



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

**REDISEÑO DE LA CÁMARA DE SIMULACIÓN DE AMBIENTES CONTROLADOS
PARA CALIBRACIÓN DE TERMOHIGRÓMETROS DE LA EMPRESA EMCO CIA.
LTDA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniera en Mecatrónica

AUTORA: ANDREA ESTEFANIA ROCHA SANTAFE

TUTORA: LORENA ALEJANDRA FERNÁNDEZ YÁNEZ

Quito, Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, ANDREA ESTEFANIA ROCHA SANTAFE con documento de identificación N° 1722362801 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 27 de febrero del año 2024

Atentamente,



Andrea Estefania Rocha Santafe

1722362801

**Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la
Universidad Politécnica Salesiana**

Yo, ANDREA ESTEFANIA ROCHA SANTAFE con documento de identificación N° 1722362801, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Dispositivo Tecnológico: “Rediseño de la cámara de simulación de ambientes controlados para calibración de termohigrómetros de la empresa Emco Cia. Ltda.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de febrero del año 2024

Atentamente,



Andrea Estefania Rocha Santafe

1722362801

Certificado de dirección del trabajo de titulación

Yo, Lorena Alejandra Fernández Yánez, con documento de identificación N° 1717366098, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: REDISEÑO DE LA CÁMARA DE SIMULACIÓN DE AMBIENTES CONTROLADOS PARA CALIBRACIÓN DE TERMOHIGRÓMETROS DE LA EMPRESA EMCO CIA. LTDA., realizado por ANDREA ESTEFANIA ROCHA SANTAFE con documento de identificación N° 1722362801, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Dispositivo Tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de febrero del año 2024

Atentamente,



Ing. Lorena Alejandra Fernández Yánez, MSc.

1717366098

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, ser divino por darme la vida y guiarme mis pasos día a día.

A la Ingeniera Luisa Sotomayor e Ingeniera Alejandra Fernández por sus enseñanzas para desarrollarme profesionalmente y principalmente por brindarme todo su apoyo en los momentos más difíciles de mi vida.

A la Empresa EMCO quienes me brindaron sus conocimientos para yo poder concluir con este proyecto.

A Nidia Cabrera por confiar en mi esposo y en mí. Gracias tía, por el apoyo tan grande que me brindó.

A mi suegra Magdalena Checa, por estar cuidando a mis bebés con mi mamá cuando más los necesitábamos, por quererme como su hija.

A mi madre la luz de mis ojos, por siempre confiar en mí y nunca dejarme sola darme su apoyo incondicional.

A mis hermanos por su amor incondicional y apoyo constante fueron mi fuente de fuerza. Gracias por creer en mí y alentarme a perseguir mis metas.

A mis amigos, su amistad y ánimo han hecho que este camino sea más llevadero y memorable. Cada palabra de aliento ha sido un impulso adicional.

Este logro no habría sido posible sin cada uno de ustedes. Estoy agradecida por formar parte de un círculo tan increíble de personas. Espero que celebremos juntos este hito.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien me ha dado la vida y me ha permitido alcanzar este logro.

A mi Santísima Cruz y a mi Virgencita del Quinche, quienes siempre me acompañan y me daban fuerzas para seguir adelante, enseñándome a encarar mis problemas sin perder mi dignidad.

A mis amados hijos Ohannita y Lyan, quienes han sido mi fuente inagotable de inspiración y apoyo incondicional. Cada página de este proyecto está impregnada con el amor que ustedes me han brindado, motivándome a alcanzar nuevos horizontes académicos. Este logro es tan suyo como mío. Gracias por ser mi mayor razón para perseguir la excelencia

A Danielita, mi Abuelita Delia y mi abuelito Alcides, que desde el cielo velan por mí y mi familia.

A mi madre y padre quienes han sido fundamentales en mi formación y nunca me han dejado sola y a mis hermanos que siempre creyeron en mí.

Y, especialmente, a mi compañero y padre de mis hijos, Lyon, quien ha sido mi mayor apoyo y fortaleza, impulsándome a no desfallecer en ningún momento. Quien me ayuda en mi formación.

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA.....	VI
INDICE DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT.....	XVII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XVIII
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	XIX
JUSTIFICACIÓN DEL REDISEÑO.....	XIX
OBJETIVOS	XX
OBJETIVO GENERAL	XX
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	XX
CAPITULO 1.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Fundamentos Teóricos	1
1.1.1 Metrología.....	1
1.1.2 Calibración.....	2
1.1.3 Temperatura	2
1.1.4 Humedad relativa	3
1.3. Termómetros	4
1.4. Higrómetros	4
1.5. Termohigrómetros.....	5

1.1.5	Termohigrómetros análogos.....	5
1.1.6	Termohigrómetro digital	5
1.6.	Técnicas de calibración.....	6
1.7.	Normas ISO/IES 17025	7
1.1.7	Alcance de la Norma.....	7
1.1.8	Requisitos Clave de ISO 17025	7
1.1.9	Acreditación vs. Certificación	7
1.8.	Calibración de instrumentos de medición.....	8
1.1.10	Proceso de calibración	8
1.1.11	Certificado de calibración	9
1.9.	Cámara climatizada.....	10
1.1.12	Definición	10
1.1.13	Criterio de desempeño de la cámara	11
1.1.14	Relación temperatura y humedad relativa.....	11
1.10.	Sistema de refrigeración	11
1.1.15	Refrigeración mecánica	12
1.1.16	Gases refrigerantes.....	13
1.11.	Sistema de humidificación.....	13
1.1.17	Humidificación	14
1.1.18	Humificadores.....	14
1.12.	Sistema de calefacción.....	14
1.1.19	Calefacción eléctrica.....	14
1.1.20	Calefacción por gas.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO 2.....		15
ANALISIS DE ALTERNATIVAS		15
2.1	Análisis De Alternativas Previas.....	15
2.1.1	Análisis de tipo de aislamiento	17
2.1.2	Análisis del sistema de calefacción.....	20
2.1.3	Análisis del sistema de refrigeración	22
2.1.4	Análisis de alternativas para el sistema de humidificación	24

2.1.5	Análisis de alternativas para la estructura.....	26
2.2	Resultados de los análisis.....	28
CAPITULO 3.....		29
DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES		29
3.1	Diseño De La Cámara Climatizada.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.1	Análisis de dimensiones.....	29
3.1.2	Criterio de selección del tipo de aislamiento de las paredes.....	30
3.1.3	Dimensionamiento del aislamiento de paredes..	¡Error! Marcador no definido.
3.1.4	Dimensionamiento del aislamiento de la puerta	32
3.2	Rediseño del sistema de calefacción.....	32
3.2.1	Cálculo de la carga de calefacción por transmisión	32
3.2.2	Carga por infiltración de aire	37
3.2.3	Cargas totales por calefacción	37
3.3	Rediseño del sistema de refrigeración	39
3.3.1	Cálculo de la carga de calefacción por transmisión;	¡Error! Marcador no definido.
3.3.2	Cálculo de carga interna debido a la resistencia eléctrica;	¡Error! Marcador no definido.
3.3.3	Carga por infiltración de aire	¡Error! Marcador no definido.
3.3.4	Carga por equipo relacionado	43
3.3.5	Cargas totales de refrigeración.....	44
3.3.6	Selección del gas refrigerante	45
3.3.7	Selección del compresor, evaporador y condensador.	45
3.3.8	Selección de tubería	53
3.4	Rediseño del sistema de humidificación.....	54
3.4.1	Carga de humidificación	54
3.5	Rediseño del sistema de control.....	55
3.6	Sistema de comunicación serial a USB	57
3.6.1	Instalación y operación	57
3.6.2	Uso de plataforma SITRAD.....	58
3.7	Rediseño del sistema eléctrico	59

3.7.1	Dimensionamientos y selección de relés y contactores	60
3.7.2	Selección de conductores	61
3.8	Diseño de la estructura de soporte	62
3.8.1	Análisis de carga en la estructura.....	63
CAPITULO 4.....		67
CONSTRUCCIÓN Y ANÁLISIS DE COSTOS		67
4.1	Cámara climatizada.....	67
4.2	Estructura de soporte.....	69
4.3	Sistema de refrigeración	69
4.4	Sistema de calefacción.....	70
4.5	Sistema eléctrico	71
4.6	Sistema de humidificación.....	71
4.7	Panel de control.....	72
4.7.1	Configuración del controlador	72
4.8	Análisis de costos.....	73
4.8.1	Costos de los sistemas que conforman la cámara climática	73
4.8.2	Costos del sistema electrónico y eléctrico	74
4.8.3	Costos de mano obra.....	75
4.8.4	VAN y TIR	75
CAPITULO 5.....		79
ANALISIS Y RESULTADOS		79
5.1	Prueba De Encendido y Apagado	79
5.1.1	Resultados	79
5.2	Prueba a temperaturas mínima, media y máxima	80
5.2.1	Prueba y resultados a 10□	80
5.2.2	Prueba y resultados a 25□	82
5.2.3	Prueba y resultados a 50□	83
5.2.4	Análisis de curvas	84
5.3	Prueba de calibración.....	84

5.3.1 Ingreso de datos	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES.....	88
BIBLIOGRAFIA	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comportamiento de la humedad relativa en función de la temperatura. [6]	4
Figura 2 Termohigrómetro analógico KEX [8]	5
Figura 3 Termohigrómetro digital GOOVE [9].....	6
Figura 4 Mapa mental de técnicas de calibración.....	6
Figura 5 Certificado de calibración página 1 [12]	9
Figura 6 Reporte del certificado [12].....	10
Figura 7 Esquema superpuesto de refrigeración y un grafica de Mollier [6]	12
Figura 8 Gases refrigerantes usados actualmente [13]	13
Figura 9 Cámara climatizada de EMCO medical	30
Figura 10 Resistencia de la cámara.....	38
Figura 11 Resistencia UW tubular aletada del calentador de aire	39
Figura 12 Ganancia de calor por intercambio de aire por aberturas de puertas. [1].....	42
Figura 13 Tipos de ventiladores con sus aplicaciones [20]	44
Figura 14 Diagrama de Miller para el refrigerante R134a [22].....	46
Figura 15 Característica del compresor de la empresa. [9].....	50
Figura 16 Aplicaciones para media y alta temperatura [22].....	52
Figura 17 Condensador según el modelo de compresor [23]	52
Figura 18 Abaco para evaluar perdidas dinámicas en tuberías de 10m. [22]	53
Figura 19 Humificador casero generador de vapor.....	55
Figura 20 Generador de humedad EMCO	55
Figura 21 Especificaciones técnicas del MT-530 Plus [24].....	56
Figura 22 SITRAD para el controlador MT-530 plus[24].....	56
Figura 23 Sensores de humedad y temperatura utilizados en la cámara climatizada[24]. ...	57
Figura 24 Instalación del conv32 [24]	57
Figura 25 Selección del tipo de comunicación [24]	58
Figura 26 Panel de información MT 530 plus [24]	58
Figura 27 Calibres de conductores AWG [18].....	62
Figura 28 Estructura soporte.....	63

Figura 29	Diagrama de momentos y esfuerzos cortantes en una viga.....	63
Figura 30	Catalogo Dipac [22]	64
Figura 31	Factor de seguridad de la estructura	65
Figura 32	Desplazamiento de vigas	65
Figura 33	Cordón de soldadura.....	66
Figura 34	Estructura final	67
Figura 35	Corte de paneles de poliuretano	67
Figura 36	Colocación de ángulos de aluminio para soporte de cuerpo de cámara.....	68
Figura 37	Cámara final	68
Figura 38	Agujeros para la circulación de aire	68
Figura 39	Suelda de estructura.....	69
Figura 40	Estructura de soporte	69
Figura 41	suelda de tubería de cobre del sistema	70
Figura 42	Sistema de refrigeración.....	70
Figura 43	Resistencia para calefacción.....	71
Figura 44	Sistema eléctrico.....	71
Figura 45	Humificador.....	72
Figura 46	Vista frontal del panel de control.....	72
Figura 47	Partes del controlador	72
Figura 50	Variación de temperatura a 23.5 °C	80
Figura 51	Temperatura y humedad a 10 °C	81
Figura 52	Temperatura y humedad a 25 °C	82
Figura 53	Ingreso de datos en la hoja de Excel de la empresa	84
Figura 54	Pruebas de temperatura	85
Figura 55	Pruebas en Humedad	85
Figura 56	Calculo de incertidumbres.....	86
Figura 57	Resultados obtenidos de las mediciones	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Escalas termométricas [1]	2
Tabla 2 Relación de humedad y temperatura [8]	11
Tabla 3 Primer análisis de alternativas.....	15
Tabla 4 Sistema de calificación para las alternativas para considerar cambios	16
Tabla 5 Ponderaciones para encontrar la mejor alternativa	16
Tabla 6 Tipos de Aislamientos de temperaturas en cámaras climatizadas	17
Tabla 7 Sistema de calificación para las alternativas para considerar cambios	19
Tabla 8 Análisis de alternativas del sistema de calefacción.....	20
Tabla 9 Sistema de calificación para las alternativas para sistema de calefacción	21
Tabla 10 Matriz de selección de alternativas de sistema de calefacción.....	21
Tabla 11 Análisis de alternativas para el sistema de refrigeración.....	22
Tabla 12 Sistema de calificación para las alternativas para sistema de refrigeración.....	23
Tabla 13 Matriz de selección de alternativas para sistemas de refrigeración.	24
Tabla 14 Análisis de alternativas del sistema de humidificación	24
Tabla 15 Sistema de calificación para selección de sistema de humidificación	25
Tabla 16 Matriz de selección del sistema de humidificación.....	26
Tabla 17 Propiedades de los aceros AISI 304 Y 306.....	27
Tabla 18 Criterios para la soldadura.....	27
Tabla 19 Conductividad térmica de aislantes [20]	31
Tabla 20 Suma de cargas totales para sistema de calefacción.....	38
Tabla 21 Relación de calor sensible para infiltración por puertas a espacios refrigerados [4]	42
Tabla 22 Suma de cargas totales para sistema de refrigeración	44
Tabla 23 Temperaturas de gases refrigerantes a presión atmosférica Totaline [21].....	45
Tabla 24 Datos ingresados en el Sitrad para los dos controladores	58
Tabla 25 Cargas del Contactor de refrigeración en los polos 1 y2.....	60
Tabla 26 Cargas del Contactor de calefacción en los polos 1 y 2	61
Tabla 27 Costos de la cámara.....	73
Tabla 28 Costos del sistema de refrigeración y calefacción	73

Tabla 29 Tabla de costos de los elementos de humidificación y el soporte	74
Tabla 30 Costo de elementos del sistema de control y eléctrico	74
Tabla 31 Costos de mano de obra	75
Tabla 31 Calculos de VAN y TIR.....	77
Tabla 33 Condiciones de trabajo para pruebas	79
Tabla 34 Datos para realizar la prueba en los controladores.....	79
Tabla 35 Configuración a una temperatura de 10□	80
Tabla 36 Corrientes y voltajes a 10□	81
Tabla 37 Configuración a una temperatura de 25□	82
Tabla 38 Corrientes y voltajes a 25□	82
Tabla 39 Configuración a una temperatura de 50	83
Tabla 40 Voltajes y corrientes a 50□	83

RESUMEN

El proyecto se basa en las normas ISO 17025 para mejorar la cámara de la empresa, enfocándose en su sistema de gestión de calidad de laboratorio. Al realizar el análisis de los componentes del sistema, se definió que estos requerían un aumento de potencia, lo que implicó una mayor demanda energética. El sistema de calefacción ahora requiere 2500 W para poder abastecer adecuadamente las necesidades térmicas. Por otro lado, el sistema de humidificación necesita un flujo de 10 kg/h para cumplir con los rangos requeridos y garantizar una cobertura completa de toda el área de la cámara. Se seleccionaron elementos con el objetivo de optimizar el espacio, aumentar el tamaño y aislar el interior de las variaciones externas. Además, se buscó expandir el rango de mediciones de temperatura y humedad relativa, abarcando valores de 10 a 50 grados Celsius y de 20 a 90% de humedad relativa. Se llevaron a cabo pruebas para alcanzar estos estándares, ajustando parámetros y utilizando controladores MT-530 con una interfaz compatible con dispositivos móviles y computadoras. La implementación de la cámara aumentaría los ingresos de la empresa al calibrar al menos 40 instrumentos al mes, gracias a la reducción del tiempo de estabilización y la capacidad de calibrar hasta 10 termohigrómetros a la vez en la caja.

Palabras claves: cámara climatizada, sistema de refrigeración, calefacción, humidificación, aislantes.

ABSTRACT

This paper presents "Redesign of the controlled environment simulation chamber for calibration of thermohygrometers of the company EMCO CIA. LTDA" The project is based on ISO 17025 standards to improve the company's chamber, focusing on its laboratory quality management system. With the redesign, the refrigeration system components increased in power, which implied a higher energy demand. The heating system now requires 2500 W in order to adequately supply the thermal needs. On the other hand, the humidification system needs a flow rate of 10 kg/h to meet the required ranges and ensure complete coverage of the entire chamber area. Elements were selected with the objective of optimizing space, increasing the size and isolating the interior from external variations. In addition, we sought to expand the range of temperature and relative humidity measurements, covering values from 10 to 50 degrees Celsius and from 20 to 90% relative humidity. Tests were carried out to achieve these standards, adjusting parameters and using Mt530 controllers with an interface compatible with mobile devices and computers. The implementation of the chamber would result in increased revenue for the company by enabling the calibration of at least 40 instruments per month, thanks to reduced stabilization time and the ability to calibrate up to 10 thermohygrometers simultaneously in the same box.

Key words: climatic chamber, refrigeration system, cooling system, air conditioning.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los inconvenientes de realizar la calibración de termómetros, higrómetros y termohigrómetros con variables ambientales es mantener la repetibilidad de los datos adquiridos cuando las condiciones cambian, lo cual es un desafío para los laboratorios que brindan servicios de calibración de instrumentos con variables ambientales, tales como termohigrómetros, deben poseer en sus instalaciones un equipo que les permita mantener las condiciones lo más estables. Esto se logra mediante el uso de cámaras de simulación ambiental, ya que permite controlar y mantener estables la temperatura y la humedad durante el tiempo requerido, proporcionando espacio para recopilar datos en el mismo punto y garantiza la repetibilidad de este [1]

En Ecuador es poca la investigación, desarrollo y fabricación de cámaras de simulación de ambientes controlados, lo cual hace muy costosa la calibración de equipos diseñados para el monitoreo de temperatura y humedad relativa. Este tipo de aplicación está muy extendida, sobre todo en la industria especialmente en la alimenticia, en la de pintura que necesitan un ambiente controlado para tener las mejores condiciones para sus productos, pero aquí en el país hay pocos subcontratistas para estos instrumentos que permitan calibrarlos y certificarlos, por lo que se acude a instituciones internacionales [5].

Países como España se han enfrentado a la difícil tarea de desarrollar cámaras de simulación ambiental, llevando a las empresas a fabricar cámaras de simulación ambiental que controlan variables como la temperatura, la humedad relativa y la presión. Un ejemplo es CCI (Cámaras de Clima), la primera empresa española en este sector. La empresa es pionera en sus actividades, reconocida por su reputación internacional y acreditada y certificada por la Asociación Española de Normalización (AENOR)

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema con las cámaras de simulación de la empresa Emco Cía. Ltda. se encuentra en la recopilación de datos porque tarda al menos 40-50 minutos en alcanzar el valor deseado, también el rango de temperatura y de humedad relativa deben ser más amplios y estabilizados en el punto deseado lo más rápido posible. Otro problema es el espacio porque se calibran hasta 4 dispositivos, por lo que se requiere más espacio. Por lo tanto, considere lo siguiente:

¿Cómo se puede rediseñar la cámara de simulación de condiciones ambientales existentes para cumplir con los estándares nacionales, reducir el tiempo de recopilación de datos y realizar calibraciones de termohigrómetros más rápidamente?

JUSTIFICACIÓN DEL REDISEÑO

La empresa Emco Cía. Ltda. posee un patrón para calibrar termohigrómetros, cuenta con una cámara de simulación de condiciones ambientales que garantiza la repetibilidad de los datos recolectados, y es una cámara construida de manera rústica que cualquier cámara disponible en el mercado. Estas cámaras son muy costosas, porque permiten simular ambientes no solo en temperatura y humedad relativa sino también en la inmersión de algunos gases, y los rangos de los mismos son muy altos, es por ello que se desea incursionar en el rediseño de la cámara para realizar la calibración de más de 5 termohigrómetros reduciendo el tiempo cuando se tienen muchos equipos en espera, además de facilitar la toma de datos desde la computadora con la interfaz y mejorar el control para que alcance los puntos de temperatura y humedad relativa ingresados con mayor rapidez[4]

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Rediseñar la cámara de simulación de ambientes controlados para calibración de termohigrómetros de la empresa Emco Cía. Ltda.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir las condiciones técnicas para la calibración de equipos termohigrómetros en la empresa basado en la norma ISO/IEC 17025 de requisitos generales de los laboratorios de ensayo y calibración.
- Rediseñar el sistema de refrigeración, calefacción y humidificación para ampliar rangos de temperatura y humedad relativa entre 10 a 50 °C y 20 a 90%HR respectivamente realizando los cálculos de diseño adecuados.
- Implementar el sistema de control y monitoreo para procesamiento y recolección datos de temperatura y humedad relativa mediante la comunicación entre el sensor y la computadora.
- Comprobar el funcionamiento de la cámara de simulación con diferentes condiciones ambientales para comprobar la eficacia del rediseño.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL

El capítulo 1, aborda los conceptos y fundamentos relacionados con cámara climatizadas o de simulación de ambientes. Asimismo, se describe los sistemas que conforman la estructura de la cámara como son el de refrigeración, calefacción y humidificación. Además, se analiza el material óptimo para la creación de la nueva estructura y de los aislantes y la unión de las diferentes partes de la máquina.

1.1 Antecedentes

Arango y Guerrero han diseñado e implementado un prototipo de control de humedad relativa en una cámara existente en el Laboratorio de Metrología de la Universidad Tecnológica Pereira, el proyecto fue construir una cámara que simula un ambiente controlado, opera desde los 5 hasta los 45 °C de temperatura y de humedad relativa opera desde 25% hasta 90% para proporcionar las condiciones controladas necesarias para calibrar termohigrómetros de acuerdo con base a las regulaciones nacionales e internacionales [1].

Benavides, y Carrasco [7]. han diseñado y construido una cámara de simulación de ambientes controlados de temperatura y humedad relativa para calibrar y certificar instrumentos, controlados y monitoreados por computadora. Esta investigación está basada en el control de temperatura y humedad relativa en el rango de 10-40 °C y 40-90%hr de humedad relativa. El sistema de calefacción y refrigeración no tuvo problemas para arrancar y parar junto con el ventilador. El enfriamiento comienza a 23°C y se detiene a 22,9°C. El calentamiento comienza a 22 °C y se detiene a 22,1 °C. La temperatura alcanza el límite máximo en el primer intervalo y sigue descendiendo hasta estabilizarse. No hay problema en poner en marcha y parar el dispositivo de humidificación/deshumidificación (dispositivo de refrigeración).

1.2 Fundamentos Teóricos

En esta sección se detallan algunos conceptos necesarios para la elaboración de este proyecto, referente a calibraciones y las norma ISO.

1.2.1 La metrología

Se define como el campo dedicado al estudio de las mediciones, así como de los métodos y herramientas utilizados para llevarlas a cabo. Su principal objetivo es garantizar la coherencia y exactitud de las mediciones necesarias. En esencia, busca obtener y comunicar de manera precisa el valor de las magnitudes que se están midiendo, utilizando los instrumentos, técnicas y recursos apropiados para lograr la precisión requerida en cada situación particular[2].

1.2.2 Calibración

Esto es básicamente un proceso bajo ciertas condiciones. El primer paso es establecer la relación entre el valor obtenido del patrón de medida y la incertidumbre de medida asociada, y la información correspondiente con la incertidumbre asociada. En base a esta información, se establece una conexión y los resultados de la medición se pueden obtener en la pantalla[3].

1.2.3 Temperatura

Es el estado relativo de estar caliente o frío. Medirla requiere el uso de una propiedad física medible que cambia con la temperatura. Los instrumentos que se utilizan para medir la temperatura se denominan termómetros y se basan en diversas características de los materiales que se alteran conforme varía la temperatura. Dado que la temperatura no está vinculada al número de partículas presentes en un objeto ni a su tamaño, la temperatura de un litro de agua hirviendo es idéntica a la de dos litros de agua hirviendo, a pesar de que el segundo volumen es mayor y contiene más moléculas de agua [1].

1.2.3.1 Escalas termométricas

La Tabla 1 presenta dos escalas de temperatura: el grado Celsius (°C) en el Sistema Internacional y el grado Fahrenheit (°F) en el sistema inglés. Se destacan dos temperaturas de referencia en esta tabla, conocidas como puntos fijos: el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua, ambos medidos a una presión de 1 atmósfera [1].

Tabla 1 Escalas termométricas [1]

Escala Absoluta	Cero Absoluto	Temperatura de fusión del hielo	Temperatura de ebullición del agua
Kelvin	0 K	273.2 K	373.2 K

Rankin	0 °R	491.7 °R	671.7 °R
Celsius	-273.2 °C	0°C	100 °C
Fahrenheit	-459.7°F	32 °F	212°F

La Tabla 1 muestra que hay otras escalas que parten del cero absoluto y se relacionan con la escala Celsius y Fahrenheit. Estas se llaman escalas absolutas, siendo el Kelvin y el Rankin ejemplos de ellas.

1.2.4 Humedad relativa

Se refiere a la cantidad de agua presente en el aire, expresada como un porcentaje de la capacidad total de retención de agua del aire. Por ejemplo, si se dice que la humedad relativa de un ambiente es del 50%hr, significa que el aire en ese lugar contiene la mitad de la humedad que podría retener. La humedad en el aire tiene un impacto significativo en nuestra vida cotidiana, ya que afecta no solo nuestra salud y comodidad, sino también diversos objetos, materiales, la agricultura y los procesos de producción. Por esta razón, se presta mucha atención a este concepto[1].

El aire en la atmósfera es una combinación de aire seco y vapor de agua. El agua es la única sustancia que puede evaporarse o condensarse en las condiciones ambientales presentes en la Tierra. Esta mezcla de aire seco y vapor de agua da lugar a una variedad de fenómenos meteorológicos, como lluvia, nubes, rocío, huracanes, entre otros. A continuación, se presenta la ecuación (1) que relaciona la humedad relativa con la cantidad máxima de vapor de agua suspendido en el aire, alcanzada cuando el vapor se condensa.

$$H = \frac{\text{densidad vapor actual}}{\text{densidad vapor saturación}} * 100\% \quad (1)$$

En la Figura 1. se presenta el diagrama psicométrico del desempeño de la humedad en el aire.

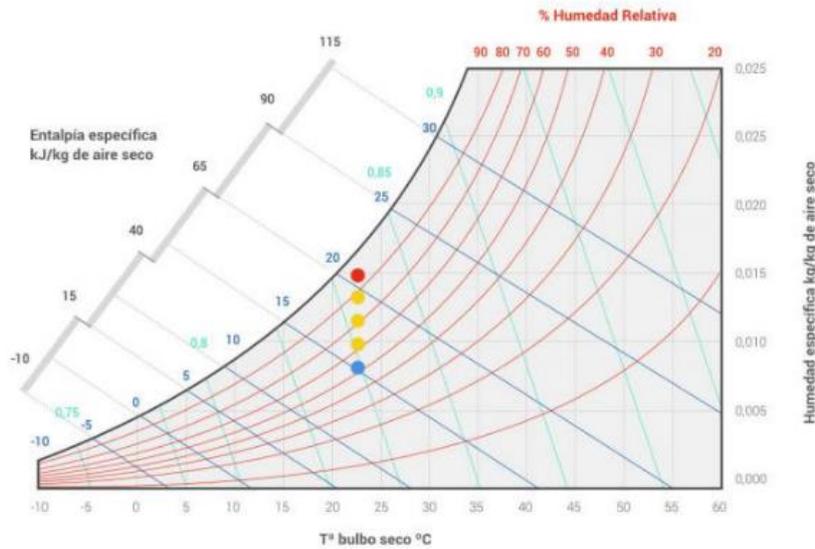


Figura 1 Variación de la humedad relativa conforma cambia la temperatura [6]

1.3 Termómetros

Es un dispositivo utilizado para medir de manera cuantitativa la temperatura de un sistema. Una técnica común para lograr esto implica emplear una sustancia cuyas propiedades varíen de manera regular con la temperatura, como el mercurio (Hg) en un termómetro de vidrio. Este dispositivo presenta una escala que se expande con el aumento de la temperatura y se contrae cuando esta disminuye. El líquido dentro del termómetro se desplaza a lo largo de un tubo graduado en respuesta a los cambios de temperatura, expandiéndose con el calor y contrayéndose con el frío. Al observar la posición del mercurio o alcohol dentro del tubo graduado, es posible determinar la temperatura del entorno en el que se encuentra colocado el termómetro[6].

1.4 Higrómetros

Es un dispositivo utilizado para la medición de la humedad relativa, es decir, la cantidad de vapor de agua presente en un ambiente específico de forma invisible. Los primeros se construyeron utilizando fueron diseñados utilizando detectores mecánicos basados en la reacción de elementos sensibles, como el cabello humano, a las variaciones de humedad. Actualmente, existen diferentes tipos de higrómetros según el tipo de medición. Un higrómetro psicrométrico muestra la humedad al diferenciar la temperatura con la humedad y la temperatura ambiente [6].

1.5 Termohigrómetros

Este dispositivo representa un tipo de estación meteorológica que consta únicamente de un termómetro y un higrómetro, prescindiendo del barómetro, lo que limita su capacidad de medir únicamente la temperatura y la humedad. Son fundamentales en cualquier lugar donde se requiera monitorear las condiciones ambientales[7]. Hay dos tipos de termómetros: analógicos y digitales

1.5.1 Termohigrómetros análogos

Equipos eléctricos el cual la medida la emiten mediante la deflexión de una aguja, este dispositivo emplea un par de electrodos recubiertos con un material que contiene una sustancia higroscópica. Al calentarse, alcanza un equilibrio térmico con el vapor de agua presente en el aire. Además, cuenta con un sensor de temperatura, lo que facilita la determinación de la saturación de humedad del aire y su temperatura.

En la Figura 2. Se observa un termohigrómetros analógico, tipo residencial de los más antiguos, tiene mide de 0°C a 100°C, con paso de 1°C, y de humedad relativa de 0 %hr a 100%hr. La calibración de este tipo de equipos se la debe realizar por lo menos 1 vez al año[8].



Figura 2 Termohigrómetro analógico KEX [8]

1.5.2 Termohigrómetro digital

Estos dispositivos electrónicos ofrecen información al usuario de manera numérica a través de una pantalla, y su operación se fundamenta en una unidad central de procesamiento que analiza los datos proporcionados por la sonda de medición. Esta sonda puede ser de tipo capacitivo o resistivo, siendo sensible tanto a la humedad como a la temperatura. Permiten realizar un monitoreo continuo de las condiciones ambientales de un área específica y, según los requisitos, es crucial que estén respaldados por un

certificado de calibración. Son de suma importancia en entornos de laboratorio, donde se busca asegurar condiciones óptimas para la recolección de datos durante los procesos experimentales [4].

En la Figura 3. Se puede apreciar un termohigrómetro digital, con sonda de detección, incluye una lectura del bulbo húmedo. La información se muestra en una pantalla.



Figura 3 Termohigrómetro digital GOOVE [9]

1.6 Técnicas de calibración

La calibración determina la relación entre el dispositivo que se está calibrando y el estándar de referencia. Esta relación se determina comparando los valores del dispositivo con los del estándar y evaluando el error, la corrección o la linealidad, junto con sus respectivas incertidumbres. Tanto el equipo como el estándar pueden proporcionar esta información a través de mediciones directas o indirectas, o bien, al representar o reproducir el valor requerido[10].

En resumen, los métodos de calibración se basan en los métodos de medición, y los principales métodos de calibración se presentan en una representación visual en la Figura 4., que es un mapa conceptual de las técnicas utilizadas para calibrar



Figura 4 Mapa mental de técnicas de calibración

Un ejemplo de calibración directa usado en los laboratorios al calibrar termohigrómetros de pared.

1.7 Normas ISO/IES 17025

Es un estándar global que define los criterios esenciales para evaluar la competencia de laboratorios dedicados a pruebas y calibraciones [11].

ISO 17025, emitida por la Organización Internacional de Normalización (ISO), estándar aplicado a laboratorios de ensayo y calibración en todo el mundo. Su objetivo principal es garantizar que los laboratorios proporcionen resultados técnicamente válidos y confiables a sus clientes[11].

1.7.1. Alcance de la Norma

- Presenta directrices particulares dirigidas a laboratorios que llevan a cabo pruebas y calibraciones, sin importar su escala o área de especialización
- Proporciona pautas específicas destinadas a laboratorios que realizan pruebas y calibraciones, sin importar su tamaño o el campo en el que operen.

1.7.2. Requisitos Clave de ISO 17025

Para los requisitos de la norma ISO 17025 se debe analizar e interpretar de la mejor forma para evitar problemas cuando se realicen auditorias.

1.7.2.1.Requisitos de Gestión

Incluyen aspectos relacionados con la estructura organizativa, la documentación, la gestión de recursos, la revisión de contratos y la mejora continua[11].

1.7.2.2.Requisitos Técnicos

Se refieren a la competencia técnica del personal, la selección y calibración de equipos, el control de calidad de los datos, la trazabilidad de las mediciones y la gestión de riesgos[11].

1.7.3. Acreditación vs. Certificación

- La acreditación implica la validación por parte de una entidad independiente, típicamente una entidad de acreditación, para asegurar que un laboratorio cumpla con los estándares de la norma ISO 17025.[11].
- La certificación es una afirmación por parte del laboratorio de que cumple con los requisitos de la norma, pero no es tan reconocida como la acreditación.

1.8 Calibración de instrumentos de medición

Para la calibración es importante tener un proceso y emitir un certificado, para realizar calibraciones se tienen algunos factores que van a determinar la calidad de esta, entre los cuales tenemos la precisión de la medida se estimada mediante la repetibilidad y reproductibilidad de las medidas, otro factor es la exactitud de los patrones y la validez de la calibración.

1.8.1 Proceso de calibración

Para realizar la calibración en el laboratorio EMCO se siguen los siguientes pasos

1.- Ingresar datos del equipo y conocer el intervalo a calibrar

Es importante conocer los datos e información general del equipo y su intervalo de calibración para asegurar al cliente que contamos con ese intervalo y poder emitir el certificado.

2.- Analizar incertidumbres

Esta evaluación se realiza mediante la inspección de los certificados de los equipos de referencia, los cuales deben estar alineados con la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90).

3.- Llevar a cabo las mediciones

Se programa la cámara climatizada a la temperatura y humedad de los puntos de medición, se toma 5 lecturas para mejorar la incertidumbre

4.- Realizar cálculos

Estos lo realizan la hoja de cálculo que posee la empresa para ingresar datos y las mediciones

5.- Elaborar un informe

En este se encuentran los resultados finales que se envían al cliente

1.8.2 Certificado de calibración

En el certificado se debe observar algunos requerimientos donde describan el proceso utilizado, los resultados y datos importantes. El laboratorio emite el certificado y el reporte. En la figura 6 encontramos el certificado este consta de 3 secciones la primera es para sello de la empresa y si posee o no calibración, la siguiente sección encontramos el número de etiqueta y el número de certificado que son únicos para cada equipo y datos del cliente, y en la última sección se encuentra los datos del equipo a calibrar (marca modelo, serie, código interno, intervalos de calibración), la fecha de ingreso, la fecha de calibración, algunos datos del proceso y lugar donde se realizó la calibración.

emco CIA. LTDA.
ELECTRÓNICA MÉDICA & CONTROL

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación N° SAE LC 23-063
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION
Calibration Certificate
LABORATORIO DE TEMPERATURA
Temperature Laboratory

1

Certificado No. **** Etiqueta de Calibración ****
Certificate No. Calibration label

Cliente Customer Emco Cia. Ltda.

Responsable Responsible Ing. Andrea Braulio N. Teléfono Phone number 0

Dirección Address 0

2

Equipo bajo calibración: termometro Digital
Device under test

Marca Manufacturer Madgetech

Modelo Model Titan S8 ch7

Serie Serial number Q80809

Código interno I.D. EM.EV.006

Sensor Sensor Resistivo

Resolución Resolution 0,0 °C

Fecha de recepción Reception date ***

Fecha de calibración Calibration date ***

Fecha de emisión Date of issue ***

EMCO Cia. Ltda. mantiene un Sistema de gestión de Calidad, basado en la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025: 2016. El equipo fue calibrado bajo el método de comparación directa según:
Procedimiento interno: EMPTT.01 R06
Método de referencia: CEM TH-001 Ed. digital 2: 2019

La incertidumbre expandida reportada de la medición se establece como la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k calculado, de tal manera que la probabilidad de cobertura corresponde a aproximadamente 95%.

El usuario es único responsable de la calibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.
El presente certificado corresponde solamente al equipo arriba descrito al momento de la calibración.

Este certificado no se puede reproducir parcialmente, excepto en su totalidad, a menos que sea autorizado por el Laboratorio EMCO Cia. Ltda., mediante solicitud expresa.

Las mediciones del presente certificado son trazables metrologicamente al SI, a través de laboratorios acreditados nacionales o internacionales y Laboratorios nacionales de metrología.

3

Lugar de calibración: Laboratorio EMCO Cia. Ltda.
Calibration place

Figura 5 Certificado de calibración página 1 [12]

En la figura 7 el reporte de las mediciones, el sello de la empresa y si el proceso está no acreditado, los siguientes datos del cliente, numero de etiqueta y certificado y datos del equipo, y en la última sección, los patrones de referencia usado, las condiciones ambientales en las que se realizó la calibración, los resultados obtenidos y la firma del responsable de emitir certificado.



Emco Cía. Ltda.
ELECTRÓNICA MÉDICA & CONTROL



SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación N° SAE LC 23-003
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

REPORTE DE DATOS

ente: Emco Cía. Ltda.		Etiqueta: ****	
ección: 0		****	
rtificado No: ****		Etiqueta: ****	
tipo: termómetro Digital	Ubicación: Lab. Temperatura		
marca: Madgetech	Modelo: Titan 58 ch7		
id: Q60609	Sensor: ***		
digo interno: EM.EV.006	Tipo: Resistivo		
ndición de equipo: ***			

Troncos de referencia:			
tipo 1: INDICADOR DE REFERENCIA 1	Marca: FLUKE		
modelo: 8846A	Serie: 1888014		
fecha cal.: 3/8/2023	Cert. de calibración: LNM-T-23-094		
tipo 2: BAÑO LÍQUIDO	Marca: FLUKE		
modelo: 7105	Serie: B79584		
fecha cal.: 8/8/2023	Cert. de calibración: MET-2023-05-13-01(a)		
tipo 3: TERMOHIGRÓMETRO	Marca: BOECO		
modelo: BOE327	Serie / Código: EM.TH.004		
fecha cal.: 9/11/2022	Cert. de calibración: MET-2022-05-17-02		

Condiciones ambientales:			
temperatura máxima: 20.3 °C	Humedad relativa máxima: 55 %	hr	
temperatura mínima: 20.0 °C	Humedad relativa mínima: 54 %	hr	

RESULTADOS OBTENIDOS

TEMPERATURA DE REFERENCIA (°C)	TEMPERATURA EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN (°C)	CORRECCIÓN (°C)	U, k = 2 (°C)
-19,964	-19,3	-0,674	± 0,071
24,978	25,9	-0,872	± 0,060
99,967	100,9	-0,910	± 0,069

SERVACIONES

tos de cmc 2022-05



REVISADO Y AUTORIZADO POR:
Ing. Roberto Paredes Cruz
Fin del certificado

Figura 6 Reporte del certificado [12]

1.9 Cámara climatizada

En esta sección se define a la cámara climatizada y sus criterios de desempeño, además del comportamiento de humedad y temperatura dentro de la misma.

1.9.1 Definición

La cámara es una estructura que puede cerrarse herméticamente y resistir variaciones de presión entre su interior y exterior. Sus componentes principales incluyen una puerta de acceso, dispositivos para humidificar y regular el aire dentro de la cámara, sensores, controladores de temperatura y humedad, así como elementos basados en microprocesadores para establecer condiciones estables de temperatura y humedad según sea necesario[6].

Las cámaras se usan para proporcionar diversas condiciones de temperatura y humedad relativa para calibrar termohigrómetros, con el objetivo de asegurar mediciones precisas en estos instrumentos [6].

1.9.2 Criterio de rendimiento de las cámara de simulación

Se refiere a la capacidad de los cuartos de humedad, ambientes o entornos controlados para regular la temperatura y/o la humedad relativa en un área específica. El tamaño de estos cuartos depende de las opciones de control disponibles. Para controlar la temperatura, se puede agregar calor o utilizar sistemas de refrigeración para enfriar, evitando el uso de refrigerantes CFC en conformidad con la Ley de Aire Limpio de EE. UU., que prohíbe el uso de sustancias que dañan la capa de ozono. En cuanto al control de la humedad, se puede agregar o eliminar humedad de la cámara según sea necesario para la aplicación, utilizando métodos como el rociado, atomizadores o generadores, lo que requiere una fuente de agua purificada. La circulación del aire en la cámara mediante ventiladores garantiza un rendimiento óptimo, ayudando a reducir la condensación de humedad en las puertas de la cámara [6].

1.9.3 Relación temperatura y humedad relativa

Cuando la temperatura aumenta, el aire tiende a volverse más seco, lo que se refleja en una disminución de la humedad relativa; de manera similar, cuando la temperatura disminuye, el aire tiende a volverse más húmedo, lo que resulta en un aumento de la humedad relativa. Los parámetros específicos para controlar estas cámaras están determinados por los valores indicados en la tabla 2.

Tabla 2 Relación de humedad y temperatura [8]

Humedad	Temperatura
90%HR	10°C
60%HR	20°C
50%HR	25°C
40%HR	30°C

1.10 Sistema de refrigeración

Existen muchas aplicaciones, la más común es la conservación de alimentos, también se las usa para acondicionamiento ambiental tanto de humedad como temperatura, enfriamiento de quipos y en los ordenadores.

1.10.1 Refrigeración mecánica

La refrigeración mecánica es la participación de componentes artificiales que forman parte de un sistema, cerrado (cíclico) o abierto, que funciona según ciertas leyes físicas que rigen el enfriamiento.

La refrigeración mecánica se utiliza actualmente en climatización confortable y en la congelación, almacenamiento, procesamiento, transporte y exhibición de productos perecederos [6].

En la Figura 8 se aprecia el diagrama del sistema de enfriamiento y el diagrama de Mollier se superponen para enfatizar la correlación que existe entre los dos, porque los procesos que ocurren en los cuatro componentes principales del sistema de enfriamiento están identificados por puntos característicos que identifican las fases de Mollier de cada sistema de enfriamiento[6].

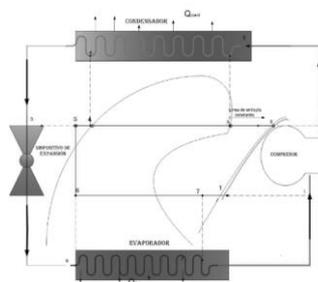


Figura 7 Diagrama combinado de refrigeración y un gráfico de Mollier[6]

Un ciclo representa un proceso continuo y cerrado en el que no se pierde materia y todas las condiciones se repiten de manera indefinida.

Durante el ciclo de refrigeración, y según la presión de operación, el sistema se puede dividir en dos secciones:

- Lado de alta presión: Esta sección del sistema está presurizada por el condensador.

- Lado de baja presión: Esta sección del sistema está presurizada por el evaporador.

1.10.2 Gases refrigerantes

Los refrigerantes son sustancias transportadoras que transfieren energía térmica desde una temperatura baja (en el evaporador) hasta una temperatura alta (en el condensador), donde pueden liberar su calor. En los sistemas de compresión de vapor, es importante considerar las siguientes características:

- Temperatura de ebullición normal.
- Temperatura de rocío normal.
- Tener valores de temperatura con presión controlables y seguros para evitar la entrada de aire.
- Además, el punto crítico es lo más elevado posible para mejorar la eficiencia del proceso de evaporación.

Las propiedades térmicas deseables de un refrigerante son:

- Presiones de evaporación y condensación cómodas.
- Alta temperatura crítica y bajo punto de fusión.
- Alto calor de vaporización y alto calor específico del vapor.
- Baja viscosidad y alta conductividad térmica de la película.

GASES REFRIGERANTES QUE SE UTILIZAN ACTUALMENTE								
REFRIGERANTE	REFRIGERACIÓN COMERCIAL	REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL	TIPO EQUIPO	GRUPO	CLASE DE SEGURIDAD	PAG ¹	PCA 100 ²	REP ³
R-404A ⁴	✓		Compactos Semicompactos	L1	A1	0	3922	2
R-454A	✓			L1	A1	0	2140	2
R-448A	✓			L1	A1	0	1387	2
R-449A ⁴	✓			L1	A1	0	1396	2
R-134a	✓			L1	A1	0	1430	2
R-513A	✓			L1	A1	0	631,4	2
R-450A ⁴	✓			L1	A1	0	604,7	2
R-290 (Propano)	✓	✓	Compactos Chillers	L3	A3	0	3	1
R-152a		✓	Chillers	L2	A2	0	124	1
R-744 (CO ₂)	✓	✓	Centrales de expansión directa	L1	A1	0	1	2
R-717 (Amoníaco)		✓	Sistemas indirectos	L2	A2	0	0	1

1 PAG: Potencial de agotamiento del ozono.
2 PCA 100: Potencial de calentamiento atmosférico.
3 REP: Clasificación de los refrigerantes según el REP "Reglamento de Equipos a Presión".
4 R-404A: Según el "Reglamento Europeo F-Gas", el histórico R404A dejará de usarse en 2020 en nuevos equipos en instalaciones de la Unión Europea, y a partir de esta fecha tampoco podrá recargarse las instalaciones de más de 10 kg de R-404A.

Figura 8 Gases refrigerantes usados actualmente [13]

1.11 Sistema de humidificación

El sistema de humidificación se produce cuando el vapor de agua se suministra por evaporación mientras el aire se calienta mediante mecanismos de convección. La humedad relativa es directamente proporcional a la temperatura del gas y suele expresarse en mg/ml.

1.11.1 Humidificación

Actualmente, existen muchos dispositivos efectivos y eficientes diseñados para aumentar la humedad del aire a través de la evaporación. Estos dispositivos se llaman humidificadores[5].

Se puede aumentar la velocidad del proceso de evaporación mediante la aplicación de energía o calor, o al dirigir el aire sobre grandes cuerpos de agua. La superficie de contacto entre el agua y el aire puede ampliarse mediante la extensión o rociado sobre cojines[7].

1.11.2 Humificadores

Los humidificadores evaporativos operan al agregar humedad a una superficie, conocida como sustrato, o al exponerla al aire seco, normalmente haciendo pasar el aire a través del sustrato y absorbiendo la humedad del sustrato. Existen diversas variantes de humidificadores evaporativos[4]

1.12 Sistema de calefacción

Aumenta la temperatura de una determinada habitación en relación con la temperatura exterior[4]. Existen varias formas de producir calor, esta sección habla de calefacción por resistencia eléctrica

1.12.1 Calefacción por resistencia eléctrica

La generación de calor se logra al convertir la energía eléctrica. El desarrollo implica el paso de corriente a través de una resistencia específica en un circuito eléctrico. El material de esta resistencia, como la aleación de níquel-cromo, tiene pocos electrones libres, lo que dificulta la conducción de electricidad y favorece la generación de calor[2].

Los sistemas de calefacción eléctrica generalmente tienen un precio de compra más bajo que otros sistemas y son más económicos de instalar y mantener [14].

CAPITULO 2

ANALISIS DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se examinan las opciones surgidas en los últimos meses para llevar a cabo el rediseño de la máquina, motivadas por el cambio de dirección en la empresa. El entorno de trabajo experimentó variaciones en sus condiciones ambientales, lo que generó inconvenientes con la cámara de humedad.

2.1 Análisis De Alternativas Previas

Para iniciar con el análisis de alternativas se consideran tres opciones que se aprecian en la Tabla 3, para luego escoger la mejor opción para la empresa.

Tabla 3 Primer análisis de alternativas

Alternativas	Ventajas	Desventajas
Comprar una cámara climatizada	Ofrece un ambiente controlado y preciso para la calibración. Posibilidad de ajustar las condiciones según requerimientos. Alta precisión en la calibración de equipos. Utiliza recursos existentes de la empresa.	Costo inicial elevado de adquisición. Requiere espacio adicional para instalación. Mantenimiento y costos operativos adicionales. Limitaciones en la capacidad de ajuste de condiciones.
Mejorar la cámara de la empresa	Potencial ahorro de costos en comparación con la compra.	Menor precisión en comparación con una cámara especializada.
Construir una nueva cámara	Integración más sencilla con los equipos existentes. Permite diseño según especificaciones exactas. Posibilidad de implementar tecnología actualizada.	Posibilidad de requerir más tiempo para implementación. Costo y tiempo de construcción pueden ser elevados. Requiere planificación detallada y supervisión.

Adaptabilidad a las necesidades específicas. Interrupción en la operatividad durante la construcción.

A partir del análisis de alternativas se estableció criterios de evaluación con el sistema de calificación especificada en la tabla 4.

Tabla 4 Sistema de calificación para las alternativas para considerar cambios

Valorización de criterios	Equivalencia de indicadores		
	1-3	4-7	8-10
Costo fabricación	Caro	Normal	Barato
Construcción	Difícil	Normal	Fácil
Dimensiones	Grande	Mediano	Pequeño
Disponibilidad de materiales	Escaso	Normal	Abundante
Tiempo de implementación	Bajo	Normal	Alto
Accesibilidad	Baja	Media	Alta

A partir de los valores dados a cada indicador se clasificó cada alternativa, cómo se establece en la tabla 5, para obtener la alternativa adecuada.

Tabla 5 Ponderaciones para encontrar la mejor alternativa

Análisis de alternativas					
Ítem	Criterio	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Real
Calificación					
1	Costo fabricación	1	4	9	10
2	Construcción	10	5	2	10
3	Dimensiones	5	8	2	10
4	Disponibilidad de materiales	1	6	8	10
5	Tiempo de implementación	2	6	10	10
6	Accesibilidad	1	5	8	10

Sumatorio	20	34	39	60
Índice porcentual	20/60	34/60	39/60	60/60
Orden de selección	33%	57%	65%	100%

La tabla 5 de ponderaciones se utilizó para identificar la mejor alternativa considerando la viabilidad de rediseñar una cámara completamente nueva, cuyo costo podría ser más económico y permitiría la integración de mejoras significativas para adaptarla a un rango mayor de funciones.

Además, es importante considerar que adquirir una cámara completamente nueva del mercado presenta desafíos adicionales, especialmente en el contexto del mercado ecuatoriano, donde su disponibilidad es limitada y podría requerir su importación, lo cual implicaría costos significativamente más altos. Esto hace que la opción de diseñar internamente una cámara sea más atractiva, ya que podría ser más económica y permitiría adaptar las especificaciones según las necesidades particulares, evitando complicaciones logísticas y financieras asociadas con la importación de equipos costosos.

2.1.1 Análisis de tipo de aislamiento

La Tabla 6 presenta una variedad de tipos de aislamiento térmico, detallando sus ventajas, desventajas y algunas características clave. Esta información ofrece una visión comparativa de las distintas opciones disponibles para el aislamiento en cámaras de climatización.

Tabla 6 Tipos de Aislamientos de temperaturas en cámaras climatizadas

Ítems	Tipo de Aislamiento	Ventajas	Desventajas	Funcionamiento
1	Espuma de Poliuretano	Excelente capacidad de aislamiento térmico. Buena resistencia a la humedad.	Puede degradarse con el tiempo. Requiere cuidado en su instalación.	Se aplica como espuma que se expande para cubrir áreas, creando un sello hermético.

2	Láminas de Fibra de Vidrio	Alta resistencia al fuego. Buena durabilidad.	Menor eficiencia térmica comparada con otros aislamientos.	Hechas de vidrio fundido en fibras delgadas, proporcionan aislamiento entre espacios.
3	Paneles de Poliestireno	Buen aislamiento térmico. Ligero y fácil de instalar.	Puede ser frágil y propenso a daños físicos. Necesita protección adicional contra el fuego.	Paneles rígidos o semirrígidos que ofrecen una barrera térmica entre superficies.
4	Paneles de Lana Mineral	Buena resistencia a la humedad. Excelente absorción acústica. Aislamiento eficaz contra temperaturas extremas.	Menor resistencia al fuego comparado con otros materiales.	Hechos de fibras minerales que ofrecen aislamiento térmico y acústico en diversas condiciones.
5	Paneles de Poliisocianurato	Alta resistencia térmica. Buena resistencia a la humedad. Menor grosor comparado con otros aislamientos.	Costo inicial más elevado que otros materiales. - Requiere instalación profesional.	Paneles de células cerradas que proporcionan un alto grado de aislamiento en diversas condiciones.

6	Paneles de Poliuretano Extruido	de Alta eficiencia térmica. Buena resistencia a la humedad. Menor riesgo de absorción de agua.	Costo inicial relativamente alto. Menos resistente al fuego que otras opciones.	Similar a la espuma de poliuretano, pero con un proceso de fabricación diferente.
7	Paneles de Celulosa	de Material ecológico y reciclable. Buena capacidad de absorción de sonido. Menor impacto ambiental en la producción.	Menor resistencia al fuego.	Hechos de materiales como papel reciclado, ofrecen aislamiento térmico y son amigables con el medio ambiente.

A partir del análisis de alternativas se estableció criterios de evaluación con el sistema de calificación especificada en la Tabla 7.

Tabla 7 Sistema de calificación para las alternativas para considerar cambios

Valorización de criterios	Equivalencia de indicadores		
	1-3	4-jul	8-oct
Capacidad de aislamiento	Baja	Moderada	Alto
Resistencia a la humedad	Baja	Normal	Alta
Durabilidad	Regular	Variable	Buena
Instalación	Difícil	Normal	Fácil
Resistencia física	Bajo	Normal	Alto
Disponibilidad	Escasa	Media	Alta
Precio	Caro	Normal	Barato

A partir de los valores dados a cada indicador se califica cada alternativa, como se indica en la Tabla 7, para escoger la alternativa para aislamiento térmico. Según los datos recogidos en la Tabla 8, el 71 % de los criterios evaluados favorecen el uso de láminas de fibra de vidrio como opción principal de aislamiento. Este material sobresale al presentar mayores ventajas en comparación con las demás alternativas analizadas. Además, se identifica que los paneles de poliuretano extruido también ofrecen beneficios significativos, por lo que podrían considerarse como una alternativa viable en el contexto de aislamiento térmico para el caso específico analizado.

2.1.2 Análisis del sistema de calefacción

En la Tabla 8 se presentan algunos sistemas de calefacción utilizados en cámaras climatizadas para mantener temperaturas específicas. Cada uno tiene sus ventajas y desventajas en términos de instalación, eficiencia, mantenimiento y costos.

Tabla 8 Análisis de alternativas del sistema de calefacción

ítem	Sistema de Calefacción	Funcionamiento	Ventajas	Desventajas
1	Radiadores de Agua Caliente	Utiliza agua calentada por una caldera que circula a través de radiadores[15].	Ofrece calor uniforme y constante.	Requiere caldera y sistema de tuberías costosos[16].
2	Suelo Radiante	Tubos instalados bajo el suelo para circular agua caliente o líquido caloportador[17].	Proporciona calor uniforme desde el suelo.	Costosa instalación inicial. No es ideal para cambios frecuentes en el suelo.
3	Calefacción por Aire Forzado	Utiliza un sistema de conductos para distribuir aire caliente desde una fuente central[17].	Rápido para calentar espacios grandes[16].	Puede redistribuir polvo y alérgenos. Requiere mantenimiento de los conductos.

4	Calefacción Eléctrica	Emplea resistencias eléctricas para generar calor[15].	Fácil instalación y sin necesidad de alto consumo de conductos[17].	Costosa en áreas grandes debido al alto consumo eléctrico.
---	-----------------------	--	---	--

A partir del análisis de alternativas se establecen criterios de evaluación con el sistema de calificación especificada en la tabla 9.

Tabla 9 Sistema de calificación para las alternativas para sistema de calefacción

Valorización de criterios	Equivalencia de indicadores		
	1-3	4-7	8-10
Costo inicial	Caro	Normal	Barato
Costo operativo	Caro	Normal	Barato
Mantenimiento	Alto	Normal	Bajo
Eficiencia Energética	Bajo	Normal	Alto
Control de temperatura	Malo	Normal	Bueno
Impacto ambiental	Alto	Media	Bajo
Flexibilidad de instalación	Limitado	Normal	Alta

A partir de los valores dados a cada indicador, se calificó cada alternativa, como se indica en la tabla 10, para obtener la alternativa adecuada para mejorar el sistema de calefacción.

Tabla 10 Matriz de selección de alternativas de sistema de calefacción

Análisis de alternativas						
Ítem	Criterio	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5
		Calificación				
1	Costo inicial	1	1	5	5	8
2	Costo operativo	4	9	4	9	2
3	Mantenimiento	5	8	5	9	4
4	Eficiencia Energética	9	9	6	6	6
5	Control de temperatura	6	10	6	6	6

6	Impacto ambiental	2	9	5	10	10
7	Flexibilidad de instalación	4	3	9	5	4
Sumatorio		31	49	40	50	40
Índice porcentual		40/70	50/70	47/70	44/70	39/70
Orden de selección		44%	70%	57%	71%	57%

De acuerdo con los criterios evaluados en la Tabla 10, se observa que el sistema de calefacción eléctrica obtiene un puntaje del 71%, seguido muy de cerca por el suelo radiante con un 70%. Estos resultados destacan la eficiencia y la viabilidad de ambos sistemas para la calefacción de cámaras climatizadas. Cabe resaltar que la opción de biomasa presenta ventajas notables, mostrando un desempeño considerable en varios aspectos evaluados.

2.1.3 Análisis del sistema de refrigeración

En la Tabla 11 se detallan diferentes sistemas de refrigeración con su respectivo funcionamiento, ventajas y desventajas. Estas variaciones permiten la selección de sistemas según las particularidades de cada cámara climatizada.

Tabla 11 Análisis de alternativas para el sistema de refrigeración

Ítem	Sistema de Funcionamiento Refrigeración	Ventajas	Desventajas
1	Compresión de Vapor	Utiliza un compresor para comprimir y circular un refrigerante que absorbe el calor [18].	Eficiente en una amplia gama de temperaturas. Mayor consumo de energía. Requiere mantenimiento del compresor.
2	Absorción	Emplea una solución absorbente para absorber y liberar calor, sin compresor mecánico[19].	Menor consumo de energía. Ideal para aplicaciones donde hay calor residual. Requiere calor adicional para funcionar. Más complejo y menos eficiente.

3	Peltier (Termoeléctrico)	Usa corrientes eléctricas para crear un gradiente de temperatura entre dos placas[18].	Compacto y sin partes móviles.	Menos eficiente en refrigeración comparado con otros métodos
4	Expansión Directa (DX)	El refrigerante se expande directamente en el evaporador para absorber calor[18].	Eficiente y económico para pequeñas cámaras.	Puede ser menos eficiente en grandes cámaras. Requiere control de humedad adicional[18].

A partir del análisis de alternativas se estableció criterios de evaluación con el sistema de refrigeración especificada en la tabla 12.

Tabla 12 Sistema de calificación para las alternativas para sistema de refrigeración

Valorización de criterios	Equivalencia de indicadores		
	1-3	4-7	8-10
Costo inicial	Caro	Normal	Barato
Costo operativo	Caro	Normal	Barato
Mantenimiento	Alto	Normal	Bajo
Eficiencia Energética	Bajo	Normal	Alto
Control de humedad	Malo	Normal	Bueno
Adaptabilidad a diferentes tamaños	Alto	Media	Bajo
Flexibilidad de instalación	Limitado	Normal	Alta

A partir de los valores dados a cada indicador, se clasificó cada alternativa, como se indica en la tabla 13, para obtener la alternativa adecuada para mejorar el sistema de refrigeración.

Tabla 13 Matriz de selección de alternativas para sistemas de refrigeración.

Análisis de alternativas						
Ítem	Criterio	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	
		Calificación				
1	Adaptabilidad de diferentes tamaños	9	8	9	9	
2	Costo operativo	4	3	5	7	
3	Mantenimiento	5	6	9	5	
4	Eficiencia Energética	9	9	6	6	
5	Control de humedad	1	5	1	9	
6	Flexibilidad de instalación	5	8	8	8	
Sumatorio		33	39	38	44	
Indicé porcentual		33/60	39/60	38/60	44/60	
Orden de selección		55%	65%	63%	73%	

En la Tabla 13, se destaca que la alternativa de expansión directa muestra un 73% de eficacia, siendo idónea para cámaras de tamaño reducido, aunque menos efectiva en espacios más amplios. Por otro lado, el sistema de absorción registra un 65% de eficiencia, presentando una menor efectividad en comparación con otros métodos de refrigeración. Además, el sistema de compresión de vapor obtiene la menor puntuación por su alto consumo energético, aunque es la más utilizada.

2.1.4 Análisis de alternativas para el sistema de humidificación

La Tabla 14 compara con varios sistemas de humidificación para cámaras climatizadas. Estos sistemas, con sus respectivos funcionamientos, ventajas y desventajas, ofrecen una visión completa de las opciones disponibles para mantener niveles óptimos de humedad en entornos controlados.

Tabla 14 Análisis de alternativas del sistema de humidificación

Ítem	Sistema de Funcionamiento Humidificación	Ventajas	Desventajas

1	Nebulización	Transforma agua en finas gotas para aumentar la humedad en el ambiente.	Aumenta rápidamente la humedad.	Puede mojar superficies y equipos sensibles.
2	Sistema de Vapor	Calienta agua para producir vapor de agua y aumentar la humedad en el aire.	Control preciso de la humedad.	Consumo de energía más alto.
3	Humidificadores Ultrasónicos	Utiliza vibraciones ultrasónicas para crear finas nieblas de agua.	Eficientes y silenciosos.	Requieren agua desmineralizada para evitar acumulación de minerales.
4	Humectadores de Mecha	Hace pasar aire seco a través de una mecha absorbente humedecida con agua.	Bajo consumo de energía.	Requiere mantenimiento para prevenir la acumulación de bacterias en la mecha.

A partir del análisis de alternativas se establecen criterios de evaluación con el sistema de refrigeración especificada en la tabla 15.

Tabla 15 Sistema de calificación para selección de sistema de humidificación

Valorización de criterios	Equivalencia de indicadores		
	1-3	4-7	8-10
Funcionamiento	Complicado	Normal	Fácil
Consumo de energía	Caro	Normal	Barato
Mantenimiento	Alto	Normal	Bajo
Facilidad de uso	difícil	Normal	Fácil
Costo	Caro	Normal	Barato

Flexibilidad de instalación	Bajo	Normal	Alto
-----------------------------	------	--------	------

A partir de los valores dados a cada indicador se clasificó cada alternativa, como se indica en la tabla 16, para obtener la alternativa adecuada.

Tabla 16 Matriz de selección del sistema de humidificación

Análisis de alternativas					
Ítem	Criterio	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4
Calificación					
1	Funcionamiento	8	9	7	6
2	Consumo de energía	6	8	7	5
3	Facilidad de uso	7	8	8	7
4	Mantenimiento	5	6	7	8
5	Costo	6	7	6	5
6	Flexibilidad de instalación	7	8	7	6
Sumatorio		39	46	42	37
Índice porcentual		33/60	45/60	38/60	40/60
Orden de selección		65%	77%	70%	62%

Los resultados presentados en la Tabla 16 revelan que la Alternativa 2, un sistema de vapor destaca con un puntaje del 77%, posicionándose como la opción más idónea para la implementación en una cámara climatizada. Este sistema, reconocido por su eficiencia en la generación de condiciones controladas, se presenta como una alternativa sólida. De manera similar, los humidificadores, con un 70% de eficacia, demuestran ser una opción competente para mantener niveles óptimos de humedad en estos entornos especializados.

2.1.5 Análisis de alternativas para la estructura

La Tabla 17 proporciona una comparativa detallada las propiedades del uso de material estructural, proponiendo 2 opciones con distintas propiedades.

Tabla 17 Propiedades de los aceros AISI 304 Y 306

Propiedad	Acero 316	Acero 304
Composición química	16-18 % Cr, 10-14 % Ni 2 % Mo, 0,03 % C	18 % Cr, 8 % Ni 0,08 % C, 2 % Mn 0,045 % P, 0,03 % S
Dureza	Moderada a Dura	Blanda
Tratamiento térmico	No es apto a tratamientos térmicos significativos.	No es apto a tratamientos térmicos significativos.
Soldabilidad	Buena	Excelente
Maquinabilidad	Baja a moderada	Baja
Módulo de elasticidad	193 GPa	193 GPa
Resistencia Máxima	585 MPa	515 MPa
Límite elástico	205 MPa	310 MPa
Resistencia a la tracción	515 MPa	205 MPa
Resistencia al calor	<i>Hasta 925 °C</i>	<i>Hasta 870 °C</i>
Resistencia al agua	Buena	Buena
Resistencia al óxido	Buena	Buena
Corrosión	Buena	Buena
Aplicación	Equipos químicos, equipos médicos, equipos marinos.	Equipos alimenticios
Precio	Alto	Moderado

En el Ecuador, el acero 304 es el más utilizado en estructuras, como se aprecia en la tabla 17. Este tiene una capacidad de resistir el desgaste. Para la elección de este acero se toma en cuenta su resistencia a la corrosión, su durabilidad, el aspecto estético, costo y acceso rápido para adquirirlo en comparación con el acero 316

Para la soldadura de este componente acero AISI 304 se lleva a cabo los criterios detallados en la tabla 18.

Tabla 18 Criterios para la soldadura

Propiedad	MIG	SMAW
Tipo de Electrodo/Alambre	Alambre continuo	Electrodos revestidos
Tipo de Corriente	CC (DCEN común)	CC o CA
Velocidad de Soldadura	Mayor	Menor

Eficiencia/Productividad	Más eficiente en volumen alto	Menos eficiente en volumen alto
Calidad de la Soldadura	Mayor consistencia, control preciso	Depende de habilidad y condiciones
Aplicaciones Comunes	Producción en serie, fabricación	Amplia gama

Se escoge la soldadura por MIG, porque es necesario optimizar la producción en serie de esta máquina, debido a que en Ecuador no hay muchas de ellas. Y la velocidad y eficiencia de la soldadura MIG es fundamental para su selección

2.2 Resultados de los análisis

Tras los análisis realizados, se determinó que, para el aislamiento térmico, los paneles de fibra de vidrio surgen como una elección primordial por sus destacadas propiedades, incluyendo resistencia, durabilidad y eficiencia. Asimismo, los paneles de celulosa y poliuretano presentan características comparables, brindando opciones con cualidades similares.

En cuanto al sistema de calefacción empleado en la empresa, el uso de la resistencia térmica revela su dependencia en el sistema por calefacción eléctrica, caracterizado por su efectividad en la generación controlada de calor. Con respecto al sistema de refrigeración, se ha identificado la adopción del compresor de vapor. El análisis sugiere la viabilidad de cambiar a un sistema de expansión directa, que ofrece ventajas notables en cuanto a eficiencia y adecuación al entorno de trabajo, entre otras características ventajosas. Finalmente, en el ámbito de la humidificación, tanto los sistemas de vapor como los humidificadores ultrasónicos han emergido como opciones óptimas para mantener niveles adecuados de humedad en los entornos controlados. Su versatilidad y eficacia los posicionan como alternativas destacadas para cumplir con los requerimientos de humedad necesarios en la cámara climatizada

CAPITULO 3

DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

En este capítulo se realiza el diseño de la cámara climatizada, el rediseño de los sistemas que componen la misma y la selección de los equipos adecuados para obtener los valores requeridos de humedad relativa y temperatura dentro del mismo.

El delineamiento técnico del proyecto se encuentra regido por las especificaciones del área de calibración de la empresa EMCOMedical, localizada en el sector de las Casas, al norte de Quito. Dentro de sus activos, la empresa cuenta con una cámara de humedad diseñada por el Ingeniero Roberto Cruz, la cual enfrentó contratiempos al ser trasladada a un nuevo lugar laboral. Este cambio desencadenó problemáticas vinculadas a la exposición de la cámara a las condiciones climáticas externas, perturbando significativamente la temperatura y generando desajustes en los valores de setpoint de temperatura y humedad.

La necesidad primordial surge de la mejora en el control preciso de la temperatura y humedad dentro de la cámara. Además, es crucial encontrar soluciones que garanticen la estabilidad y precisión en los parámetros controlados, además de explorar alternativas que resguarden el entorno interno de la cámara, protegiéndolo de las fluctuaciones ambientales externas que han impactado negativamente en sus condiciones óptimas de funcionamiento. Lugar de aplicación: Empresa EMCOMedical, sector La Isla

Rangos requeridos:

Temperatura: 10°C a 50° C

Humedad: 20%hr a 90%hr

Se realizarán en termohigrómetros que no poseen sonda las mediciones. Para garantizar una correcta observación y ajuste de los instrumentos dentro de la cámara, se requerirá equiparla con herramientas que faciliten esta labor. En este sentido, se propone la instalación de controladores de la reconocida marca FULL GAUGE que son de marca nacional.

3.1.1 Análisis de dimensiones

Para rediseñar la cámara de EMCO se debe considerar lo siguiente:

La cámara está hecha con acrílico y sus dimensiones son de 60x50x20, esta no posee un aislador térmico. Se puede visualizar el proceso, la altura es promedio para maniobras por parte del calibrador.

El tamaño se muestra en la figura 10. Por su espacio reducido solo ingresan tres equipos, es por eso que se realiza un aumento de volumen en la cámara para calibrar más instrumentos.

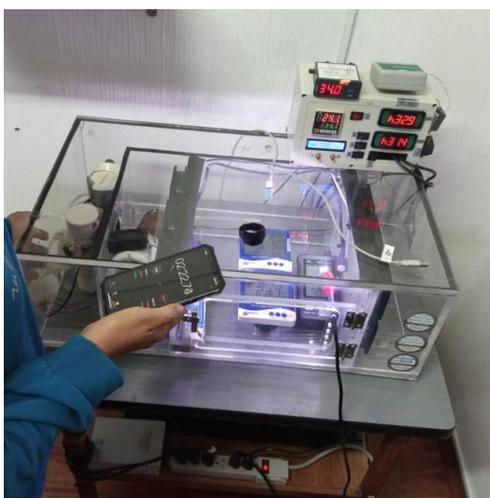


Figura 9 Cámara climatizada de EMCO medical

Referirse al ANEXO 1.1 (Planos de cámara)

Para tener las condiciones ambientales mencionadas y evitar complicaciones en el interior de la cámara por condiciones ambientales exteriores, se optó por diseñar una pared aislante, la cual no afecte la visualización del proceso además al cambiar el tamaño de la cámara se debe rediseñar el sistema de refrigeración, calefacción y humidificación para ampliar el rango de medidas a calibrar antes mencionados.

3.1.2 Criterio de selección del tipo de aislamiento de las paredes

De acuerdo con el capítulo dos los posibles a utilizar son los aislantes de láminas de fibra de vidrio o el panel poliuretano que está más disponible en el mercado, además es la más utilizada en cámara frigoríficas y cuartos fríos. En Ecuador se puede encontrar en la empresa como Mega frio que es distribuidor de la marca Kingspan. Se puede encontrar de diferentes espesores desde los 40mm hasta los 100mm.

Referirse ANEXO 2

3.1.3 Determinación del grosor de aislamiento de paredes

El cálculo del espesor del panel está especificado por la ecuación 2 que representa el cálculo del ancho de pared tomada de la Norma ASHRE [20].

$$x = \frac{\Delta t * k}{Q} \quad (2)$$

$\Delta t =$ Diferencia entre temperatura del aire exterior y del aire interior del espacio

$k =$ Conductividad térmica de aislamiento de almacenamiento en frío.

$Q =$ Número de 8 a 10 (8 mas eficiente y 10 menos eficiente).

La diferencia de temperatura del aire exterior es dato de Anexo 4, se usa la temperatura de bulbo seco para enfriamiento en Quito seleccionando el valor de 21.9°C. y la temperatura interna de la cámara es de 15°C, por lo tanto:

$$\Delta t = (21.9 - 10)^{\circ}C$$

$$\Delta t = 11.9^{\circ}C$$

Para la conductividad térmica se presenta la tabla 19, la cual muestra los valores de esta propiedad para diferentes tipos de materiales de aislamiento basados en las normas ASHRE [20].

Tabla 19 Conductividad térmica de aislantes [20]

Material aislante	Conductividad térmica $k \left[\frac{W}{m^{\circ}C} \right]$
Panel Poliuretano	0.023 a 0.026
Poliisocianurato, celular	0.027
poliestireno extruido	0.035
poliestireno expandido	0.037
Plancha de corcho	0.043
Rollo de lana de fibra de vidrio	0.044
Acrílico	0.19

De acuerdo con lo establecido, k podría tomar el valor de 0.026 l al usar poliuretano o 0.044 si usa fibra de vidrio.

Remplazando en la ecuación (2)

$$x = \frac{11.9^{\circ}\text{C} * 0.026}{8}$$

$$x = 0.038 \text{ m}$$

$$x = \frac{11.9^{\circ}\text{C} * 0.044}{8}$$

$$x = 0.065 \text{ m}$$

Para el panel de poliuretano, el espesor del 3.8cm que se encuentra en el mercado por lo que, con un factor de seguridad de 1.5 el espesor seria de 6cm.(60mm)

3.1.4 Dimensionamiento del aislamiento de la puerta

Usando la ecuación 2 y los datos tomados anteriormente tales como las diferencias de temperaturas exterior e interior de la cámara y el valor $k=0.19$ tomado de la tabla 17 de propiedades térmicas

$$x = \frac{11.9 * 0.19}{8}$$

$$x = 0.28\text{m}$$

El espesor del acrílico es 28 cm, y la dimensión máxima de fabricación del acrílico es de 6mm. Este material es un mal aislante, pero es seleccionado por características de visibilidad

3.2 Rediseño del sistema de calefacción

Se realiza el rediseño del sistema de calefacción porque el espacio que tenía anteriormente aumento y se necesita nuevos componentes para poder cubrir todo el espacio a caracterizar.

3.2.1 Cálculo de la carga térmica por transmisión

3.2.1.1 Determinación de las dimensiones de pared de poliuretano

Para calcular la carga transmitida a través de las paredes, empleamos la ecuación 3, que describe el flujo de calor a través de las paredes, el piso y el techo en condiciones estables.

$$q = UA\Delta t \quad (3)$$

Donde

$\Delta t =$ Diferencia entre temperatura del aire exterior y el interior del espacio

$A =$ Área exterior de la sección, $[m^2]$

$q =$ ganancia de calor

$U =$ Coeficiente global de transferencia de calor de la pared. Para calcularlo se utiliza la ecuación (4)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad (4)$$

Donde,

$U =$ Coeficiente global de transferencia de calor $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$

$x =$ espesor de la pared, $[m]$

$k =$ conductividad termica del material $\left[\frac{W}{mK} \right]$

$h_i =$ conductividad de la superficie interna $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$

$h_o =$ conductividad de la superficie externa $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$

h_i y h_o tienen un valor de 1.6 para superficies tranquilas y 6 para superficies con vientos fuertes. Entonces para determinar la carga en las paredes de Poliuretano se tiene como dato:

De acuerdo con el Anexo 4, la temperatura exterior para calefacción es de $40^\circ C$, y para la temperatura interior de bulbo seco para calefacción se elige $6.8^\circ C$ siguiendo el criterio de diseño de ASHRAE respecto a la temperatura del aire exterior. Así pues:

$$\Delta t = ((273.15 + 50) - (273.15 + 6.8))^\circ C$$

$$\Delta t = (323.15 - 279.95)K$$

$$\Delta t = 43.2 K$$

$$x = 0.06m$$

$$k = 0.026 \left[\frac{W}{mK} \right]$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{1.6} + \frac{0.06}{0.026} + \frac{1}{1.6}}$$

$$U = 0.28 \frac{W}{m^2K}$$

3.2.1.2 Cálculo de áreas (Plano Anexo 1.1)

Área del techo y piso

$$A_1 = b * h$$

$$A_1 = (740x450)mm^2$$

$$A_1 = 0.333m^2$$

Área paredes laterales

$$A_3 = b * h$$

$$A_3 = (450x450)mm^2$$

$$A_3 = 0.2025m^2$$

Área pared posterior

$$A_2 = b * h$$

$$A_2 = (740X450)mm^2$$

$$A_2 = 0.333m^2$$

Área total

$$A_T = A_1 + A_2 + 2A_3$$

$$A_T = 2x0.333 + 0.33 + 2 * 0.2025$$

$$A_T = 1.404m^2$$

Remplazando los valores de ganancia de calor se tiene:

$$q = UA\Delta t$$

$$q = 1.404m^2 * 43.2K * 0.281 \frac{W}{m^2K}$$

$$q = 17.04 W$$

3.2.1.3 Cálculo de puerta de acrílico

Se calcula la carga de calefacción con los siguientes datos:

$$x = 0.006m$$

$$k = 0.19 \left[\frac{W}{mK} \right]$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{1.6} + \frac{0.006}{0.19} + \frac{1}{1.6}}$$

$$U = 0.78 \frac{W}{m^2K}$$

Cálculo de áreas de la puerta (**Anexo 1 Plano 2**)

Área puerta acrílica espesor 6mm

$$A_1 = b * h$$

$$A_1 = 800mm * 500mm$$

$$A_1 = 40000mm^2$$

$$A_1 = 0.4m^2$$

Remplazando los valores de ganancia de calor se tiene:

$$q = UA\Delta t$$

$$q = 0.4m^2 * 43.2K * 0.78 \frac{W}{m^2K}$$

$$q = 13.4784 W$$

3.2.2 Cálculo de carga de calefacción

Suma de cargas totales

$$q_t = q_{poliuretano} + q_{acrilico}$$

$$q_t = 17.04 + 13.478$$

$$q_t = 30.5184 W$$

3.2.3 Carga por infiltración de aire

La ganancia de calor en la infiltración de aire está dada por la ecuación 5, esta es una diferencia de densidades del aire en las cámaras.

$$q_{rt} = 1.23 * Q * (t_h - t_r) \quad (5)$$

Donde:

$$q_{rt} = \text{Carga por intercambio de aire [kW]}$$

$$t_h = \text{Temperatura exterior [}^\circ\text{C]}$$

$$t_r = \text{Temperatura de diseño de la cámara [}^\circ\text{C]}$$

$$Q = \text{caudal del aire } \left[\frac{L}{s} \right]$$

$$Q = \frac{\text{Volumen interno}}{3600}$$

$$Q = \frac{150}{3600}$$

$$Q = 0.029 \left[\frac{L}{s} \right]$$

Por lo tanto:

$$q_{rt} = 1.23 * Q * (t_h - t_r)$$

$$q_{rt} = 1.23 * 0.029 * (50 - 6.8)$$

$$q_{rt} = 1.54 \text{kw}$$

3.2.4 Cargas totales por calefacción

En la tabla 21 se tiene la suma de las cargas totales, siendo la potencia total de 1.6 Kw

Tabla 20 Suma de cargas totales para sistema de calefacción

Cargas	Valor [kW]
Cargas de transmisión	0.03051
Carga interna	-
Carga por infiltración	1.54
Carga por equipo seleccionado	-
Total	1.57051

Actualmente la resistencia es en forma de u para una potencia de 1.5Kw. y con el análisis realizado en el capítulo 2 para la selección de un sistema de calefacción resulta que el sistema óptimo es el de calefacción eléctrico que usa una resistencia. En la figura 11 se muestra la resistencia utilizada para la cámara de empresa esta es de 250W y se necesita de 2500kW por el tamaño nuevo.



Figura 10 Resistencia de la cámara

La resistencia seleccionada se muestra en la figura 11 para el sistema de calefacción eléctrica es de tipo UW, con un diámetro de 6 mm y una altura de 300x220mm para adaptarse a la cámara correspondiente. Esta resistencia, es personalizada a través de Resistencias Superior, está diseñada para trabajar con una alimentación de 220V. Se ha seleccionado esta resistencia para alcanzar una potencia de 2.4 kW, considerando un factor de seguridad de 1,5 para asegurar su eficiencia y durabilidad en la cámara. Sus características principales se las puede observar en el ANEXO 3.



Figura 11 Resistencia UW tubular aletada del calentador de aire

3.3 Rediseño del sistema de refrigeración

Para el nuevo espacio de la cámara se debe realizar cálculos del sistema de refrigeración y los nuevos límites de temperatura a medir son de 10 a 50 °C, la cámara de la empresa mide de 20 a 40 °C

3.3.1 Determinación de la Carga Térmica por Transmisión de Refrigeración

3.3.1.1 Determinación de la carga por las paredes de poliuretano

Para calcular la carga transmitida a través de las paredes, empleamos la ecuación 3, la cual describe el calor transferido a través de las paredes, el piso y el techo en condiciones estables.

$$q = UA\Delta t \quad (6)$$

Siguiendo el criterio de diseño de las normas ASHRAE para la temperatura del aire, y de acuerdo con lo establecido en el anexo 4, se selecciona el valor de 21.9°C para enfriamiento. Por lo tanto:

$$\Delta t = ((273.15 + 21.9) - (273.15 + 10))^\circ C$$

$$\Delta t = (295.05 - 283.15)K$$

$$\Delta t = 11.9 K$$

$$U = 0.28 \frac{W}{m^2K} \text{ (calculado en el diseño de calefacción)}$$

$$A_T = 1.404m^2 \text{ (calculado en el diseño de calefacción)}$$

Remplazando los valores de ganancia de calor se tiene:

$$q = UA\Delta t$$

$$q = 1.404m^2 * 11.9K * 0.281 \frac{W}{m^2K}$$

$$q = 4.69W$$

3.3.1.2 Cálculo de puerta de acrílico

Se calcula la carga de refrigeración con los siguientes datos que fueron calculados en el diseño del sistema de calefacción:

$$x = 0.006m$$

$$k = 0.19 \left[\frac{W}{mK} \right]$$

$$U = 0.78 \frac{W}{m^2K}$$

$$A_1 = 0.4m^2$$

Remplazando los valores de ganancia de calor se tiene:

$$q = UA\Delta t$$

$$q = 0.4m^2 * 11.9K * 0.78 \frac{W}{m^2K}$$

$$q = 1.33756 W$$

3.3.1.3 Cálculo de carga transmisión de refrigeración

Suma de cargas totales

$$q_t = q_{poliuretano} + q_{acrilico}$$

$$q_t = 4.69 + 1.33756$$

$$q_t = 6.02756 W$$

3.3.2 Determinación de la Carga Interna debida a la Resistencia Eléctrica

ASHRAE [4], sección de carga, el capítulo 4 que habla de las condiciones frigorífica, se representa en la ecuación 7

$$q = P_n \quad (7)$$

$$P_n = 2.4KW$$

$$q = 2400 W$$

3.3.3 Determinación de la Carga debida a la Infiltración de Aire

La cantidad de calor ganado debido a la infiltración de aire se determina mediante la ecuación 8, la cual se basa en las diferencias de densidad del aire en las cámaras. Un ejemplo de esto es cuando la masa de aire que fluye hacia el interior es igual a la masa que fluye hacia el exterior.

$$q_r = 0.577 * W * H^{1.5} \left(\frac{Q_s}{A}\right) \left(\frac{1}{R_s}\right) \quad (8)$$

Donde:

$q_{rt} =$ Carga sensible latente de calor [kW]

$\left(\frac{Q_s}{A}\right) =$

Carga de calor sensible de infiltración de aire por metro cuadrado de la puerta abierta. $\frac{W}{m^2}$

$W =$ ancho de la puerta [m]

$H =$ altura de la puerta [m]

$R_s =$ Relacion de calor sensible de ganancia de calor

$E =$ Eficacia del dispositivo e proteccion de la puerta

En la figura 12 permite obtener el valor de Q_s/A

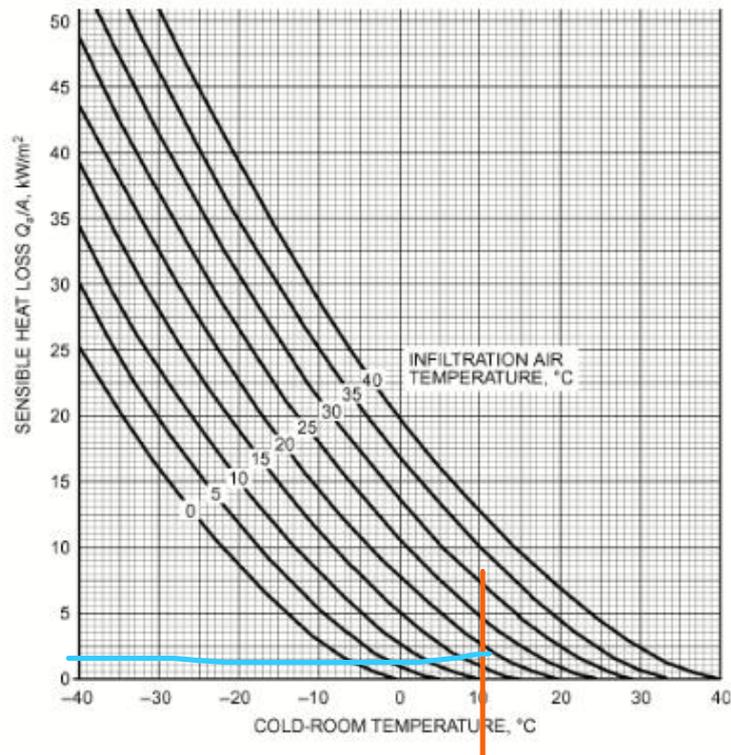


Figura 12 Ganancia de calor. [1]

Y el valor de R_s se obtiene de la tabla 21 que representa el espacio frío al 90%hr en el bulbo seco.

Tabla 21 Relación de calor sensible para infiltración por puertas a espacios refrigerados [4]

Condiciones exteriores			Espacio frío al 90%hr Temperatura de bulbo seco									
DB	WB	HR	-30	-25	-10	-5	0	5	10	15	20	25
°C	°C	%										
30	19.7	30	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,72	0,73	0,77	0,87	-
	21.8	40	0,71	0,69	0,68	0,66	0,65	0,63	0,63	0,64	0,68	0,83
	23.9	50	0,66	0,64	0,62	0,6	0,59	0,57	0,56	0,55	0,56	0,62
	25.8	60	0,62	0,6	0,58	0,56	0,54	0,52	0,5	0,48	0,48	0,49
35	19	20	0,8	0,79	0,78	0,77	0,77	0,77	0,79	0,84	0,96	-
	21.6	30	0,72	0,71	0,69	0,68	0,67	0,66	0,67	0,68	0,72	0,86
	24.0	40	0,66	0,64	0,63	0,61	0,59	0,58	0,57	0,57	0,58	0,63
	26.3	50	0,61	0,59	0,57	0,55	0,53	0,52	0,5	0,49	0,48	0,5
	28.3	60	0,56	0,54	0,53	0,51	0,49	0,47	0,45	0,43	0,42	0,41

	20.7	20	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,72	0,73	0,75	0,82	0,98
40	23.6	30	0,68	0,66	0,65	0,63	0,62	0,61	0,6	0,61	0,62	0,68
	26.2	40	0,61	0,59	0,58	0,56	0,54	0,53	0,52	0,51	0,5	0,52
	28.6	50	0,55	0,54	0,52	0,5	0,48	0,47	0,45	0,43	0,42	0,42

Para las medidas de la puerta de la cámara Anexo 1.

W=0.6m

H=0.7m

Temperatura interna mínima = 10°C

Temperatura externa =21.9°C (ANEXO 4)

$$\left(\frac{Q_s}{A}\right) = \frac{7.5KW}{m^2} \text{ (Figura 10)}$$

$R_s = 0.63$ (tabla 18)

Por lo tanto, remplazando en la ecuación (8)

$$q_r = 0.577 * 0.8 * 0.5^{1.5} (7.5) \left(\frac{1}{0.63}\right)$$

$$q_r = 1.94KW$$

3.3.4 Carga por equipo relacionado

En la figura 13 se presenta una exposición sobre los variados tipos de ventiladores y sus respectivas aplicaciones. En el ámbito del aire acondicionado, destacan los ventiladores centrífugos de diseño compacto, versátiles al poder instalarse en cualquier posición. Se utilizó los ventiladores axiales de 220V para poder realizar la circulación de aire de marca ELCO modelo 12798-ELC. Va con una cámara para poder realizar la circulación del aire.

Anexo 5

	TYPE	IMPELLER DESIGN	HOUSING DESIGN
CENTRIFUGAL FANS	AIRFOIL	Highest efficiency of all centrifugal fan designs. Ten to 16 blades of airfoil contour curved away from direction of rotation. Deep blades allow efficient expansion within blade passages. Air leaves impeller at velocity less than tip speed. For given duty, has highest speed of centrifugal fan designs.	Scroll design for efficient conversion of velocity pressure to static pressure. Maximum efficiency requires close clearance and alignment between wheel and inlet.
	BACKWARD-INCLINED >-CURVED	Efficiency only slightly less than airfoil fan. Ten to 16 single-thickness blades curved or inclined away from direction of rotation. Efficient for same reasons as airfoil fan.	Uses same housing configuration as airfoil design.
	RADIAL	Higher pressure characteristics than airfoil, backward-curved, and backward-inclined fans. Curve may have a break to left of peak pressure and fan should not be operated in this area. Power rises continually to free delivery.	Scroll. Usually narrowest of all centrifugal designs. Because wheel design is less efficient, housing dimensions are not as critical as for airfoil and backward-inclined fans.
	FORWARD-CURVED	Flatter pressure curve and lower efficiency than the airfoil, backward-curved, and backward-inclined. Do not rate fan in the pressure curve dip to the left of peak pressure. Power rises continually toward free delivery. Motor selection must take this into account.	Scroll similar to and often identical to other centrifugal fan designs. Fit between wheel and inlet not as critical as for airfoil and backward-inclined fans.
AXIAL FANS	PROPELLER	Low efficiency. Limited to low-pressure applications. Usually low-cost impellers have two or more blades of single thickness attached to relatively small hub. Primary energy transfer by velocity pressure.	Simple circular ring, orifice plate, or venturi. Optimum design is close to blade tips and forms smooth airfoil into wheel.
	TUBEAXIAL	Somewhat more efficient and capable of developing more useful static pressure than propeller fan. Usually has 4 to 8 blades with airfoil or single-thickness cross section. Hub is usually less than half the fan tip diameter.	Cylindrical tube with close clearance to blade tips.
	VANEAXIAL	Good blade design gives medium- to high-pressure capability at good efficiency. Most efficient have airfoil blades. Blades may have fixed, adjustable, or controllable pitch. Hub is usually greater than half fan tip diameter.	Cylindrical tube with close clearance to blade tips. Guide vanes upstream or downstream from impeller increase pressure capability and efficiency.
SPECIAL DESIGNS	TUBULAR CENTRIFUGAL	Performance similar to backward-curved fan except capacity and pressure are lower. Lower efficiency than backward-curved fan. Performance curve may have a dip to the left of peak pressure.	Cylindrical tube similar to vaneaxial fan, except clearance to wheel is not as close. Air discharges radially from wheel and turns 90° to flow through guide vanes.
	POWER ROOF VENTILATORS CENTRIFUGAL	Low-pressure exhaust systems such as general factory, kitchen, warehouse, and some commercial installations. Provides positive exhaust ventilation, which is an advantage over gravity-type exhaust units. Centrifugal units are slightly quieter than axial units.	Normal housing not used, because air discharges from impeller in full circle. Hood does not include configuration to recover velocity pressure component.
	POWER ROOF VENTILATORS AXIAL	Low-pressure exhaust systems such as general factory, kitchen, warehouse, and some commercial installations. Provides positive exhaust ventilation, which is an advantage over gravity-type exhaust units.	Essentially a propeller fan mounted in a supporting structure. Hood protects fan from weather and acts as safety guard. Air discharges from annular space at bottom of weather hood.

Figura 13 Tipos de ventiladores con sus aplicaciones [20]

3.3.5 Cargas totales de refrigeración

En la Tabla 22 se representan las cargas a utilizarse para la refrigeración, también se advierte el valor total de carga necesaria en este sistema, siendo 5.063 kW la suma total de las cargas.

Tabla 22 Suma de cargas totales para sistema de refrigeración

Cargas	Valor [kW]
Cargas de transmisión	0.006
Carga interna	2.4
Carga por infiltración	1.94
Carga por equipo seleccionado	0.01
Total	4.3506
Con un factor de seguridad de 1.5	6.53

3.3.6 Selección del gas refrigerante

En la Tabla 23 de TOTALINE se ofrece una comparativa de temperaturas de gases refrigerantes a presión atmosférica. La selección del refrigerante adecuado requiere considerar tres factores fundamentales: la temperatura crítica, de ebullición y de congelación. Estos parámetros son vitales para determinar el comportamiento y la idoneidad de cada gas refrigerante en aplicaciones específicas.

Tabla 23 Temperaturas de gases refrigerantes a presión atmosférica Totaline [21]

Refrigerante N°	Temperatura en °C		
	Ebullición	Crítica	Congelación
12	-29,8	112	-158
22	-40,7	96	-160
30	40,6	216,1	-97
123	27,9	---	-107
134 ^a	-26,5	101,1	-103
170	-88,6	32,3	-172
502	-45,4	82,2	---
507	-46,7	71	---
717	-33,3	132,9	-78
718	100	37405	0

Se elige el refrigerante R-134a debido a que es un compuesto HFC llamado químicamente como $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$, conocido por su falta de inflamabilidad y niveles de toxicidad. Este refrigerante ha sido ampliamente utilizado en diversas aplicaciones, incluyendo el aire acondicionado, gracias a su rendimiento termodinámico comparable al del R12.

3.3.7 Elección del compresor, evaporador y condensador.

Es esencial considerar la información siguiente:

1. La temperatura del refrigerante en el evaporador tiende a estar entre 4 a 7°C más baja que la del evaporador mientras el compresor está en funcionamiento[21].
2. En el caso de un condensador enfriado por aire, la temperatura del refrigerante oscila entre 17 y 19°C por encima de la temperatura ambiente.

Por consiguiente, la temperatura en el refrigerante debe ser de 3°C para su mínima temperatura interiores de 10°C y se toma aproximadamente 7°C menos y la temperatura de condensación es 19°C más a la temperatura ambiente y será de 41°C aproximadamente. En la figura 14 representa al diagrama de Ph, están trazados los puntos que corresponde al ciclo tomando las temperaturas de evaporación y condensación mencionadas.

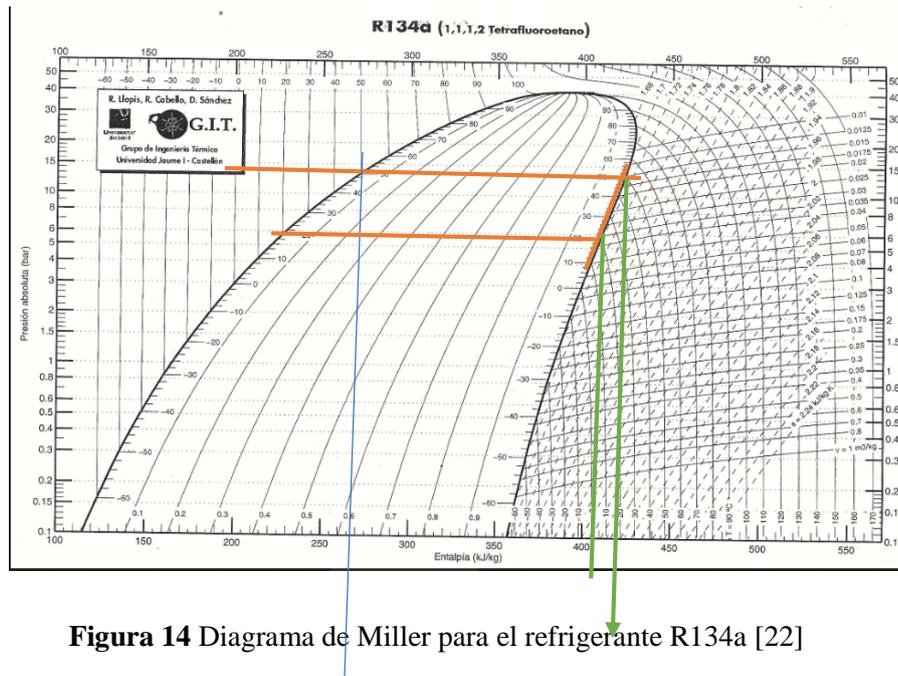


Figura 14 Diagrama de Miller para el refrigerante R134a [22]

Se obtienen los valores de entalpía y entropía:

$$h_1 = 395 \frac{KJ}{Kg} = 95.3633 \frac{Kcal}{Kg}$$

$$h_2 = 421 \frac{KJ}{Kg} = 100.621 \frac{Kcal}{Kg}$$

$$h_3 = h_4 = 59.9904 \frac{KJ}{Kg}$$

$$v_e = \frac{1 \text{ m}^3}{16 \text{ Kg}}$$

Con los datos anteriores se realiza el cálculo de calor absorbido en el evaporador q_{ue} y caudal másico m utilizando las ecuaciones 9 y 10 respectivamente tomados de la enciclopedia realizada por Ramírez [22] pág. 204-208.

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (9)$$

Donde:

$q_e = \text{calor absorbido en el evaporador}$

$$q_e = 95.3633 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} - 59.9904 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$q_e = 35.3729 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$m = \frac{P_{\text{frigorifica}}}{q_e} \quad (10)$$

Donde:

$P_{\text{frigorifica}} = \text{potencia frigorifica de la máquina}$

$m = \text{caudal másico}$

Ramírez, Juan [22] en su enciclopedia indica el cálculo de la potencia utilizando la ecuación 11.

$$NR = Q \frac{24}{t} \quad (11)$$

Reemplazando

$$NR = 6.53KW \left(\frac{24}{8} \right)$$

$$NR = 19.60 KW$$

$$P_{\text{frigorifica}} = 16.698KW * \frac{\left(859.85 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \right)}{1KW} = 16854.79 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Entonces

$$m = \frac{16854.79 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{35.3729 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}}$$

$$m = 476.48 \frac{Kg}{h}$$

También se calcula la producción frigorífica volumétrica, el caudal volumétrico, el trabajo específico de compresión, la potencia del compresor y COP frigorífico utilizando las ecuaciones 12, 13, 14,15 y 16 respectivamente tomados de la enciclopedia Ramírez [22].

Producción frigorífica volumétrica

$$q_v = \frac{q_e}{V_e} \quad (12)$$

$$q_v = \frac{35.3729 \frac{Kcal}{Kg}}{\frac{1 m^3}{16 Kg}}$$

$$q_v = 565.9664 \frac{Kcal}{m^3}$$

Caudal volumen o desplazamiento V

$$V = \frac{P_{frigorifica}}{q_v} \quad (13)$$

$$V = \frac{14357.7753 \frac{Kcal}{h}}{565.9664 \frac{Kcal}{m^3}}$$

$$V = 25.37 \frac{m^3}{h}$$

Trabajo específico de compresión

$$q_w = h_2 - h_1 \quad (14)$$

$$q_w = 100.621 \frac{Kcal}{Kg} - 95.3633 \frac{Kcal}{Kg}$$

$$q_w = 5.2577 \frac{Kcal}{Kg}$$

Potencia del compresor

$$P_c = m * q_w \quad (15)$$

$$P_c = 476.488 \frac{Kg}{h} * 5.2577 \frac{Kcal}{Kg}$$

$$P_c = 2505.23 \frac{Kcal}{h} * \left(\frac{1BTU}{0.252 Kcal} \right)$$

$$P_c = 9941.40 \frac{BTU}{h}$$

COP frigorífico

$$COP = \frac{q_e}{q_w} \quad (16)$$

$$COP = \frac{35.3729 \frac{Kcal}{Kg}}{5.2577 \frac{Kcal}{Kg}}$$

$$COP = 6.73$$

Potencia frigorífica específica

$$k_f = 860 * COP \quad (17)$$

$$k_f = 860 \frac{kcal}{h * KW} * 6.73$$

$$k_f = 5785.94 \frac{kcal}{h * KW}$$

Potencia indicada

$$N_i = \frac{P_{frigorifica}}{k_f} \quad (18)$$

$$N_i = \frac{16854.79 \frac{Kcal}{h}}{5785.94 \frac{kcal}{h * KW}}$$

$$N_i = 2.91kW$$

Potencia en el condensador

$$Q_c = Q_{evap} + 860 * N_i \quad (19)$$

$$Q_c = 1747.4 \frac{kcal}{h} + 860 \frac{kcal}{h * KW} * 2.91KW$$

$$Q_c = 4252.63 \frac{kcal}{h} * \left(\frac{1BTU}{0.252 Kcal} \right)$$

$$Q_c = 16875.522 \frac{BTU}{h}$$

3.3.7.1 Compresor

El compresor de la empresa es de diferentes características a las que se necesita para el nuevo tamaño. Como se muestra en la figura 15, el compresor es de 1/3 HP y su rango de operación era de -35 °C a -10°C por lo que tiene el rango necesario, de hasta 3°C.



Figura 15 Característica del compresor de la empresa. [9]

Una vez que se ha completado el análisis teórico del compresor, el próximo paso implica la selección del modelo más adecuado para cumplir con los requisitos de nuestra instalación. Este proceso requiere usar tablas proporcionadas por los fabricantes, que detallan las especificaciones de los modelos de compresores disponibles. Se elige el compresor, el cual cumple con lo siguiente:

- i. Diseñado para operar a temperaturas alta a medias $T=3^{\circ}C$.
- ii. Capaz de desplazar un caudal másico de refrigerante $m=476.48Kg/h$.

- iii. Con un volumen barrido (V) de 25.37 metros cúbicos por hora.
- iv. Potencia del compresor (Pc) de 9941.40 BTU por hora.

En el ANEXO 6. Se presenta el Compresor GS34TB R-134A 1Hp 230V 50Hz adquirido en Mega frio.

Una vez cambiado la potencia del compresor se debe adquirir los elementos necesarios y exactos para el nuevo compresor.

3.3.7.2 Selección del evaporador

Para seleccionar un evaporador se toma en cuenta algunos factores, porque es un proceso complejo, a continuación, se muestran algunos de estos factores:

a. Sistema de circulación de aire

Hay 2 tipos de evaporadores de convención natural y forzada. Se elige el de convención forzada, porque se obliga a pasar el aire de la cámara por las aletas de la batería, permitiendo el intercambio de calor intenso y una velocidad de aire mayor.

b. Tipo de aplicación

Se eligió un evaporador con ventilador centrífugo para permitir una distribución de temperatura homogénea y la velocidad adecuada para la circulación del aire en la cámara.

c. Separación de aletas

Se debe buscar evaporadores con una separación de aletas de entre 3 a 4 mm para que se forme la escarcha la temperatura de evaporación debe ser superior a 0°C, esta escarcha se forma sobre las aletas y aumenta de grosor al pasar el tiempo y si el evaporador se congela, esto puede obstruirse con hielo, lo que a su vez podría impedir la circulación de aire.

Con la potencia del compresor seleccionado de 11900BTU/h equivalente a 2999Kcal/h, se tiene el evaporador de vitrina 1Hp de 93cm, esta es recomendación de técnicos de Mega frio.

3.3.7.3 Selección del elemento de expansión

Los sistemas de refrigeración por compresión necesitan controlar el flujo del refrigerante del lado de alta presión al de baja presión. El tubo capilar es el dispositivo utilizado para regular dicho flujo, para aplicaciones menores a 5HP es más utilizados estos tubos capilares, la selección se da de acuerdo a la figura 16 que representa el diámetro y longitud de los tubos a partir de los datos que la temperatura de evaporación sea de 3°C y la de diseño es de 21.9°C.

R134a – Medium / High Temperature Applications

Evap. Temp. °C	-10				-5				0				5			
	25		32		25		32		25		32		25		32	
Ambient °C	L	Dia.	L	Dia.	L	Dia.	L	Dia.	L	Dia.	L	Dia.	L	Dia.	L	Dia.
LIJH Model	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm
AZ 4414 Y	2.1	0.8	2.8	0.8	1.55	0.8	1.95	0.8	1.1	0.8	1.45	0.8			1	0.8
AZ 4419 Y	1.1	0.8	1.6	0.8	1.55	1	0.95	0.8	1.1	1	1.4	1			1.05	1
AZ 4425 Y	2.2	1					1.95	1								
AZ 4432 Y	1.5	1	1.9	1	1.05	1	1.4	1			1	1				
AZ 4438 Y	1	1	1.3	1	2.7	1.2	0.9	1	1.95	1.2	2.45	1.2	1.55	1.2	1.85	1.2
CAE 4440 Y	1.9	1.2	2.55	1.2	1.4	1.2	1.75	1.2	1	1.2	1.3	1.2			0.9	1.2
CAE 4449 Y	1.7	1.2			1.25	1.2	1.55	1.2	0.9	1.2	1.15	1.2				
CAJ 4452 Y	1.5	1.2	1.9	1.2	1.05	1.2	1.3	1.2			0.95	1.2				
CAJ 4451 Y	1.2	1.2	1.5	1.2	2.85	1.5	1.1	1.2	2	1.5	2.6	1.5	1.45	1.5	1.85	1.5
CAJ 4482 Y	1.4	1.5	1.7	1.5	1.05	1.5	1.3	1.5			0.95	1.5				
CAJ 4511 Y	1.05	1.5	1.35	1.5			0.9	1.5								
	1.4	2x1.2	1.3	2x1.2			0.95	2x1.2								
FA 4518 Y	2.7	2	3.4	2	1.85	2	2.4	2	1.3	2	1.65	2			1.15	2
	1.55	2x1.5	1.9	2x1.5	1.1	2x1.5	1.4	2x1.5			1	2x1.5				
FA 4525 Y	1.25	2.2	1.6	2.2			1.1	2.2								
	1.1	2x1.5	1.45	2x1.5			1.05	2x1.5								

Figura 16 Aplicaciones para media y alta temperatura [22]

Se seleccionó el tubo capilar AZ4419Y que tiene un diámetro de 1mm y longitud de 1.4m.

3.3.7.4 Selección del condensador

La función de este componente es facilitar la pérdida de calor del refrigerante mediante el intercambio térmico con un fluido externo, lo que resulta en la condensación. Debe tener un tamaño adecuado para disipar el calor absorbido por el refrigerante tanto en el evaporador como durante la compresión. La potencia de este componente se determina mediante la suma de la potencia frigorífica y la potencia del motor del compresor. De lo calculado en la ecuación 19 la capacidad del condensador puede ser de 15397.62 BTU/h, a partir del modelo seleccionado del compresor GS34TB/V y usando la guía CONDENSIG UNIT Catalogo [23] pagina 5 se como se muestra en la figura 17 se selecciona el de una capacidad de 17000BTU/h.



Figura 17 Condensador según el modelo de compresor [23]

3.3.8 Selección de tubería

Se necesita conductos o tuberías para circulación de refrigerantes. Por ende, se debe utilizar tubería de cobre, siendo la más utilizada en sistema de refrigeración y aire, esto se debe a su durabilidad, facilidad de instalación, ductilidad, resistencia a la corrosión y fácil de soldar. Utilizando el ábaco de la figura 18 y con la potencia frigorífica del compresor de 21345.1 Kcal/h, para una longitud máxima de 10m.

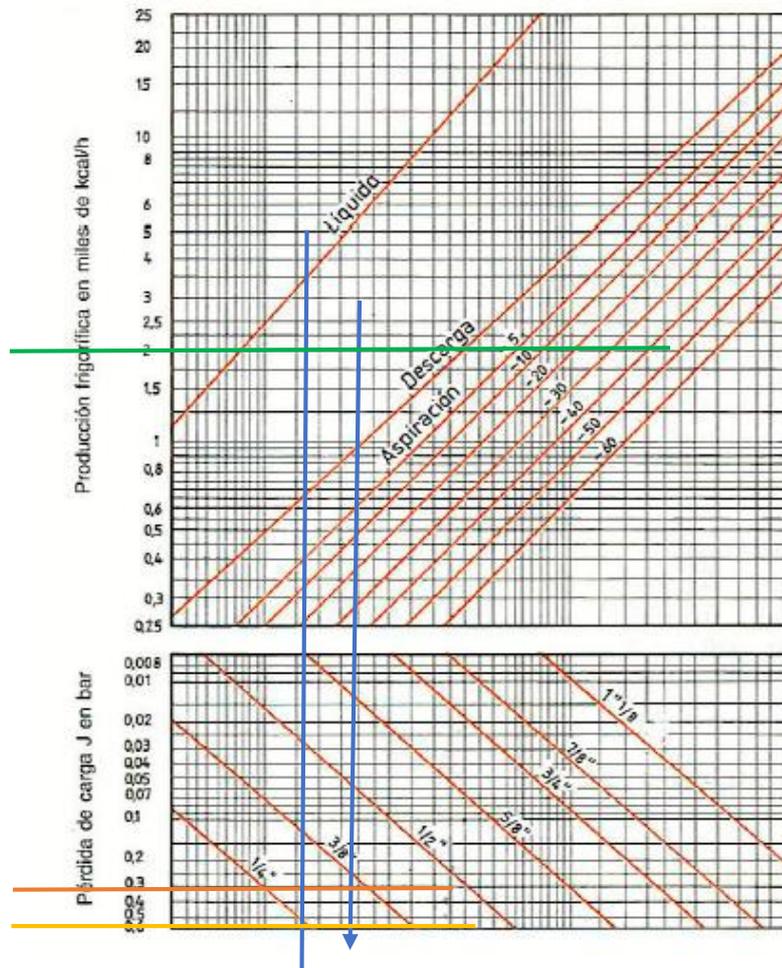


Figura 18 Abaco para evaluar pérdidas dinámicas en tuberías de 10m. [22]

Las longitudes aproximadas para la tubería de descarga y aspiración son de 2 y 4 m respectivamente. Para calcular la pérdida en J de las tuberías se utiliza la ecuación 20

Donde la caída de presión o pérdida equivalente para una temperatura 3°C con el refrigerante R134a es de 0.13bar.

$$J_{longitud} = \frac{\text{Perdida equivalente} * \text{longitud de tubería abavo}}{\text{longitud horizontal del tubo}} \quad (20)$$

Perdida en la tubería de aspiración

$$J_{longitud\ 2m} = \frac{0.13 * 10}{2}$$

$$J_{longitud\ 2m} = 0.65bar$$

Perdida en la tubería de descarga

$$J_{longitud\ 4m} = \frac{0.13 * 10}{4}$$

$$J_{longitud\ 4m} = 0.325bar$$

Según la gráfica 18 se tiene que los diámetros de tuberías para descarga esta entre 3/8" y 1/2" y para aspiración entre 1/2" y 5/8", por lo tanto, para descarga se utiliza una tubería de 1/2" y para aspiración de 3/8".

3.4 Rediseño del sistema de humidificación

Mejorar la efectividad del actual sistema, para reducir los costos operativos y aumentar el nivel de humedad relativa necesaria para el tamaño actual de la empresa.

3.4.1 Carga de humidificación

La ecuación 21 representa los sistemas de ventilación con infiltración.

$$H = \rho VR(w_i - w_o) - S + L \quad (21)$$

Donde:

$$\rho = \text{densidad del aire al nivel del mar} \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

$$V = 0.2137 m^3 \text{ volumen interno}$$

$$R = 1 \text{ (indice de funcionamiento)}$$

$$w_i = 90\% \text{ Porcentaje maximo}$$

$w_o = 49\%$ Porcentaje relativo promedio en Quito

$S = 0$ (no hay otras fuentes de humedad)

$L = 0$ (no hay perdidas camara sellada hermeticamente)

$$H = 1.2 * 0.2137 * 1 * (90 - 49) - 0 + 0$$

$$H = 10.51 \frac{kg}{h}$$

En Ecuador la marca Condair solo ofrece equipos para cuartos fríos grandes y no puede proveer humidificadores pequeños, por lo que se adquiere un motor generador de niebla. En la figura 19 se puede observar la instalación de este humidificador casero, utilizando un balde pequeño, el generador de vapor, tubería y un ventilador para generar 10Kg/h de vapor húmedo.



Figura 19 Humificador casero generador de vapor.

En la figura 20 se muestra el generador de humedad de EMCO, es pequeño para abastecer la capacidad de la cámara, generando solamente 4kg/h.



Figura 20 Generador de humedad EMCO

3.5 Rediseño para sistema de control

Se requieren sensores de humedad y temperatura cuyos rangos deben estar entre 10 y 50°C en temperatura y de 20%hr a 90%hr en humedad relativa, además de un controlador que se capaz de poseer salidas específicamente útiles en el control de los sistemas de calefacción, refrigeración, humidificación y des humificación, este controlador no solo debe regulara las salidas sino también debe permitir la comunicación con una computadora.

En Ecuador se puede encontrar la marca FULL GAUGE y la empresa también posee estos controladores ellos poseen el MT-530 plus, que satisfacen todos los requerimientos necesarios, tanto en entradas como en salidas, además en la figura 21 se muestra los rangos de operación de este, trabajan a temperaturas de -10 a 70 °C con un error de +- 1.5°C en temperatura y de 10 a 95 %hr. Todas las características de este controlador lo encontramos en el ANEXO 7

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Alimentación directa	MT-530E Super: 115 o 230 Vac ±10%(50/60 Hz) MT-530EL Super: 12 o 24 Vac/dc +10%
Temperatura de control	-10 a 70.0 °C ±1.5°C (con resolución de 0.1°C) 14 a 158 °F ±3°F (con resolución de 0.1°F)
Temperatura de operación	0 a 50°C / 32 a 122°F
Humidad de control	10 a 85%HR ±5%HR (con resolución de 0.1%HR)
Humidad de operación	10 a 85% HR (sin condensación)
Corriente máxima por salida	Therm: -16(8)A/250Vac 1HP Humid: 5(3)A/250Vac 1/8HP Aux: 5(3)A/250Vac 1/8HP
Dimensiones (mm)	76 x 34 x 77 mm / 2,99" x 1,33" x 3,03" (A x A x P)
Dimensiones del recorte para fijación del instrumento	71 ± 0.5 x 29 ± 0.5 mm (vide item 5) 2,79" ± 0,02" x 1,14" ± 0,02"

Figura 21 Especificaciones técnicas del MT-530 Plus [24]

También ofrece conectividad con el computador mediante el software desarrollado por Full Gauge es conocido como Sitrad se lo presenta en la figura 22, permite monitorear, controlar variables y ver los datos guardados mediante gráficos.

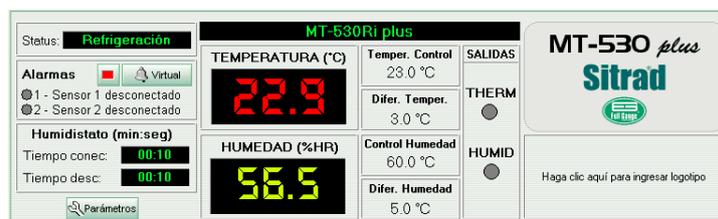


Figura 22 SITRAD para el controlador MT-530 plus[24]

Esta interfaz contiene alarmas para saber si están desconectados o no los sensores, además posee alarmas si sobrepasa el nivel, se puede colocar el setpoint de temperatura y humedad. Puede controlar la salida de calefacción y humedad y un auxiliar.

El interfaz que dispone este controlador es la comunicación serial RS-485 tienen una caja de distribución donde se pueden conectar algunos controladores, cuenta con un convertidor CONV32 que posibilita la comunicación serial entre la computadora y el controlador.

En la figura 23 se muestra los sensores utilizados medir la humedad y la temperatura en la cámara, los sensores de temperatura y humedad SB56 del MT 530 Ri de la marca Full Gauge. Cada característica de los sensores se encuentra en el ANEXO 8.



Figura 23 Sensores de humedad y temperatura utilizados en la cámara climatizada[24].

3.6 Sistema de comunicación serial a USB

La interfaz convertidora posee un HMI, el cual se conoce como SITRAD, en la figura 24 se muestra la conexión entre los controladores el conversor y la computadora.

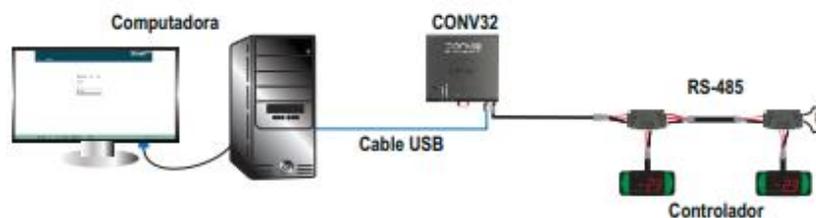


Figura 24 Instalación del conv32 [24]

Para conectar 2 o más se controladores se utiliza un bloque de conexión las características se muestran en el ANEXO 9

3.6.1 Instalación y operación

Descargar SITRAD Pro-ANEXO 10 en la página 3 al 5 explica como conectar e instalar el conversor COV32, en la Figura 25 establece la selección del tipo de comunicación con los controladores y se utiliza la comunicación por USB.

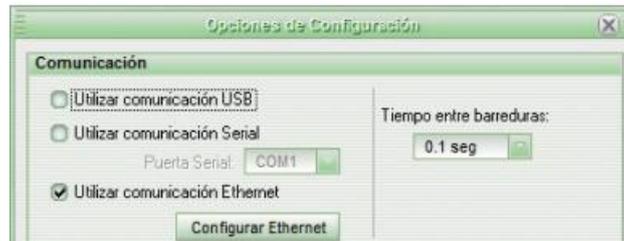


Figura 25 Selección del tipo de comunicación [24]

3.6.2 Uso de plataforma SITRAD

En la figura 26 se aprecia el panel de información del MT 530 plus, se aprecia el estado si está conectado o no, la temperatura y humedad relativa censada en ese instante y los valores de setpoint ingresados, también hay un estado de las salidas si están activas o desactivas.

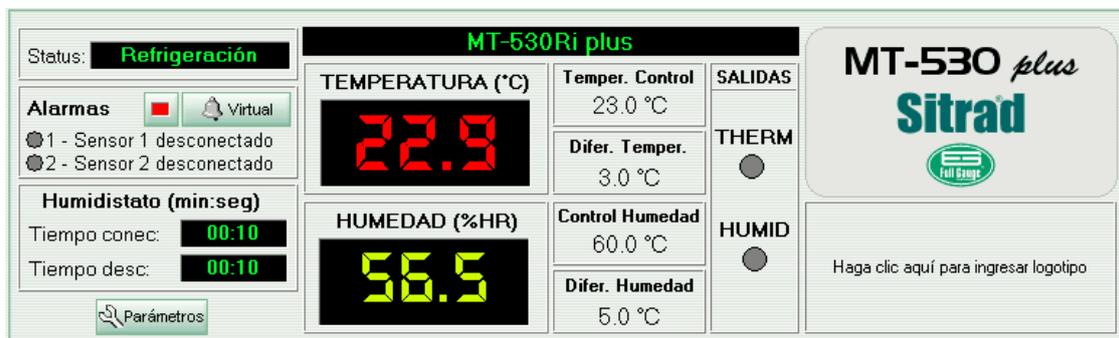


Figura 26 Panel de información MT 530 plus [24]

Para poder programar, se va al botón de parámetros y se despliega una serie de funciones del programa. En la tabla 24 se muestra todas las funciones programadas en el Sitrad para los 2 controladores, el primer controlador es para los sistemas de calefacción y refrigeración y el segundo controlador se encarga del sistema de humidificación y deshumidificación.

Tabla 24 Datos ingresados en el Sitrad para los dos controladores

	Controlador 1	Controlador 2
Modo de operación Salida del Therm	0	0
Mínimo Therm	10	0
Máximo Therm	50	0
Histéresis Therm	0,1	0
Modo de operación Salida del HUM	0	1
Tiempo activado	0	0
Mínimo Hum	0	20
Máximo Hum	0	90
Histéresis Hum	0	0,5
Tiempo activado HUM	0	1
Tiempo desactivado HUM	0	10
Operación AUX	1	2
Mínima operación	10	20
Máxima operación	50	90
Histéresis AUX	0,2	0,5
Tiempo activado AUX	70	110
Tiempo desactivado AUX	1	0
Alarmas a temperatura baja	8,9	0
Alarmas a temperatura alta	51,1	0
alarmas humedad baja	0	15
alarmas humedad alta	0	95

3.7 Rediseño para el sistema eléctrico

Actualmente, cámara y sus sistemas están comandados por el Arduino, y no se usan adecuadamente los controladores; se propone que los sistemas de la cámara se comandan con las salidas del controlador MT530 plus, que se activan o desactivan leyendo sensores de humedad relativa y temperatura. En el ANEXO 11 se presenta el circuito de control que comanda los sistemas.

A continuación, se presenta las funciones que tiene cada salida de control:

- Para el sistema de calefacción: se energiza o des energiza la resistencia eléctrica utilizada y el ventilador de circulación del aire cuando es necesario.
- Para el sistema de refrigeración: prende o apaga el compresor y el elemento de arranque, el ventilador del condensador y cuando sea necesario el ventilador de circulación del aire.
- Para el sistema de humidificación: para alcanzar valores de humedad deseada se comanda la entrada o parada del vapor a la cámara usando la válvula solenoide.

3.7.1 Dimensionamientos y selección de relés y contactores

Se detallan los procesos para determinar las especificaciones técnicas de los contactores y relés que serán utilizados en el sistema eléctrico, para protección del sistema de calefacción, refrigeración, humificación y deshumificación.

3.7.1.1 Contactor de refrigeración

En la tabla 25 se muestra los elementos utilizados en la refrigeración y las corrientes máximas de arranque y las de funcionamiento. De acuerdo al circuito de control.

Tabla 25 Cargas del Contactor de refrigeración en los polos 1 y2

Polo 1		
Dispositivo	Corriente máxima [A]	Corriente de funcionamiento [A]
Compresor	29	7
Ventilador del Compre	2	1.9
Total	31	8.9
Polo 2		
Ventilador del evaporador	2	1.9

Se escogió el Contactor bipolar 32 amperios CHINT 24 VAC o 230V sus características técnicas están el ANEXO 13 y se eligió el modelo NCK3-32/1 ya que posee corriente de full carga de 32[A], un voltaje máximo 277 [V] y la corriente de arranque es de 200 [A].

3.7.1.2 Contactor de calefacción

En la tabla 26 se muestra los elementos utilizados en la calefacción y las corrientes máximas de arranque y las de funcionamiento de acuerdo al circuito de control.

Tabla 26 Cargas del Contactor de calefacción en los polos 1 y 2

Polo 1		
Dispositivo	Corriente máxima [A]	Corriente de funcionamiento [A]
Resistencia	0	4
Polo 2		
Ventilador del evaporador	2	1.9

Se escogió el Contactor bipolar CHINT 24 VAC o 230V sus características técnicas están el ANEXO 13 y se eligió el modelo NCK3-32/1 ya que posee corriente de full carga de 32[A], un voltaje máximo 277 [V] y la corriente de arranque es de 200 [A].

3.7.2 Selección de conductores

Bratu, [3] de su libro de instalaciones eléctricas, nos indica cómo se realiza la selección de conductores para alimentación y para cada elemento, se lo realiza mediante el criterio de corrientes a plena carga. Utilizando la ecuación 22 se procede a calcular la corriente total que circula en el sistema eléctrico.

$$I_T = 1.25 \times I_{EI} + \sum I_{pc} \quad (22)$$

Donde

I_{EI} = corriente a plena carga del mas inductivo

I_{pc} = corrientes a plenas de cargas

3.7.2.1 Cable de alimentación

Cálculo del tamaño de cable para la alimentación

$$I_T = 1.25 \times I_{EI} + \sum I_{pc}$$

$$I_T = 1.25 \times I_{compresor} + 2I_{ventilador} + I_{resistencia} + I_{humidificador} + I_{fuente}$$

$$I_T = 1.25 \times 7A + 2 \times 1.9A + 4A + 0.32A + 0.56A$$

$$I_T = 17.43 [A]$$

Según la figura 29 representa la tabla de capacidades de corrientes de conductores de cobre aislado. Se seleccionó el cable AWG12 a una temperatura de funcionamiento de 60°C.

Tipo de aislam.	THWN, RUW, T, TW, TWD, MTW	RH, RHW, THW, THWN, DF, XHHW, RUH	PILC, V, MI	TBS, AVB, SIS, THHW, TA, SA, FEP, THW, RHH, EP, MTV, XHHW*				
Temp. máxima	60 °C	75 °C	85 °C	90 °C				
Calibre AWG/MCM	en tubo	al aire	en tubo	al aire	en tubo	al aire	en tubo	al aire
14	15	20	15	20	25	30	25	30
12	20	25	20	25	30	40	30	40
10	30	40	30	40	40	55	40	55
8	40	55	45	65	50	70	50	70
6	55	80	65	95	70	100	70	100

Figura 27 Calibres de conductores AWG [18]

3.7.2.2 Cable para cada elemento

- a. Compresor

$$I_T = 1.25 \times 7A = 8.75A$$

- b. Ventilador

$$I_T = 1.25 \times 1.9A = 3.8A$$

- c. Resistencia eléctrica

$$I_T = 1.25 \times 4A = 5A$$

- d. Humidificador

$$I_T = 1.9A$$

- e. Ventilador

$$I_T = 1.25 \times 0.32 = 0.4A$$

Según la figura 31 se selecciona el cable AWG 14 pal ser el calibre mínimo y tiene una temperatura de 60°C.

3.8 Diseño de la estructura de soporte

Para el diseño de esta estructura tomamos en cuenta el peso de la cámara con todos los sistemas ya colocados en ella. Para esto se realiza el plano y construcción de la misma

usando el hierro fundido gris A36, en la figura 30 se aprecia la construcción de la misma en solidwork.



Figura 28 Estructura soporte

3.8.1 Análisis de carga en la estructura

Para este análisis se toma en cuenta la distribución de los equipos a colocarlas el sistema de refrigeración, el de calefacción y de humidificación, distribuidas en ella. Se usa el acero A304, analizado en el capítulo, la masa de la cámara es 17kg

Con la utilización del MD Solid en la figura 33 tenemos el momento máximo de 39.89 Nm y con este valor podemos calcular el área de la viga necesaria utilizando el manual de DIPAC.

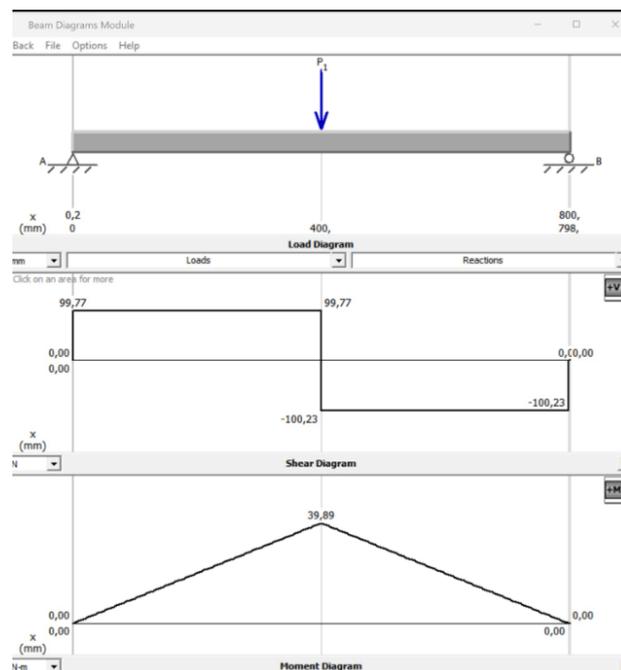


Figura 29 Diagrama de momentos y esfuerzos cortantes en una viga.

Se utiliza el A36 para estructuras, que no se movilizan.

$$S_y = 36ksi = 248Mpa$$

Utilizando la ecuación 23 para cálculo de esfuerzos tenemos:

$$\sigma = \frac{M}{S} \tag{23}$$

Donde:

σ = Esfuerzo normal maximo [N/m]

M = momento maximo [Nm]

S = volumen [m^3]

Recordando que el esfuerzo normal máximo es:

$$\sigma = 0.6S_y$$

Remplazando los datos en la ecuación 23 se tiene:

$$0.6S_y = \frac{M}{S}$$

$$S = \frac{M}{0.6S_y} = \frac{39.39Nm}{0.6 * 289MPA}$$

$$S = 2.2987x10^{-7}m^3$$

$$S = 0.23 cm^3$$

Con el valor obtenido y usando la tabla de DIPAC, en la Figura 31 se muestra la viga usada para la selección del soporte. Se encuentra un valor de 0.53 cm³ y el ancho nos indica de 20mm con un espesor de 1.2mm.

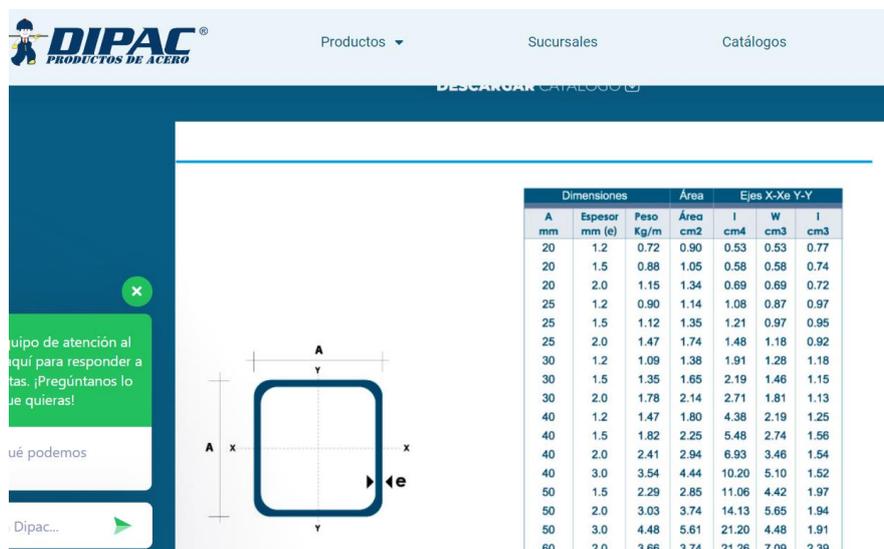


Figura 30 Catalogo Dipac [22]

La viga seleccionada es de dimensiones 20mmx20mmx1,2mm.

3.8.1.1 Simulación en Solidwork

Utilizando el análisis de carga de Solidwork y aplicando las cargas en cada viga tenemos un factor de seguridad de 2.79 mostrado en la figura 33. Al ser mayor a 2 es bueno para que pueda soportar cargas no mayores a 200 N

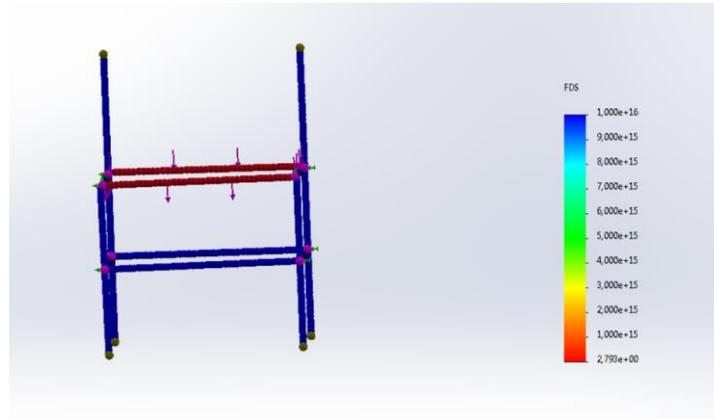


Figura 31 Factor de seguridad de la estructura

En la figura 36 se presenta los desplazamientos de las vigas que se realizan, son desplazamiento muy pequeño que no producirían algún problema más adelante.

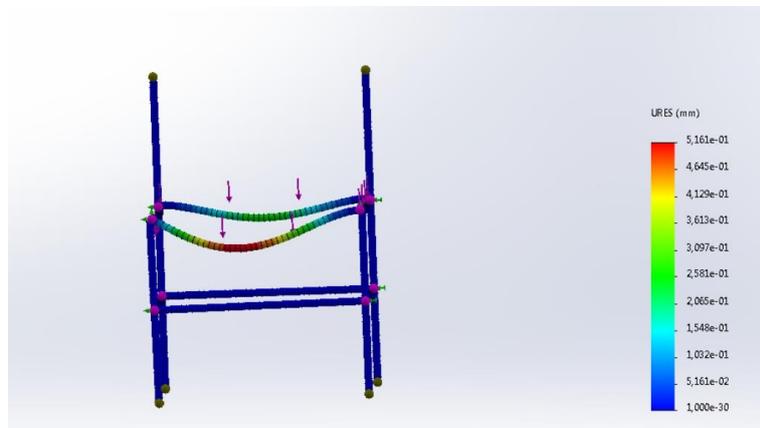


Figura 32 Desplazamiento de vigas

3.8.1.2 Cálculo de soldadura

Para el cálculo de soldadura se utilizó el electrodo E6011 el cual tiene de esfuerzo ultimo de tensión de 60ksi (413Mpa) y aplicando la ecuación 24 para esfuerzo cortante máximo:

$$\tau = \frac{V}{A} \quad (24)$$

Donde:

$\tau =$ Esfuerzo cortante maximo [N/m]

$$V = Reaccion[N]$$

$$A = area [m^2]$$

Además de que el esfuerzo cortante admisible para la soldadura es de 0.33 el esfuerzo último del electrodo.

$$\tau = \frac{99.77 N}{A} = 0.33(413 \times 10^6)$$

El tamaño de la soldadura es el cateto

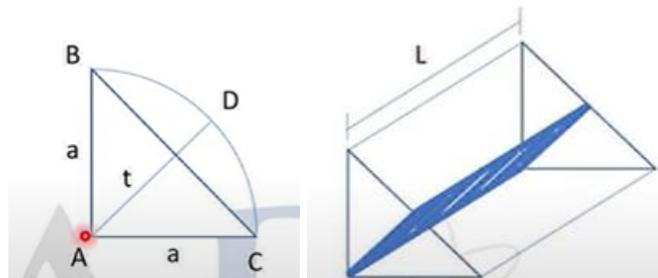


Figura 33 Cordón de soldadura

La dimensión “a” es el tamaño de soldadura

$$A = 0.707aL \tag{25}$$

Donde

$a = ancho\ de\ cordon\ de\ soldadura$

$L = Longitud\ del\ cordon\ de\ soldadura = 1cm$

$$\frac{99.77 N}{0.707aL} = 0.33(413 \times 10^6)$$

$$\frac{99.77 N}{0.707 * 136 \times 10^6} = aL$$

$$aL = (1.03 \times 10^{-6})m^2$$

$$aL = 0.013cm^2$$

$$a = 0.013cm$$

CAPITULO 4

CONSTRUCCIÓN Y ANÁLISIS DE COSTOS

Después cálculos para el rediseño para lograr los puntos requeridos de temperatura y humedad, se deben cambiar los componentes de la cámara climática de la empresa; en este capítulo se presenta el prototipo de cámara construida y los costos de cada elemento rediseñado como se muestra en la figura 34.



Figura 34 Estructura final

4.1 Cámara climatizada

Se realiza el corte del panel de poliuretanos de acuerdo al plano en el ANEXO 1. En la figura 35 se aprecia los cortes realizados a 45° para pegar los lados de la cámara.



Figura 35 Corte de paneles de poliuretano

A continuación, en la figura 36 se encuentra la cámara ya formada y sujeta con ángulos de aluminio de 1/2 x1/2” para sujetar dentro de ella y formar una estructura sólida, se colocan tanto dentro como fuera.



Figura 36 Colocación de ángulos de aluminio para soporte de cuerpo de cámara

En la figura 37 se aprecia ya la cámara finalizada y para mayor estética se coloca un marco de aluminio.



Figura 37 Cámara final

En la parte superior se encuentra 2 cortes de agujeros para la recirculación del aire dentro la misma camra, se puede observar en la Figura 38.



Figura 38 Agujeros para la circulación de aire

4.2 Estructura de soporte

Para la construcción del soporte se utilizó tubo estructural cuadrado negro no galvanizado A36, de 1/2x1/2", este debe soportar el peso de la cámara y del sistema de refrigeración. Se realizó de acuerdo al ANEXO 1.1(planos de estructura). Se utilizó electrodos e6011 utilizando suelda de arco, como se puede ver en la figura 39



Figura 39 Suelda de estructura

También se utilizaron ángulos de acero negro de 1/2x1/2" para realizar la sujeción de la cámara y darle estabilidad. Y para mayor comodidad se colocó unas ruedas para poder trasladador fácilmente como se aprecia en la figura 40



Figura 40 Estructura de soporte

4.3 Sistema de refrigeración

Para el sistema de refrigeración se optó por colocar el compresor y su ventilador debajo del cámara debido que son los más pesados como podemos apreciar en la figura 41, se colocó en una madera de 2cm de espesor para hacer la sujeción de estos elementos y después se comenzó a soldar los tubos de cobre para armar el sistema



Figura 41 suelda de tubería de cobre del sistema

En la parte superior se colocó el evaporador y dos ventiladores de circulación, con una caja para conservar el congelamiento y este ser enviado al interior de la cámara para obtener una temperatura deseada.



Figura 42 Sistema de refrigeración

En la figura 42, se puede apreciar la carga del refrigerante R123a utilizando 2 manómetros para medir la presión que hay en las tuberías, y se comprueba si hay alguna fuga. Se comienza a enviar la carga poco a poco.

4.4 Sistema de calefacción

La resistencia va colocada al interior de la cámara, separa de las paredes del cámara para evitar que estas se derritan se colocó un separador de aluminio, como se aprecia en la figura 43, la resistencia se coloca en el centro.



Figura 43 Resistencia para calefacción

4.5 Sistema eléctrico

En la figura 44 se puede apreciar la colocación del sistema eléctrico, se utilizó 2 contactores para los sistemas de calefacción y refrigeración, además de un interruptor general encargado de la alimentación. Y borneras para conexión y cables.



Figura 44 Sistema eléctrico

4.6 Sistema de humidificación

Está formado por el motor generador de vapor y una tubería para que suba el vapor a la maquina se utiliza un ventilador de 12V colocado en la base del mismo. En la figura 45 se tiene un humificador casero, porque el humificador industrial se lo trae del exterior y en el país no se encuentra. Utiliza sensores ultrasónicos para generar vapor frio.



Figura 45 Humificador

4.7 Panel de control

En la figura 46 se presenta el panel de control se presentan los 2 controladores MT 530 y el conversor 32 que es de la misma marca el encargado de pasar la información en cada controlador, este es un convertidor de serial a USB. Sus dimensiones son de 20x20 cm.



Figura 46 Vista frontal del panel de control

4.7.1 Configuración del controlador

Las partes del controlador se muestran en la figura 47, se especifica cada función que tienen.



Figura 47 Partes del controlador

Para el manejo de este se cuenta con el manual de manejo donde nos especifican las funciones de los mismo,

4.8 Análisis de costos

Se realizó el análisis de los costos que conlleva la construcción de una nueva cámara climática, en esto incluye materiales mecánicos, eléctricos y electrónicos, además incluye la mano de obra.

4.8.1 Costos de los sistemas que conforman la cámara climática

En la tabla 27 se muestra el precio de los materiales que serán utilizados en la cámara climatizada.

Tabla 27 Costos de la cámara

Cantidad	Elemento	Valor Unitario	Valor Total
2.4	Paneles de poliuretano (e=60mm)	\$48,00	\$48,00
1	Plancha de acrílico (e=4mm)	\$70,00	\$70,00
1	Plancha de acero inoxidable T430	\$49,80	\$49,80
2	Angulo de Aluminio 1/2"	\$10,00	20,00
8	M5 pernos	\$0,33	\$2,64
8	M5 Mariposas	\$0,33	\$2,64
2	Bisagras	\$0,45	\$0,90
1	Elementos de grifería	\$28,00	\$28,00
	Subtotal Cámara		\$221,98

La Tabla 28 muestra los costos de los elementos del sistemas calefacción y refrigeración.

Tabla 28 Costos del sistema de refrigeración y calefacción

Cantidad	Elemento	Valor Unitario	Valor Total
1	Compresor	\$ 225,00	\$ 225,00
1	evaporador	\$ 75,00	\$ 75,00
1	Condensador	\$ 125,00	\$ 125,00
2	Ventiladores doble centrifugo	\$ 25,00	\$ 50,00
1	R134a	\$ 50,00	\$ 50,00

1	Válvula bypass	\$	32,00	\$	32,00
1	Tubo capilar	\$	20,00	\$	20,00
1	Resistencia	\$	40,00	\$	40,00
10	Tubería de cobre	\$	0,90	\$	9,00
10	Suelda	\$	1,00	\$	10,00
	Subtotal			\$	636,00

En la tabla 29 se presentan los costos de cada elemento que pertenece al sistema de humidificación y los elementos de la base de soporte.

Tabla 29 de costos de los elementos de humidificación y el soporte

Cantidad	Elemento		Valor Unitario		Valor Total
1	Humificador	\$	110,00	\$	110,00
2	Mangueras	\$	13,00	\$	26,00
2	Válvulas solenoides	\$	25,00	\$	50,00
2	ángulos de hierro	\$	15,00	\$	30,00
2	Plancha de tol	\$	25,00	\$	50,00
4	Llantas para movilización	\$	7,00	\$	28,00
	Subtotal			\$	294,00

4.8.2 Costos del sistema electrónico y eléctrico

En la tabla 30 se colocan todos los elementos que conforman el sistema de control y el sistema eléctrico

Tabla 30 Costo de elementos del sistema de control y eléctrico

Cantidad	Elemento		Valor Unitario		Valor Total
2	Controlador MT 530	\$	123,45	\$	246,90
1	Sensor de humedad DTH1	\$	2,17	\$	2,17
1	Interfaz de comunicación	\$	25,00	\$	25,00
10	Cable AWG 14 (m)	\$	0,80	\$	8,00
10	Cable AWG 12 (m)	\$	0,50	\$	5,00
2	Contactores	\$	30,00	\$	60,00
1	Relé	\$	30,00	\$	30,00

3	Canaletas	\$	2,50	\$	7,50
1	Transformador 120V/12V	\$	21,00	\$	21,00
	Subtotal			\$	403,07

4.8.3 Costos de mano obra

Considerando que el sueldo de un ingeniero es de 1269 USD. Se hace un cálculo del valor de la hora del mismo para poder realizar el costo por hora, para este cálculo se dividió para 160 horas que son trabajadas 8 horas diarias por 5 días y por 4 semanas. En la tabla 31 la hora de un ingeniero es de 7,36 USD y en la tabla 33 se presenta el cálculo de costos.

Tabla 31 Costos de mano de obra

Cantidad	Elemento		Valor Unitario		Valor Total
240	Ingeniero	\$	7,36	\$	1903,5
	Subtotal			\$	1903,5

4.8.4 VAN y TIR

Actualmente en la empresa se realizan entre 20 a 30 calibraciones por mes, tomando en cuenta los costos fijos y variables se realiza el análisis de costo con el VAN y el TIR, los cuales arrojan resultados de 3187,50 USD para el VAN, lo cual representa la recuperación de la inversión en menos de un año y la cámara es rentable para que puedan realizar más calibraciones por mes. El valor del TIR tiene un 21.5% significa que compensará la inversión inicial. Las ventajas del rediseño implican que se podría aumentar el número de calibraciones por mes de hasta 40 con una ganancia de 9000 USD al año.

Tabla 32 Cálculos de VAN y TIR

VIDA ÚTIL DEL PROYECTO													
meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Numero de Calibraciones			38	40	35	45	40	40	45	43	40	40	40
Precio unitario M \$/calibración			60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Ingreso/ há M\$			2280	2400	2100	2700	2400	2400	2700	2580	2400	2400	2400
INGRESOS TOTALES M\$			9120	9600	8400	10800	9600	9600	10800	10320	9600	9600	9600
Caracterización \$	0	300	0	250	300	0	0	550	0	0	600	300	300
Mano de Obra M\$	0	500	550	0	550	563	566	570	578	3000	876	876	876
Carga de Refrigerante	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0
Fletes	0	0	30	40	30	40	40	40	40	40	40	40	40
Acreditaciones (auditorias)	0	0	0	5000	0	0	0	0	0	5000	0	0	0
Otros 5%	0	0	500	600	678	787	897	788	987	773	8888	76	739
TOTAL, COSTOS VARIABLES	0	800	1080	5890	1658	1390	1503	1948	1705	8813	10404	1292	1955
COSTOS FIJOS	0		4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100
COSTOS OPERACIONALES	0		4900	5180	9990	5758	5490	5603	6048	5805	12913	14504	5392
S Margen Operacional			-4900	3940	-390	2642	5310	3997	3552	4995	-2593	-4904	4208
Depreciación			600	600	600	600	600	600	600	600	0	0	0

Utilidad antes de Impuestos		-5500,0	3340,0	-990,0	2042,0	4710,0	3397,0	2952,0	4395,0	-2593,0	-4904,0	4208,0	3545,0
Impuestos a la renta		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Utilidad después de Impuestos		-5800,0	3040,0	-	1742,0	4410,0	3097,0	2652,0	4095,0	-2893,0	-5204,0	3908,0	3245,0
Depreciación arriendo	300	600	600	600	600	600	600	600	600	0	0	0	0
Cámara construida	1552,15	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
TOTAL, INVERSIONES	1852,15	300	300	300	300	300	300	300	300	300	0	0	0
Capital de Trabajo	1000	56	962	-846	-54	23	89	-49	1422	318	0	0	0
FLUJO NETO DE CAJA	-2852	-5256	2678	156	2396	4987	3608	3301	3273	-2911	-4904	4208	3545
Valores Actuales de Flujo de Caja	-2852	-4693	2135	111	1522	2830	1828	1493	1322	-1050	-1579	1210	910
VA	\$-2.852	\$-4.693	\$2.135	\$111	\$1.522	\$2.830	\$1.828	\$1.493	\$1.322	\$-1.050	\$-1.579	\$1.210	\$910
VAN	\$3.188												
VNA	\$6.039,65	\$3.187,50											
TIR	21,5%	16,9%											

CAPITULO 5

ANALISIS Y RESULTADOS

En este capítulo, para el desempeño de la cámara, se realizó pruebas a todos los elementos esenciales como el compresor, ventiladores, resistencia eléctrica, humidificador y los controladores, y también se realizó una prueba de calibración a un instrumento ya calibrado. Se realizaron pruebas de activación y desactivación de los componentes vitales, así como pruebas con temperaturas máximas, medias y mínimas, además de las pruebas de calibración de los instrumentos.

5.1 Prueba De activación y desactivación

Comprobar el funcionamiento, apagado y el comando de controladores y contactores dada la condición inicial para realizar las pruebas se coloca el termo higrómetro dentro y fuera de la cámara.

Tabla 33 Condiciones de trabajo para pruebas

Variables de prueba	Condiciones ambientales	Condiciones al interior
Temperatura	19.0□	18.0□
Humedad Relativa	58%hr	60%hr

Colocar la temperatura de la cámara a 23.5□ para el controlador 1 los siguientes parámetros mostrado en la Tabla 34 y para el controlador 2 se coloca los valores de humedad relativa a medir.

Tabla 34 Datos para realizar la prueba en los controladores

	Controlador 1	Controlador 2
Therm	23.4□	
Aux	23.6□	
Histéresis	0.1□	
Humedad		64%hr
Deshumificacion		66%hr
Histéresis		1%hr

5.1.1 Resultados

El sistema de calefacción y refrigeración arrancan sin problema y paran en conjunto con los ventiladores. La calefacción se enciende en 23□ y se apaga en 23.1□ y la refrigeración empieza en 24□, se apaga a los 23.9 □.

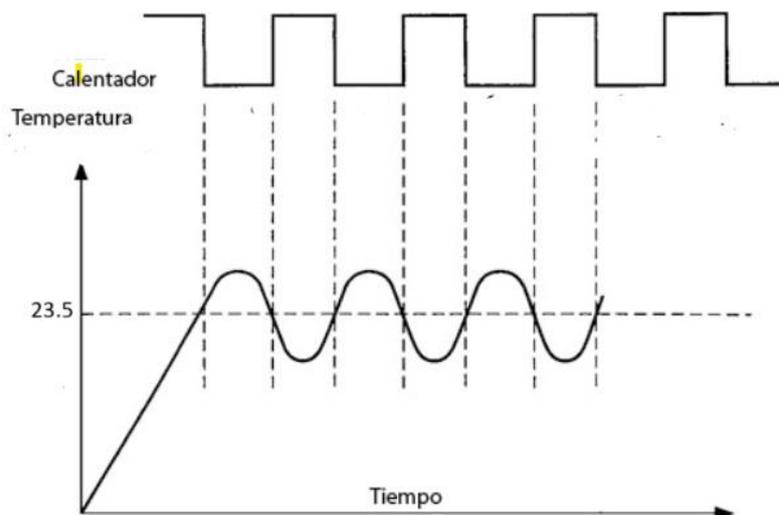


Figura 48 Variación de temperatura a 23.5°C

Los sistemas de humidificación y deshumidificación arrancan y paran en forma adecuada. La humidificación se inicia cuando la humedad relativa alcanza el 64% y se detiene cuando llega al 66%. Por otro lado, la deshumidificación se activa cuando la humedad relativa alcanza el 66% y se detiene cuando desciende al 65%.

5.2 Prueba a temperaturas mínima, media y máxima

Se obtuvo datos de temperatura y humedad relativa, seteando a valores de 10□, 30□ y 50□.

5.2.1 Prueba y resultados a 10°C

Se observa cuando entra en funcionamiento los diferentes sistemas de cámara, en la tabla 35 se colocan los parámetros ingresados en el Sitrad para el controlador 1 y 2

Tabla 35 Configuración a una temperatura de 10°C

	Controlador 1	Controlador 2
Therm	10.4□	
Aux	9.6□	

Histéresis	0.1 °C	
Humedad		64%hr
Deshumificación		66%hr
Histéresis		1%hr

Con los valores colocados en el SITRAD, el resultado se muestra en la figura 52, donde se observa la varían de temperatura.

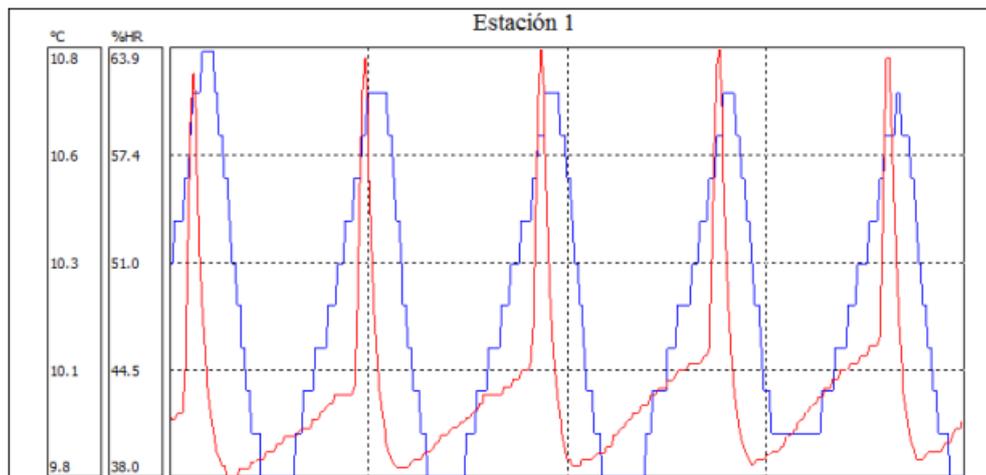


Figura 49 Temperatura y humedad a 10°C

La resistencia inicia su funcionamiento en los 9.4 °C y se apaga a los 9.5 °C y el compresor funciona en 10.5 °C y se apaga 10.4 °C. Esta temperatura se estabilizó en 24min con una precisión de ± 1 °C. Las voltajes y corrientes medidos son:

Tabla 36 Corrientes y voltajes a 10°C

Elemento	Voltaje(V)	Corriente (A)
Resistencia	206	3.5
Compresor	206	5.6
Humificador (Ventilador)	206	1.5

El componente con la carga más alta a baja temperatura es la resistencia, ya que opera con una corriente menor que su corriente máxima de 3.9 A y está dentro de sus rangos operativos. El voltaje suministrado al compresor es de hasta 220 V, y se le proporcionan 207 V, que se encuentra dentro de su rango de funcionamiento. Además, la corriente está por debajo de la corriente máxima nominal.

5.2.2 Prueba y resultados a 25°C

Se observa cuando entra en funcionamiento los diferentes sistemas de cámara, en la tabla 37 se colocan los parámetros ingresados en el Sitrad para el controlador 1 y 2 para 25°C,

Tabla 37 Configuración a una temperatura de 25°C

	Controlador 1	Controlador 2
Therm	25.4°C	
Aux	24.6°C	
Histéresis	0.1°C	
Humedad		54%hr
Deshumificacion		56%hr
Histéresis		1%hr

Como resultado, se obtiene la gramática 52, en la que se aprecia una variación de temperatura hasta entrar a valores de medida.

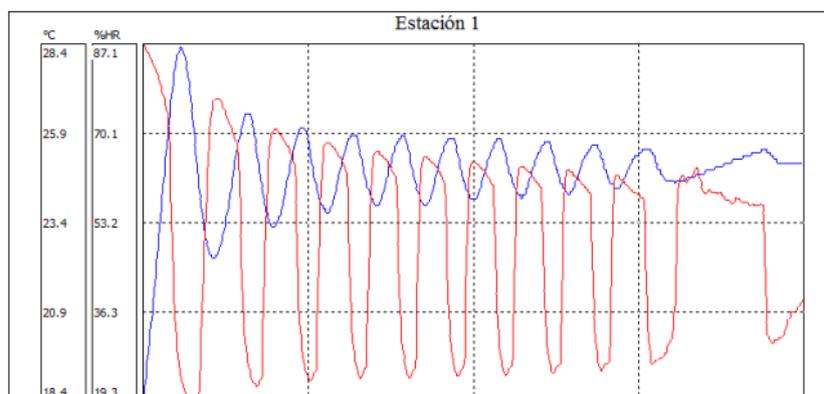


Figura 50 Temperatura y humedad a 25°C

La resistencia inicia su funcionamiento a los 24.5°C y se apaga a los 24.6°C y el compresor funciona en 25.5°C y se apaga a 24.6.4°C. Esta temperatura se estabilizó a los 24 min con una precisión de ± 0.5 °C. Las voltajes y corrientes medidos son:

Tabla 38 Corrientes y voltajes a 25°C

Elemento	Voltaje(V)	Corriente (A)
Resistencia	206	3.5

Compresor	206	5.6
Humificador (Ventilador)	206	1.5

En la tabla 38 se observa la corriente de la resistencia se encuentra bajo la corriente máxima de 3.9 A, y está operando dentro de sus rangos de trabajo. El voltaje para el compresor es hasta 220V y se le proporciona 207 V que está dentro de su rango de trabajo y la corriente está por debajo de su corriente máxima nominal permitida.

5.2.3 Prueba y resultados a 50°C

Se observa cuando entra en funcionamiento los diferentes sistemas de cámara, en la tabla 39 se colocan los parámetros ingresados en el Sitrad para el controlador 1 y 2 a 50°C.

Tabla 39 Configuración a una temperatura de 50

	Controlador 1	Controlador 2
Therm	50.4°C	
Aux	49.6°C	
Histéresis	0.1°C	
Humedad		64%hr
Deshumificacion		66%hr
Histéresis		1%hr

En la tabla 39 se colocan los parámetros ingresados en el Sitrad para el controlador 1 y 2 obteniendo como resultado que la resistencia funciona en los 49.5°C y se apaga a los 49.6°C y el compresor funciona en 50.5°C y se apaga 50.4°C. Esta temperatura se estabilizó a los 28 min con una precisión de $\pm 2^\circ\text{C}$. Como se aprecia en la Tabla 40 Las voltajes y corrientes medidos son:

Tabla 40 Voltajes y corrientes a 50 °C

Elemento	Voltaje(V)	Corriente (A)
Resistencia	206	3.8
Compresor	206	5.1
Humificador (Ventilador)	206	1.5

El elemento que tiene mayor carga en alta temperatura es el compresor ya que entra con menor corriente que la máxima de 5.9 A y opera dentro de sus rangos de operación. El voltaje para el compresor es hasta 220V y se le proporciona 207 V que está dentro del rango de trabajo y la corriente está por debajo de la corriente máxima nominal

5.2.4 Análisis de curvas

En las temperaturas bajas la cámara funciona con un buen desempeño y se logran estabilizar en 25 min siendo esto un promedio para estabilizarse. Y en temperatura altas, el desempeño de la cámara disminuye por su onda demasiada oscilante

5.3 Prueba de calibración

El equipo a calibrar es el termohigrómetros de marca BOECO Germany con número de serie EM001, con una resolución de 0.1□ y 1%hr. Realizando la calibración de temperatura entre 20□, 23 □. Y en humedad de 40 a 70% hr.

5.3.1 Ingreso de datos

En la plantilla de Excel se ingresa todos los datos necesarios, desde la información del cliente hasta las características del equipo a evaluar, tal como lo muestra la Figura 53.

VERIFICACION DE LECTURA		INGRESO DE DATOS DE CUENTE	
VERIFICACION DE LECTURA:	Si	CLIENTE:	EMCO
DIRECCION Y CIUDAD:		RESPONSABLE:	Ing. Andrea Braulio N
TELÉFONO:			
INGRESO DE DATOS EQUIPO			
EQUIPO:	Termohigrómetro		
MARCA:	Boeco		
MODELO:	BOE 327		
SERIE:	EM001A		
CODIGO INTERNO:	EM TH 005		
RESOLUCION:	0.1	°C	
	1	% hr	
CONDICIÓN DE EQUIPO:	Operable		
TIPO DE SENSOR:	Resistivo / Capacitivo		
UBICACIÓN:	***		
OBSERVACIONES:	****		
INGRESO DE DATOS DE CERTIFICADO			
FECHA RECEPCIÓN:	****		
FECHA CALIBRACIÓN:	****		
FECHA EMISION:	****		
CALIBRADO POR:	****		
REV Y AUTOR POR:	Ing. Roberto Paredes C.		
ETIQUETA CAL:	****		
CERTIFICADO No. :	****		
HUMEDAD INICIAL % hr:	41	TEMPERATURA INICIAL °C:	19.2
HUMEDAD FINAL % hr:	46	TEMPREATURA FINAL °C:	20.1

Figura 51 Ingreso de datos Toma de valores

Cada empresa su procedimiento registrado, el procedimiento de EMCO se basa en tomar 5 medidas la ref. 1 que sería control 1, la ref2 sería el controlador 2 y el equipo a calibra sería el UBP. Toma 5 medidas en cada punto y la humedad. Como se muestra en la figura 54, se colocan los valores de los datos tomados en la cámara para temperatura.

TEMPERATURA AMBIENTAL							PRUEBAS	
		REF 1	UBC	REF 2	UBC	REF 1	HUMEDA D REF1	
°C		°C	°C	°C	°C	°C	% hr	
20	1	20,1	20,5	19,9	20,5	20,1	39,1	
	2	20,1	20,5	19,9	20,5	20,1	39,2	
	3	20,1	20,5	19,9	20,5	20,1	38,9	
	4	20,1	20,5	19,9	20,5	20,1	38,7	
	5	20,1	20,5	19,9	20,5	20,1	39,1	
23	1	29,9	29,6	29,7	29,6	29,9	38,5	
	2	29,9	29,6	29,7	29,6	29,9	38,2	
	3	29,9	29,6	29,7	29,6	29,9	38,6	
	4	29,9	29,6	29,7	29,6	29,9	38,3	
	5	29,9	29,6	29,7	29,6	29,9	38,1	
26	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
20	1	20,1	20,6	19,9	20,6	20,1	40,4	
	2	20,1	20,6	19,9	20,6	20,1	40,1	
	3	20,1	20,6	19,9	20,6	20,1	40,1	
	4	20,1	20,6	19,9	20,6	20,1	40,3	
	5	20,1	20,6	19,9	20,6	20,1	40,8	
						FROM HUMEDAD DE REFERENCIA	38,7	% hr
						DESVEST. HUMEDAD DE REFERENC	0,4	% hr
ASEGURAMIENTO DE LA VALIDEZ DE LOS RESULTADOS								
TEMPERATURA	En	0,21	< 1					

Figura 52 Pruebas de temperatura

En la figura 55 se observan las medidas tomadas en humedad relativa, seteando la máquina en los valores requeridos desde el Sitrad. Se usa el Excel de la empresa para poder comparar. ANEXO 11.

HUMEDAD RELATIVA								
		REF 1	UBC	REF 2	UBC	REF 1	TEMP REF1	
% hr		% hr	% hr	% hr	% hr	% hr	°C	
40	1	29,6	31	28,3	31	29,6	19,8	
	2	29,8	31	28,6	31	29,9	19,8	
	3	29,6	31	28,4	31	29,8	19,8	
	4	29,7	31	28,5	31	29,8	19,8	
	5	29,5	31	28,3	31	29,3	19,8	
50	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
70	1	68,8	65	67,5	65	69,1	20,1	
	2	68,1	65	66,9	65	68,7	20,1	
	3	68,4	65	66,7	65	68,0	20,1	
	4	69,5	65	68,0	65	68,8	20,1	
	5	69,1	65	67,8	65	69,1	20,1	
40	1	28,9	31	27,7	31	28,9	19,9	
	2	29,1	31	27,9	31	29,1	19,9	
	3	29,1	31	27,9	31	29,1	19,9	
	4	29,3	31	28,1	31	29,3	19,9	
	5	29,2	31	28,0	31	29,3	19,9	
						FROM TEMPERATURA DE REFEREN	20,0	°C
						DESVEST. TEMP. DE REFERENCIA	0,2	°C
HUMEDAD								
	En	0,21	< 1					

Figura 53 Pruebas en Humedad

5.3.1.1 Cálculo de incertidumbre

En este proceso EM. ETTH.EC se realiza una corrección de datos medidos, y se calcula las incertidumbres de resolución, de interpolación y de deriva como se muestra en la figura 56, aplicando los conocimientos en incertidumbres.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se consultó sobre las condiciones técnicas necesarias para la calibración de equipos, como los termohigrómetros, según la norma ISO/IEC 17025, que establece requisitos generales para laboratorios de ensayo y calibración. Se destacó la importancia de que la cámara sea completamente aislada de la temperatura ambiente y fácilmente movilizable.
- Como resultado del análisis, se procedió a realizar el rediseño de todos los sistemas que conforman como: refrigeración, calefacción y humidificación con el objetivo de ampliar los rangos de temperatura y humedad relativa en 10 a 50 °C y 20 a 90% HR, respectivamente
- Los cálculos revelaron la necesidad de cambiar el compresor el que existe de 5000BTU/h y se necesita 10000BTH/h y, aislar térmicamente la cámara porque la cámara actual solo está hecha de acrílico y según las tablas es el peor aislante térmico y el sistema de calefacción necesita de una resistencia de 2500w y grande, la del laboratorio de 30w.
- Se implementó con éxito un sistema de control y monitoreo mediante el uso de Sitrad, facilitando el procesamiento y la recopilación de datos de temperatura y humedad relativa. La comunicación entre el sensor y la computadora se logró mediante el uso del dispositivo CONV32 de la marca FULL GAUGE, que proporciona una conexión serial a USB entre el controlador y la CPU, su uso es sencillo y fácil para programar
- En la cámara se puede ingresar hasta 10 equipos porque se amplió el lugar de trabajo y los problemas de infiltración de aire por temperaturas exteriores disminuyeron por el uso de paneles de poliuretano, que es el mejor aislante en el país.
- Al realizar las calibraciones vemos que el tiempo de llegar a las medidas deseadas disminuyeron en un 20% ahora solo se espera entre 15 a 20 min para temperaturas medias y para temperaturas altas 30 min, para comparación de antes que se debía esperar entre 30 min o más para que se logre estabilizar.
- El análisis de costos reveló que la construcción de la nueva cámara es más económica que la opción de compra, teniendo en cuenta la falta de infraestructuras disponibles localmente y los costos asociados a la importación. La estimación de precios sugiere que la construcción interna sería significativamente más asequible,

evitando gastos innecesarios y asegurando una gestión financiera eficiente para la empresa.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere la construcción de una cámara climática actualizada que cumpla con los nuevos rangos establecidos, ya que los elementos existentes no son compatibles con las exigencias actuales para la calibración de equipos. Esta iniciativa no solo garantizará la precisión en las mediciones, sino que también optimizará la eficiencia de los procesos de calibración.
- Se destaca el beneficio del uso de controladores MT de la marca Full Gauge, que proporcionan una plataforma de manejo fácil y eficiente. Sin embargo, se recomienda encarecidamente familiarizarse previamente con la documentación del producto para evitar posibles daños en el conversor. Es crucial descargar la información necesaria exclusivamente desde la página oficial de la marca para garantizar el correcto funcionamiento y evitar inconvenientes futuros.
- Se propone la implementación de protocolos de seguridad rigurosos para el acceso a la cámara climática. Esto incluiría restricciones y autorizaciones específicas para garantizar que solo personal autorizado pueda manipular la maquinaria. Estas medidas adicionales contribuirán a preservar la integridad de los equipos y a mantener un entorno de trabajo seguro.

BIBLIOGRAFIA

- [1] S. Morales, L. Orlando, Z. Caisaguano, and J. Sebastián, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE SIMULACIÓN DE CONDICIONES CLIMÁTICAS , PARA LÍNEAS DE MEDIO VOLTAJE , PARA EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE SEDE LATACUNGA,” 2020.
- [2] T. Oviedo and M. Fajardo-Pruna, “Diseño y construcción de una cámara para simular condiciones ambientales a 7000 m.s.n.m.,” *Rev. Politécnica*, vol. 31, pp. 46–51, 2012, [Online]. Available: https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/188
- [3] Promed, “¿Qué es metrología y por qué es importante la calibración de los equipos médicos?” <https://promed-sa.com/blog-post/metrologia-importante-la-calibracion-los-equipos-medicos/> (accessed Jul. 03, 2023).
- [4] O. E. Alzate, A. José, and A. Guerrero, “Diseño e implementación de un prototipo de control de humedad relativa para una cámara existente en el laboratorio de metrología de variables eléctricas de la,” p. 54, 2018, [Online]. Available: <https://repositorio.utp.edu.co/handle/11059/9996>
- [5] A. Hueso, “ESTUDIO Y MODELIZACIÓN MEDIANTE CFD DE UNA CÁMARA CLIMÁTICA,” 2020.
- [6] P. C. S. Benavides, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA CLIMATIZADA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA CALIBRAR Y CERTIFICAR INSTRUMENTOS DE PRECISIÓN COMANDADA Y MONITOREADA POR PC,” 2010.
- [7] Centro Español de Metrología, “Procedimiento TH- 007 para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad en aire,” pp. 1–40, 2011.
- [8] FYH Bogotá, “TERMOHIGRÓMETRO LECTURA ANÁLOGA,” 2023. <https://fluidosyherramientas.com/termohigrometros-ambientales/45/termo->

higrometro-lectura-analoga

- [9] Goove, “Termómetro higrómetro para interiores Govee.” <https://tiendamia.com/ec/producto?amz=B0872X4H4J&pName=Termómetro higrómetro para interiores Govee>, paquete de 2 unidades, medidor de humedad y temperatura con Bluetooth con pantalla LCD grande, alerta de notificación con registros máximos y mínimos, alma
- [10] M. Asociados, “Métodos de: Medición, Prueba y Calibración,” La Guía Metas, p. 8, 2005.
- [11] Asociación Española de Normalización y Certificación, “Iso / Iec 17025 : 2005,” Quality. pp. 1–11, 2006.
- [12] EMCO, “EMCO CIA LTDA,” Terminologia, 2019. <https://www.emco.com.ec/terminologia/>
- [13] intarcor, “Tipos de gases refrigerantes más utilizados en refrigeración,” 2022. <https://www.intarcon.com/refrigerantes-mas-utilizados/>
- [14] L. Wan et al., “Performance analysis of the new balance jack of anti-impact ground pressure hydraulic support,” Alexandria Eng. J., vol. 62, pp. 157–167, 2023, doi: 10.1016/j.aej.2022.07.002.
- [15] S. J. Watkins, “Electric Heating.” 2011.
- [16] J. Siegenthaler, Modern Hydronic Heating: For Residential and Light Commercial Buildings. 2022.
- [17] H. R. Hutson y Roger W. Haines, HVAC Systems Design Handbook. 209AD.
- [18] G. F. Hundy, Refrigeration and Air Conditioning, 4th ed. 1987.
- [19] B. J. John Tomczyk, Eugene Silberstein, Bill Whitman, Refrigeration and Air Conditioning Technology. 2016.
- [20] ASHRAE, ASHRAE Handbook HVAC Systems and Equipment. 2008.
- [21] TOTALINE, “Refrigerantes,” pp. 136–163.

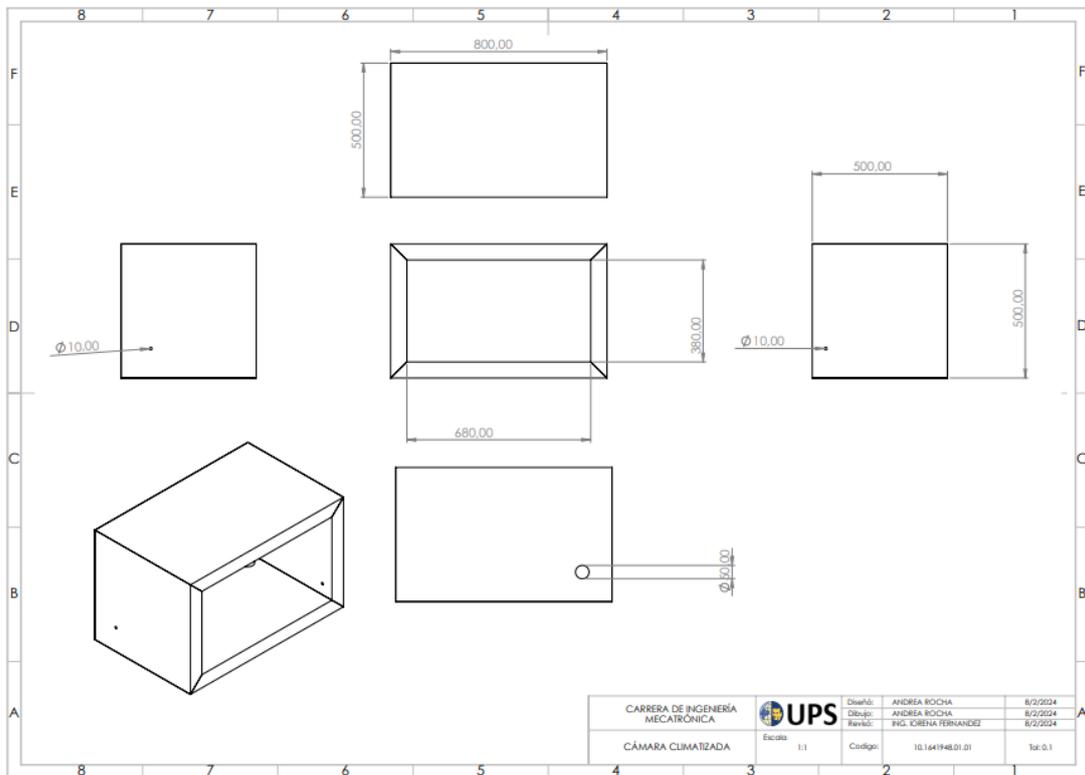
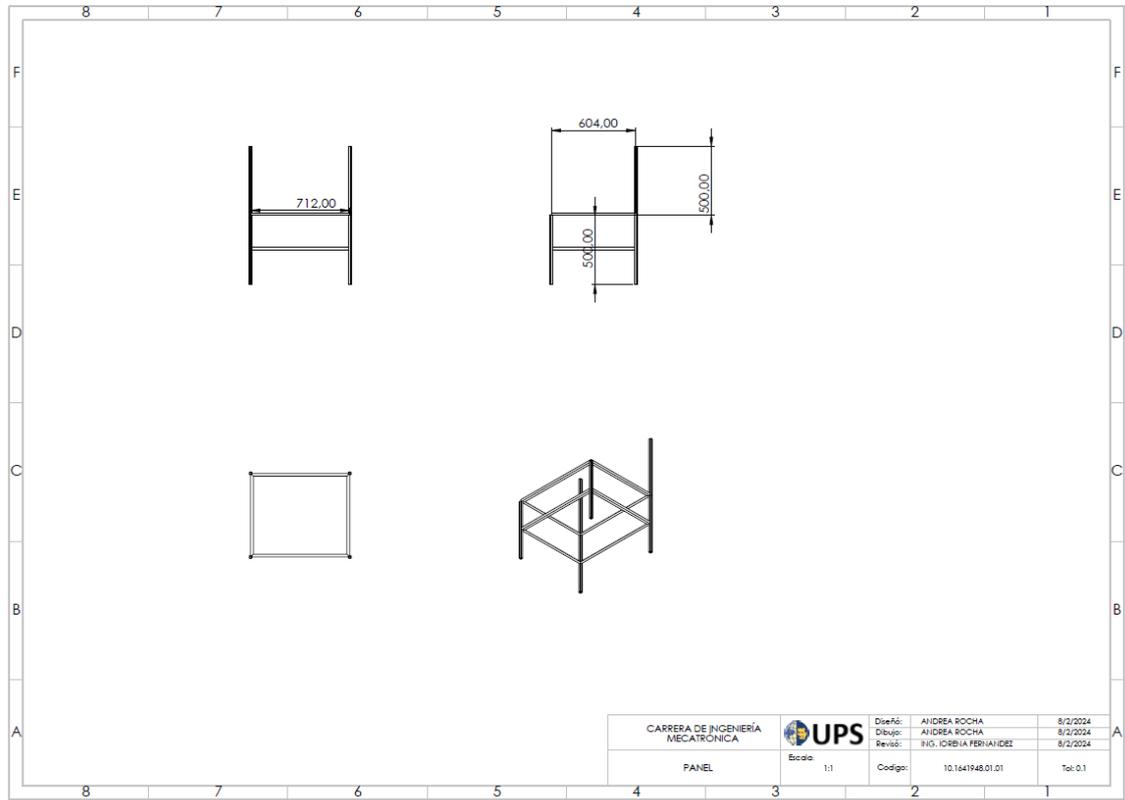
- [22] J. RAMIREZ, Enciclopedia de Climatización REFRIGERACION, CEAC. 1994.
- [23] Tecuseh, "Condensing unit," 2013.
- [24] Full Gauge, "MT-530 %uper Digital, Controlador Y Indicador Humedad, D E Temperatura Y," 2020.

ANEXO 1.1

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	soporte		1
2	camara		1
3	base		1
4	chiller compresor 306357180_209		1
5	NUOVO_EVAPORAT ORE_3RANGHI_ASM		1
6	bandeja		1
7	EV021028_ASM		1
8	vent 70x70	PART-70371824-DESC	3
9	humificador		1
10	tapa		1
11	caja de control		1

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	UPS	Diseñó: ANDREA ROCHA	8/2/2024
		Dibujó: ANDREA ROCHA	8/2/2024
		Revisó: ING. JORENA FERRANDEZ	8/2/2024
CÁMARA CLIMATIZADA	Escala: 1:1	Codigo: 10.1641948.01.01	Tel: 0.1

ANEXO 1.2



ANEXO 3



resistencia eléctrica elemento tubular aletado del calentador de aire

[Inquiry](#) [Chatee ahora](#)

[f](#) [x](#) [in](#) [p](#) [vk](#) [whatsapp](#)

[WhatsApp](#)
James
E-Mail

Detalles

1kw / 2kw / 3kw / 4kw / 5kw / 6kw / 7kw tipo UW resistencia eléctrica elemento tubular aletado del calentador de aire

Información Básica

Modelo NO.: resistencia de aire con aletas calentador Voltaje: 220V

Potencia: 2000W Diámetro: personalizado

Condición: Nuevo Uso: Elementos de calefacción de aire

Aplicación: Calentador Material de la estructura: Material de metal

Superficie de transferencia de calor: Intercambiador de calor tubular

Principio: Calentamiento del alambre de resistencia dentro de la calefacción

Marca registrada: Paquete de transporte de calefacción excelente : caja de cartón o estuche de madera

Especificación: CE, ROHS Origen: china

Código del SA: 85168000



características:

- 1, la aleta continua unida mecánicamente asegura una excelente transferencia de calor y ayuda a prevenir la vibración de la aleta a altas velocidades del aire.
- 2, diámetro del tubo: 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 18 mm, 20 mm
- 3, varias formaciones estándar y bujes de montaje disponibles.
- 3, la aleta estándar es SUS304, otro material de vaina y aleta disponible
- 4, 120V, 208V, 240V, 480V disponibles, voltaje / vatios especiales disponibles

ANEXO 4

Meaning of acronyms: DB: Dry bulb temperature, °C WB: Wet bulb temperature, °C MCWB: Mean coincident wet bulb temperature, °C
 Lat: Latitude, ° DP: Dew point temperature, °C MCDB: Mean coincident dry bulb temperature, °C
 Long: Longitude, ° HR: Humidity ratio, g of moisture per kg of dry air HDD and CDD 18.3: Annual heating and cooling degree-days, base 18.3°C, °C-day
 Elev: Elevation, m WS: Wind speed, m/s

Station	Lat	Long	Elev	Heating DB		Cooling DB/MCWB			Evaporation WB/MCDB		Dehumidification DP/HR/MCDB		Extreme Annual WS			Heat.Cool. Degree-Days											
				99.6%	99%	0.4%	1%	2%	0.4%	1%	0.4%	1%	1%	2.5%	5%	HDD / CDD 18.3											
				99.6%	99%	DB / MCWB	DB / MCWB	DB / MCWB	WB / MCDB	WB / MCDB	DP / HR / MCDB	DP / HR / MCDB	1%	2.5%	5%	HDD / CDD 18.3											
XIHUA	33.78N	114.52E	53	-5.9	-4.4	35.0	25.3	33.7	25.5	32.4	25.0	28.5	32.5	27.7	31.4	27.5	23.5	31.3	26.7	22.4	30.3	6.7	5.5	4.7	2151	971	
XINGTAI	37.07N	114.50E	78	-7.9	-6.4	35.5	22.4	34.1	22.9	32.8	23.0	27.2	31.3	26.4	30.4	26.1	21.6	29.7	25.3	20.7	29.2	5.9	4.9	4.2	2379	1023	
XINING	36.62N	101.77E	2296	-16.2	-14.6	27.4	14.8	25.8	14.0	24.3	13.4	16.8	23.4	15.9	22.1	14.8	14.0	19.2	13.8	13.1	18.2	6.2	5.1	4.2	4193	47	
XINYANG	32.13N	114.05E	115	-4.6	-3.2	34.5	26.4	33.3	25.7	32.1	25.2	27.7	32.4	27.1	31.6	26.5	22.4	30.3	26.0	21.6	29.8	8.4	7.2	6.2	1951	1024	
XUZHOU	34.28N	117.15E	42	-6.6	-4.9	34.6	25.4	33.3	25.2	32.0	24.6	28.0	32.3	27.3	31.2	26.9	22.7	30.7	26.2	21.8	30.1	6.9	5.9	5.2	2182	998	
YANGJIANG	21.87N	111.97E	22	7.2	8.4	35.0	26.6	32.2	26.4	31.6	26.3	27.7	30.6	27.5	30.3	27.1	22.9	29.3	26.7	22.4	29.1	8.1	6.8	5.9	288	2022	
YANJI	42.87N	129.50E	178	-22.9	-20.9	31.0	21.9	29.4	21.2	27.8	20.5	24.1	28.9	23.1	27.0	22.7	17.8	26.9	21.8	16.9	25.8	10.1	8.5	7.3	4781	288	
YICHANG	30.70N	111.30E	134	-0.8	0.2	35.6	26.6	34.2	26.1	33.0	25.4	28.0	33.1	27.4	32.2	26.7	22.7	31.0	26.2	21.9	30.3	4.7	4.0	3.4	4517	1189	
YINCHUAN	38.47N	106.20E	1112	-17.0	-14.6	32.1	19.2	30.8	19.0	29.5	18.4	22.2	28.4	21.2	27.3	20.3	17.2	25.5	19.3	16.1	24.9	8.9	6.8	5.4	3568	455	
YINGKOU	40.67N	122.20E	4	-17.7	-15.7	30.6	24.3	29.5	23.6	28.6	23.1	25.8	28.9	25.1	28.2	24.8	19.8	28.1	24.1	19.0	27.3	10.7	9.3	8.1	3666	601	
YUEYANG	29.38N	113.08E	52	-0.9	0.1	34.4	27.4	33.6	27.0	32.8	26.7	28.5	32.9	27.8	32.2	27.2	23.1	31.8	26.6	22.3	31.1	7.2	6.3	5.5	1527	1297	
YUNCHENG	35.05N	111.05E	365	-8.1	-6.4	36.3	22.6	34.9	22.6	33.5	22.4	25.9	32.4	25.2	31.5	24.2	20.0	29.8	23.4	19.1	29.2	9.4	7.9	6.8	2375	1013	
ZHANGJIAKOU	40.78N	114.88E	726	-16.7	-15.1	32.6	18.9	31.0	18.6	29.6	18.5	22.7	28.1	21.9	27.2	21.2	17.3	25.7	20.2	16.3	25.1	7.3	6.1	5.3	3710	520	
ZHANJIANG	21.22N	110.40E	28	7.8	9.2	33.9	26.7	31.1	26.8	32.4	26.7	28.1	31.3	27.7	30.8	27.2	23.1	29.8	26.9	22.7	29.6	8.0	6.6	5.8	223	2237	
ZHENGZHOU	34.72N	113.65E	111	-6.7	-5.3	35.1	23.8	33.8	24.0	32.5	23.9	27.8	31.6	27.0	30.7	26.8	22.8	30.5	26.0	21.7	29.5	8.4	6.9	5.7	2226	962	
ZUNYI	27.70N	106.88E	845	-1.2	-0.1	32.5	22.8	31.5	22.6	30.4	22.4	24.2	29.7	23.8	29.0	22.8	19.5	26.7	22.3	18.9	26.2	4.8	4.0	3.3	1683	838	
Colombia																										5 sites, 0 more on CD-ROM	
BARRANQUILLA/ERNEST	10.88N	74.78W	30	22.8	23.0	34.1	27.1	33.2	26.9	32.9	26.8	28.6	31.3	28.1	30.9	28.0	24.3	29.9	27.2	23.1	29.3	13.2	10.9	9.9	0	3609	
BOGOTA/ELDORADO	4.70N	74.13W	2546	2.8	4.1	21.2	13.6	20.8	13.5	20.1	13.4	15.4	19.0	15.0	18.5	14.2	13.8	17.0	13.8	13.5	16.7	8.4	7.0	6.1	1752	0	
CALI/ALFONSO BONILL	3.55N	76.38W	969	17.7	18.0	32.1	22.1	31.2	22.0	30.8	22.0	23.5	29.5	22.9	29.4	21.8	18.5	26.8	21.1	17.7	26.0	8.4	6.5	5.5	0	2139	
CARTAGENA/RAFAEL NU	10.45N	75.52W	12	23.0	23.8	32.3	27.1	32.1	27.0	31.8	26.9	28.1	31.0	27.7	30.6	27.2	23.0	30.2	26.9	22.7	30.1	9.2	7.9	6.5	0	3533	
RIONEGRO/M.CORDOV	6.13N	75.43W	2142	10.0	10.9	23.9	15.8	23.2	15.7	23.0	15.6	17.6	21.3	17.1	21.0	16.2	15.1	18.5	16.1	14.9	18.2	9.1	7.6	5.9	412	23	
Congo																										1 site, 0 more on CD-ROM	
BRAZZAVILLE/MAYA-M	4.25S	15.25E	316	18.0	18.9	34.0	24.7	33.1	24.6	32.7	24.5	26.1	31.0	25.7	30.6	24.9	20.8	28.2	24.2	19.9	27.8	5.9	5.0	4.3	0	2799	
Costa Rica																										1 site, 0 more on CD-ROM	
JUAN SANTAMARIA INT	9.98N	84.22W	934	16.6	17.1	30.9	21.0	30.0	20.7	29.2	20.7	24.2	26.9	23.7	26.6	23.8	20.9	25.9	22.9	19.8	25.3	12.7	10.6	9.9	0	1826	
Côte d'Ivoire																										1 site, 0 more on CD-ROM	
ABIDJAN	5.25N	3.93W	8	21.0	21.8	32.8	27.4	32.1	27.2	31.7	27.1	28.8	31.0	28.4	30.6	28.2	24.5	29.7	28.0	24.1	29.6	7.2	6.4	5.9	0	3197	
Croatia																										2 sites, 7 more on CD-ROM	
ZAGREB/MAKSIMIR	45.82N	16.03E	128	-11.1	-8.4	31.6	21.1	30.0	20.8	28.4	20.1	22.2	29.2	21.5	28.3	20.0	14.9	25.2	19.1	14.1	24.7	6.0	5.0	4.2	2873	301	
ZAGREB/PLESO	45.73N	16.07E	107	-12.2	-9.1	31.9	22.0	30.2	21.5	28.8	20.7	23.0	29.9	22.2	28.6	20.9	15.8	26.4	20.0	14.9	25.5	8.5	7.2	5.9	2976	268	
Cuba																										3 sites, 2 more on CD-ROM	
AEROPUERTO JOSE MAR	22.98N	82.40W	75	11.0	13.0	33.1	25.5	32.3	25.4	32.0	25.4	27.7	30.5	27.2	30.4	27.1	23.0	29.6	26.2	21.8	29.1	10.4	9.3	8.0	21	2391	
CAMAGUEY AEROPUERTO	21.42N	77.85W	118	15.2	16.9	33.3	24.4	33.0	24.5	32.2	24.5	26.7	30.8	26.3	30.3	25.8	21.5	29.1	25.2	20.6	28.3	10.4	9.3	8.2	3	2663	
SANTIAGO DE CUBA	19.97N	75.85W	55	18.8	19.8	31.9	25.7	31.2	25.7	31.0	25.7	27.5	29.7	27.0	29.7	27.0	22.8	29.1	26.2	21.8	28.8	10.4	9.5	8.0	0	2836	
Czech Republic																										5 sites, 32 more on CD-ROM	
BRNO/TURANY	49.15N	16.70E	246	-13.5	-10.6	30.1	19.7	28.3	19.0	26.6	18.2	20.8	27.7	19.9	26.4	18.5	13.7	23.7	17.6	13.0	22.7	10.2	8.9	7.9	3498	162	
OSTRAVA/MOSNOV	49.68N	18.12E	260	-16.1	-12.7	30.0	19.9	28.0	19.0	26.2	18.2	20.7	27.6	19.8	26.3	18.5	13.8	23.3	17.6	13.0	22.3	10.2	9.0	8.1	3644	107	
PRAHA/RUZYNE	50.10N	14.25E	365	-14.6	-11.4	29.2	18.8	27.1	18.1	25.3	17.4	20.0	26.5	19.0	25.3	17.7	13.3	22.7	16.9	12.6	21.2	12.2	10.3	8.9	3754	89	
PRAHA-KBELY	50.12N	14.53E	287	-13.0	-10.0	29.6	19.1	27.7	18.6	26.0	17.9	20.6	26.5	19.7	25.0	18.7	14.0	22.4	18.0	13.4	21.7	9.1	7.8	6.8	3458	132	
PRAHA-LIBUS	50.02N	14.45E	303	-13.5	-10.4	30.1	18.9	28.1	18.3	26.3	17.5	20.1	27.2	19.2	25.8	17.8	13.2	22.0	17.0	12.6	21.2	8.7	7.2	6.1	3482	133	
Denmark																										4 sites, 27 more on CD-ROM	
DROGDEN	55.53N	12.72E	0	-8.0	-5.9	22.1	N/A	20.9	N/A	19.8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	18.2	15.8	14.4	3606	23	
KOEBENHAVN/KASTRUP	55.62N	12.65E	5	-9.2	-6.7	25.5	17.9	24.0	17.3	22.2	16.5	19.3	23.4	18.4	22.3	17.9	12.9	20.8	16.9	12.1	20.0	12.7	11.4	10.3	3653	45	
ROSKILDE/TUNE	55.58N	12.13E	43	-10.1	-7.2	25.9	18.1	24.0	17.4	22.3	16.6	19.6	23.4	18.5	22.4	18.1	13.1	21.4	17.0	12.2	20.1	12.5	11.1	10.0	3784	29	
VAERLOESE	55.77N	12.33E	31	-12.1	-8.8	26.2	18.1	24.5	17.6	22.8	16.9	19.6	23.5	18.6	22.7	18.3	13.2	20.8	1								

ANEXO 5

Informações do produto	▼
Características técnicas	▲

Altura	2 cm
Largura	2 cm
Profundidade	2 cm
Peso	1 kg
Cor	Não se aplica
Modelo	N16-30/396
Material Predominante	Plástico, Alumínio e Aço
Fabricante	ENTENDE E FECHAR
Referência do Fornecedor	N16-30/396
Marca	Eico
Marcas Compatíveis	Elgin, Hulter
Voltagem	220v
Frequência do Aparelho	50 Hz
Garantia	6 Meses
Capacidade	7.500 BTUs

<https://www.duffio.com.br/micro-motor-eico-com-helice-de-plastico-120-n16-30396-220v.html>
2/3

8/2/24, 11:08

Micro Motor Eico com Hélice de Plástico 1/20 N16-30/396 - 220V

Referência do Fornecedor	N16-30/396
Frequência do Aparelho	50 Hz
Classificação Energética	A
Degele	Sim
Dreno	Sim
Luz Indicadora de Funcionamento	Sim
Número de Portas Tampas	Sim
Rodas para Movimentação do Aparelho	Sim
Selo Procel	Sim
Tecnologia	Inversor

ANEXO 6

cubigel
compressors

TECHNICAL DATA SHEET

GS34TB_T VE09
220-240V 50Hz ~1

COMPRESSOR

Displacement (cm ³)	34.42
Diameter (mm)	42.87
Stroke (mm)	23.85
Net Weight (Kg)	22.7
Oil type	ISO VG 46 ESTER
Oil charge (cm ³)	860

MOTOR

Approximate Power (CV)	1
Voltage/Frequency (V/Hz)	220V 50Hz
Voltage range (V)	198-264
Code	-
Type	CSR
Phase number	1 PH
Locked rotor current (A)	32.0
Main W. resist. at 25°C (Ω)	1.94
Start W. resist. at 25°C (Ω)	7.44

APPLICATION

Application	High/Mid. back pressure
Refrigerant	R134a
Evaporating (°C)	-25 to 10
Expansion	Capillar/Valve
Comp. cooling	Fan cooled
Max. ambient temp. (°C)	43

NOMINAL PERFORMANCE

	CYCLE C	CYCLE D
Cooling capacity (kcal/h)	2452	2931
Input power (W)	1252	1300
EER (kcal/Wh)	1.95	2.25
COP (W/W)	2.27	2.62
Current (A)	6.40	6.59

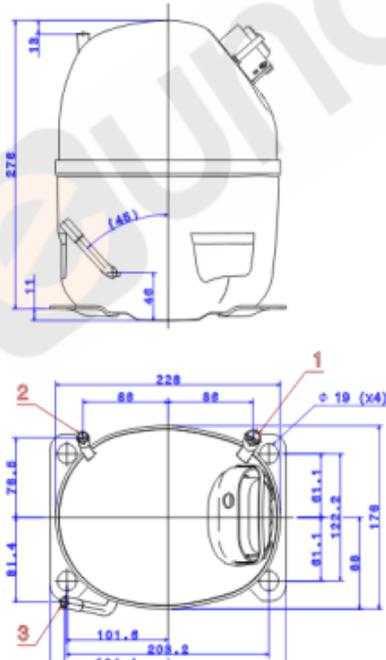
TEST CONDITIONS

	220V 50Hz	220V 50Hz
Evaporating temp. (°C)	5.0	7.2
Condensing temp. (°C)	55.0	55.0
Liq.t. entering expan. (°C)	55.0	46.0
Ambient t. and return (°C)	32.0	35.0
Tens/Freq (V/Hz)	220V 50Hz	220V 50Hz

ELECTRICAL COMPONENTS

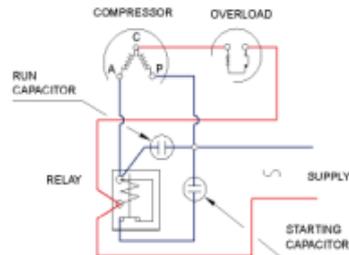
Relay	3ARR3 3AV3	RVA 2L...
Pick-Up	224-252 (V)	224-252 (V)
Drop-Out	40-90 (V)	40-105 (V)
Protector	MRT18AJN	T0161
Current (A)	20.2	26.5
Time check (seg)	8.5-13	2.8-5.2
Disc temp. (Open/Close) (C)	120.0 / 69.0	120.0 / 69.0
Starting capacitor (µF/V/FV)	88-108 / 330	
Run capacitor (µF/V)	16 / 450	

DIMENSIONS AND ELECTRICAL DIAGRAM



DESIGNATION	INTERNAL DIAM. (MM)
1 Suction	12.7
2 Service	9.6
3 Discharge	8.0

CSR



ANEXO 7



1. DESCRIPCIÓN

El **MT-530E Super** tiene tres salidas: una para control de la temperatura, una para control de la humedad y una tercera salida auxiliar que actúa como una segunda etapa de control de temperatura, control de humedad, alarma o temporizador (temporizador) cíclico. Este controlador es adecuado para baja y media humedad relativa (10 a 85% sin condensación). Sus sensores de temperatura y humedad se unen en un solo bulbo, lo que reduce el espacio de instalación y el cableado. También incluye un alarma audible (buzzer) y una función inteligente, el bloqueo del función, que evita que los usuarios no autorizados cambien los parámetros del control. El instrumento tiene una comunicación serial para la conexión con el SITRAD®. Producto en conformidad UL Inc. (Estados Unidos y Canadá).

2. APLICACIONES

- Deshumidificadores
- Bodegas
- Secado de granos
- Humidificadores
- Climatizados
- Climatizados y ambientes de TI (Data Centers)

Para alto porcentaje de humedad en la presencia de agua de condensación, utilizar el modelo de AHC-80 Ri plus.

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Alimentación directa	MT-530E Super: 115 o 230 Vac $\pm 10\%$ (50/60 Hz) MT-530EL Super: 12 o 24 Vac/dc $\pm 10\%$
Temperatura de control	-10 a 70.0 °C $\pm 1.5^\circ\text{C}$ (con resolución de 0.1 °C) 14 a 158 °F $\pm 3^\circ\text{F}$ (con resolución de 0.1 °F)
Temperatura de operación	0 a 50 °C / 32 a 122 °F
Humidad de control	10 a 85%HR $\pm 5\%$ HR (con resolución de 0.1%HR)
Humidad de operación	10 a 85% HR (sin condensación)
Corriente máxima por salida	Therm: 16(8)A/250Vac 1HP Humid: 5(3)A/250Vac 1/8HP Aux: 5(3)A/250Vac 1/8HP
Dimensiones (mm)	76 x 34 x 77 mm / 2,99" x 1,33" x 3,03" (A x A x P)
Dimensiones del recorte para fijación del instrumento	71 \pm 0,5 x 29 \pm 0,5 mm (vide ítem 5) 2,79" \pm 0,02" x 1,14" \pm 0,02"

4. INDICACIONES Y TECLAS

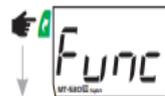


6. OPERACIONES

6.1 Mapa del menú facilitado

Al pulsar la tecla **Func**, es posible navegar a través de los menús de funciones. Abajo vea mapa funciones:

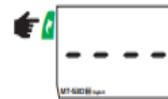
SELECCIÓN DE FUNCIÓN



DESHELO MANUAL*



SALIR DEL MENÚ



SETPOINT DE SALIDA THERM



VISOR DE PROCESOS



SETPOINT DE SALIDA HUMID



VISTA DE MEDICIÓN ALTERNATIVA



SETPOINT DE SALIDA AUX*



BORAR VALORES MAX. Y MÍN.



INHIBIDOR DEL ALARMA SONORA*



REGISTRO DE LA TEMPERATURA MÍN. Y MÁX.



BLOQUEO DE FUNCIÓN



DESACTIVACIÓN DE LAS FUNCIONES DE CONTROL



* Estos parámetros se muestran cuando sea necesario.

ANEXO 8

Sensor SB-56

DESCRIPCIÓN:

Sensor conjugado de temperatura (-10°C hasta 70°C) y humedad (10 hasta 85%HR).

INSTRUMENTOS COMPATIBLES:

- MT-530E Super
- MT-532 Super
- TO-751B

DIMENSIONES*:



COLOR DEL CABLE: Negro

COLOR DE LA

ANEXO 9

BLOQUE DE CONEXIÓN

DESCRIPCIÓN:

El bloque de conexión (BC-01) es un accesorio que sirve para conectar más de un controlador en una red RS-485, conectando los controladores a la interfaz (CONV-32, TCP-485 o Sitrad Inbox), y, posteriormente, al Sitrad PRO. Posee protección interna que reduce el ruido proveniente de interferencias de cables eléctricos y sobrecargas.

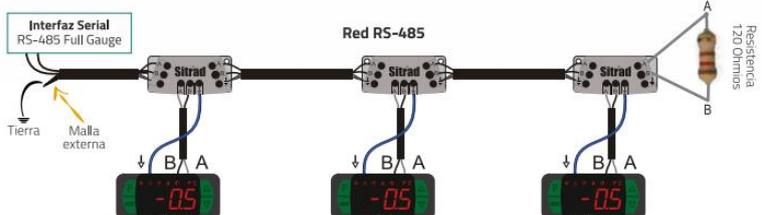
INDICACIONES DE USO:

La conexión de cables debe realizarse de la siguiente manera:

- El terminal A del controlador se conecta al terminal A del bloque de conexión, el cual, debe conectarse al terminal A de la interfaz (CONV-32, TCP-485 o Sitrad Inbox);
- Repita el procedimiento para los terminales B así como la conexión de puesta a tierra;
- El terminal A y B del bloque de conexión debe estar conectado a los terminales respectivos A y B de cada controlador.

IMPORTANTE: Instale resistencias de terminación de 120 Ohmios entre los terminales A y B del bloque de conexión del último controlador, cuando la distancia entre este y la interfaz sea de más de 100m. Esto evitará los efectos del reflejo de la señal, típico de una red RS-485.

MODO DE INSTALACIÓN:



ANEXO 10

MANUAL DE SITRAD

ANEXO 11

CERTIFICADO EMITIDO CON HOJA EXCEL DE LA EMPRESA