	6,50
Adaptador y cable conector para la corriente	1	3	3
Total			241,13

Fuente: Autor

6.2.3 Costos por mano de obra y maquinaria utilizada

Tabla 29. Mano de obra y maquinaria

Elemento	Costo (\$)
Mano de obra y maquinaria	350
Total	
	350

Fuente: Autor

6.2.4 Total costos directos

Tabla 30. Total costos directos

Costos	Cantidad (\$)
Materiales mecánicos	581,03
Materiales eléctricos	241,13
Mano de obra y maquinaria	350
Total	1172,16

Fuente: Autor

6.2 Costos indirectos

Tabla 31. Total costos indirectos

Elemento	Porcentaje (% CD)	Valor (\$)
Diseño y revisión de la máquina	10%	117,22
Imprevistos	3%	35,18
Total		152,4

Fuente: Autor

6.3 Costos totales

Los costos totales representaran la sumatoria de los costos directos con los costos indirectos, realizando esta operación se obtuvo lo siguiente.

Tabla 32. Total costos

Costos	Cantidad (\$)
Costos directos	1172,16
Costos indirectos	152,4
Total	1324,56

Fuente: Autor

El equipo tendrá un valor de 1324,56 (Mil trescientos veinte y cuatro dólares con cincuenta y seis centavos).

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se construyó la cámara de acondicionamiento realizando la aplicación de los principios prácticos y tecnológicos descritos en el documento.

La cámara de acondicionamiento se diseñó y construyó, en base a los requerimientos que se especifican en las normas ISO 3795-1989 y US FMVSS 302.

Se pudo comprobar que las condiciones tomadas para la realización del diseño fueron lo más cercanas a la realidad ya que la máquina se comporta según lo establecido bajo el clima de Riobamba.

Mediante la pruebas se comprobó que el funcionamiento modular propuesto en el diseño es el mismo que la máquina describe durante el tiempo inicial y a lo largo del acondicionamiento.

El desarrollo de la cámara de acondicionamiento presento diferentes complicaciones, pero en especial complicaciones de construcción ya que no se tenía una referencia previamente establecidas como guía, y se tuvo que partir desde cero.

7.2 Recomendaciones

Asegurarse que todas las conexiones eléctricas, previo al encendido de la máquina se encuentren de forma correcta, así como las conexiones posteriores del controlador.

Verificar que el tanque principal y el tanque de reserva se encuentren con agua suficiente, dependiendo del número de acondicionamientos que se realizará, o a su vez verificar el nivel al comienzo de cada ensayo.

Revisar que el agua de los tanques no se haya desbordado en la toma de agua para el humidificador ya que esto proporcionaría errores de lectura en la humedad subiéndola de forma drástica.

Verificar que la superficie interior de la cámara esté libre de impurezas y agua evitando que las partículas finas tapen la membrana del humidificador presentando lecturas erróneas.

Verificar que el valor de la temperatura y el valor de la humedad, ingresados en el controlador se encuentren dentro del rango establecido para el acondicionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR ROMO, Miguel. *Productos de vidrio-vidrio de seguridad usado en la construccion-especificaciones y metodos de prueba.* México, 2001. pp. 2-9.

ALLTEKO. *Acero al carbono y acero inoxidable.* [En línea] 2013. [Consultado el: 2 de Noviembre de 2015.] Disponible en: <http://allteko.com/es/categories/products/csss>.

ANT. *Agencia Nacional de Tránsito.* [En línea] 9 de Abril de 2014. [Consultado el: 20 de Agosto de 2015.] Disponible en: <http://www.ant.gob.ec/index.php/descargable/file/2281-siniestros-por-abril-2014>.

ARQUIGRAFICO. *Arquigrafico.* [En línea] 2013. [Consultado el: 2 de Noviembre de 2015.] Disponible en: <http://www.arkigrafico.com/lana-de-vidrio-como-aislante-termico-y-acustico/>.

CATECHOM. *Centro de alta tecnología y homologación.* [En línea] 15 de Octubre de 2000. [Consultado el: 28 de Agosto de 2015.] Disponible en: http://www3.uah.es/catechom/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=79&lang=es.

DIPAC, PRODUCTOS DE ACERO. *DIPAC.* [En línea] 12 de Enero de 2012. [Consultado el: 28 de Agosto de 2015.] Disponible en: http://www.dipacmanta.com/index.php?route=product/product&path=60_90&product_id=82.

ECUAFOAM. *Ecuapoliuretanos.* [En línea] 2015. [Consultado el: 18 de Octubre de 2015.] Disponible en: <http://www.ecuapoliuretanos.com/servicio-de-proyeccion-de-poliuretano>.

EICHLER, Friedrich. *PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - Detalles Constructivos.* Barcelona: Blume, 1978. pp. 31-32.

ELLIOT, Richard & LIRA, Carl. *Chemical Engineering.* Boston: PRENTICE HALL, 1969. pp. 52-55

EUMAR , Leal. *Medidores de nivel.* Francisco de Miranda: DEPARTAMENTO DE MECÁNICA Y TECNOLOGÍA , 2013. pp. 3.

FULL-GAUGE. *MT-530E SUPER.* Colombia: MEGAFRIO, 2013. V05.

GOOD, Bang. *Bang Good.* [En línea] 2014. [Consultado el: 5 de Agosto de 2016.] Disponible en: <http://www.banggood.com/es/USB-Mini-Aromatherapy-Essential-Oil-Diffuser-Ultrasonic-Aroma-Air-Humidifier-White-Green-p-1001193.html>. 1001193.

GOODFELLOW. *Elastómero de Silicona.* [En línea] 2008. [Consultado el: 20 de Febrero de 2016.] Disponible en: <http://www.goodfellow.com/S/Elastomero-de-Silicona.html>.

GUIRAO NIETO, Victor. *Recinto para ensayos climáticos.* Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya, 2009. pp. 10-14.

HARPER, Enriquez. *El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales.* México: Limusa, 2000. pp. 12.

HOLMAN, J. P. *Transferencia de Calor.* México: CONTINENTAL, 1999. décima reimpresión, pág. 18-26-29.

INAMHI. *Anuario Meteorológico.* Riobamba: ESPOCH, 2014. M1036. pp. 97.

INCHAURZA ZABALA, Adrián. *Aceros inoxidables y aceros resistentes al calor: propiedades, transformaciones y normas.* México D.F: Limusa, 1981. pp. 38.

INCROPERA, Frank & WITT, David. *Fundamentos de transferencia de calor.* México: PRENTICE HALL, 1999. 4a. ed. pp. 827-830-837.

INDUSTRIAS-JQ. *Plásticos de Ingeniería PVC.* [En línea] 1967. [Consultado el: 20 de Febrero de 2016.] Disponible en: <http://www.jq.com.ar/Imágenes/Productos/PVC/PVCpro/p/dtecnicos.htm>.

INDUSTRIAS-JQ. *Plásticos de Ingeniería Policarbonato.* [En línea] 1967. [Consultado el: 20 de Febrero de 2016.] Disponible en: <http://www.jq.com.ar/Imágenes/Productos/Policarbonato/dtecnicos/dtecnicos.htm>.

INDUSTRIAS-JQ. *Plásticos de Ingeniería Poliamida.* [En línea] 1967. [Consultado el: 20 de Febrero de 2016.] Disponible en: <http://www.jq.com.ar/Imágenes/Productos/Poliamida6/Poliam6/dtecnicos.htm>.

NTE INEN-0114. 1975. *Planchas delgadas de acero al carbono.* pp. 6.

RTE INEN-041. 2013. *Vehículos de transporte escolar.* pp. 15.

RTE INEN-043. 2015. *Vehículos de transporte público de pasajeros intraregional.* pp. 18.

NTE INEN-1668. 2015. *Vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovincial. Requisitos.*

NTE INEN-2205. 2015. *Vehículos automotores. Bus urbano. Requisitos.* pp. 18.

IPCC. *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático.* [En línea] 2011. [Consultado el: 20 de Febrero de 2016.] Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf.

ISO-3795. 1989. *Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry - Determination of burning behaviour of interior materials.* pp. 4-5.

KANTAL-HANDBOOK. *Resistance Heating Alloys and Systems for Industrial Furnaces.* Meanderthal, 2001. pp. 7-22.

KLEIN, S. 1992. *Engineering Equation Solve.* [Software] F-Chart, 1992. V9.908.

KUHN, Medlin, &.HOWARD, Dana *Atlas of Microstructures of Industrial Alloys.* EE.UU, ASM International, 2000. pp. 84.

MÉNDEZ Altamirano; et al. *Diseño y Construcción de un Horno eléctrico para el secado de los bobinados de motores de hasta 10 HP.* Quito, 2012. CD-4270, pp. 71-72.

NORMA-ASME. *Diagramas de los procesos de la operación y del recorrido.* Nueva York: ASME, 1947, pp. 3.

PADILLA, Diego & SERRANO, Carlos. 2013. *Diseño y construcción del equipo para ensayos de inflamabilidad aplicado a materiales de autopartes según la norma ISO 3795* (tesis(Ingenieria). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba 2013. pp. 72-84-85-87-131-134.

PALAU & SOLER. *Manual Práctico De Ventilación.* México: Salvador Escoda S.A., 2015, pp. 39.

PANDER, Nco. *Aislatecnic.* [En línea] 2014. [Consultado el: 18 de Octubre de 2015.] Disponible en: <http://www.aislatecnic.com/nuestros-productos/>.

PARSONS, Robert A. *Handbook.* Atlanta: ASHRAE , 1997, pp. 8.8.

RTE-INEN-021. 2008. *Conductores y alambres para uso electrico aislados con material termoplastico.*

UNE-92120-2. 1998. *Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in situ. Parte 2: Especificaciones para el producto instalado.*

UNE-EN-ISO-12944. 2008. *Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores.*

UNE-EN-ISO-6946. 2012. *Elementos y componentes de edificación. Resistencia y transmitancia térmica. Método de cálculo.*

US-FMVSS-302. 1991. *Flammability of Interior Materials.* Washington, 1991, pp. 8.

ANEXOS