



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
MECANICA ELECTRICA**

**“DISEÑO Y SIMULACION DE UNA CÁMARA DE
MICROCLIMAS PARA EL LABORATORIO DE LA
EMPRESA VITAPRO – TRUJILLO”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO
PROFESIONAL DE:**

INGENIERO MECANICO ELECTRICO

AUTOR:

VERA ATOCHE JOHN

ASESOR:

Dr. JORGE ANTONIO OLORTEGUI YUME, Ph.D.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

TRUJILLO – PERÚ

2017

GENERALIDADES

TÍTULO:

“Diseño y simulación de una cámara de microclimas para el laboratorio de la empresa Vitapro – Trujillo.”

AUTOR:

John Steven Vera Atoche

ASESOR METODOLÓGICO:

Ing. Jorge Antonio Inciso Vásquez

ASESOR ESPECIALISTA:

Dr. Jorge Antonio Olórtegui Yume, Ph.D.

TIPO DE INVESTIGACIÓN:

Investigación aplicada.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño: Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

LOCALIDAD:

Trujillo, La Libertad.

DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

Fecha de Inicio: Setiembre del 2016.

Fecha de Término: Julio del 2017.

LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS

DISEÑO Y SIMULACION DE UNA CÁMARA DE MICROCLIMAS PARA EL LABORATORIO DE LA EMPRESA VITAPRO – TRUJILLO

Autor: John Steven Vera Atoche

Presidente

Ing. Jorge Antonio Inciso Vásquez

Secretario

Dr. Jorge Antonio Olórtegui Yume

Vocal

Ing. Luis Alberto Julca Verastegui

DEDICATORIA.

Con cariño, admiración

Y respeto a mis padres:

Alberto Vera y Karin Atoche

A mi hermana Rosa.

A los que me apoyaron en

Todo este tiempo:

Juana Quipuzco y Alberto Vera

Y a mi tío hermano:

Jonathan Vera

AGRADECIMIENTOS.

Las enseñanzas y apoyo al ingeniero Inciso, por todas las asesorías y recomendaciones para este trabajo, de igual forma al Dr. Olortegui por brindarme sus conocimientos en todo este tiempo.

Mi más cordial saludo y agradecimiento al ingeniero Julca, al ingeniero Alex, por su disponibilidad y enseñanzas que me fueron de mucha ayuda.

A mis padres Alberto y Karin que me apoyaron incondicionalmente en todo momento durante este largo camino, por brindarme su fortaleza y comprensión en cada una de las etapas de mi vida. Les reitero mi agradecimiento y respeto, también a mis abuelos Tito y Juana por las veces que me reciben con los brazos abiertos. sus consejos sabios y el apoyo incondicional como siempre. infinitamente gracias. Finalmente, a mi tío Jonathan por todo el apoyo que me brindaste y por guiarme en lo que podías, enseñándome y asesorándome siempre, te reitero mi admiración y respeto. gracias.

A mis compañeros de trabajo y amigos Rodolfo y Leandro, gracias por acompañarme en todo momento y por todas las experiencias que vivimos, especialmente en los viajes. A mi enamorada Maria Fernanda gracias por todo el apoyo y paciencia que tuviste durante todo este tiempo (punche), para lograr la terminación de esta tesis. Y por último a todos mis amigos que me apoyaron y me brindaron su amistad.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo **VERA ATOCHE, JOHN STEVEN** con DNI N° 70655021, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de INGENIERÍA Escuela de MECÁNICA ELÉCTRICA, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo...de...del 2017

John Steven Vera Atoche

PRESENTACIÓN

Honorable miembros del jurado, pongo ante ustedes la Tesis titulada: “**DISEÑO Y SIMULACION DE UNA CÁMARA DE MICROCLIMAS PARA EL LABORATORIO DE LA EMPRESA VITAPRO – TRUJILLO**”, que tiene como finalidad Diseñar y simular una cámara de microclimas para el laboratorio de la empresa VITAPRO – TRUJILLO SAC, en cumplimiento del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCION.....	14
CAPITULO NO. 1: INTRODUCCION.....	15
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	15
1.2. TRABAJOS PREVIOS.	17
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.	20
1.3.1. CAMARA DE SIMULACION DE MICROCLIMAS.	20
1.3.2. TIPOS DE CAMARAS DE MICROCLIMAS.....	21
1.3.3. DISEÑO DE CAMARAS DE SIMULACION.	24
1.3.3.1. NORMAS Y/O CODIGOS QUE REGLAMENTE SU DISEÑO O USO.	28
1.3.3.2. APLICACIONES DE LA CAMARA DE MICROCLIMAS.....	32
1.3.3.3. DESCRIPCION DE LAS PARTES QUE CONSTITUYEN EL EQUIPO	32
1.3.3.4. DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO	33
1.3.3.5. MATLAB.....	34
1.3.3.6. GUIDE	34
1.3.3.7. ANALISIS ECONOMICO	35
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	36
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.	36
1.6. HIPÓTESIS.....	37
1.7. OBJETIVOS:.....	37
1.7.3. OBJETIVO GENERAL.....	37
1.7.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	37
CAPÍTULO II: METODO	38
CAPITULO NO. 2: METODO	39
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	39
2.2. VARIABLES.....	40
2.2.1. Variables de diseño.	40
2.2.2. Variables de solución.	41
2.2.3. Parámetros de definición de problema.....	41
2.2.4. Variables intervinientes.....	41
DIAGRAMA DE CAJA NEGRA.....	42
2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	43
2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44

2.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.	44
2.6.	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	44
2.7.	ASPECTOS ÉTICOS.....	44
	CAPÍTULO III: RESULTADOS	45
	CAPITULO NO. 3: RESULTADOS	46
3.1.	NECESIDADES DE LA EMPRESA.....	46
3.2.	NECESIDADES EN TÉRMINOS INGENIERILES	46
3.3.	CÓDIGOS, NORMAS, ESTÁNDARES O RECOMENDACIONES DE DISEÑO INTERNACIONAL Y NACIONAL	48
3.4.	CONCEPTOS DE DISEÑO	50
3.5.	CONCEPTO OPTIMO	54
3.6.	INGENIERIA DE PROYECTO	55
3.7.	SELECCIÓN EQUIPOS ESTÁNDAR, MATERIAL PARA LA ESTRUCTURA Y ACCESORIOS A UTILIZAR	73
3.8.	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO (VAN, TIR Y ROI).....	79
3.9.	PLANOS FINALES DEL PROYECTO	81
	CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN	82
	CAPITULO NO. 4: DISCUSIÓN	83
4.1.	DISCUSION DE RESULTADOS	83
	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	89
	CAPITULO NO. 5: CONCLUSIONES.....	90
5.1.	CONCLUSIONES	90
	CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.....	91
	CAPITULO NO. 6: RECOMENDACIONES.....	92
6.1.	RECOMENDACIONES	92
	REFERENCIAS.....	93
	REFERENCIAS.....	94
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	94
	ANEXOS	98

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cámara de microclimas.....	21
Figura 2: Cámaras climáticas con vibración.....	21
Figura 3: Cámaras climodinámicas.....	22
Figura 4: Cámaras simulación solar.....	23
Figura 5: Cámaras con función lluvia.....	23
Figura 6: Cámaras de gases.....	24
Figura 7: Termocupla tipo J.....	26
Figura 8: Controlador de temperatura (ejemplo).....	27
Figura 9: Tipos de ventilación.....	28
Figura 10: Horno de secado.....	50
Figura 11: Estufa.....	51
Figura 12: Frigorífico.....	51
Figura 13: Horno de Pasteur.....	52
Figura 14: Autoclave.....	53
Figura 15: Cámara microclimática.....	53
Figura 16: Grafica de diseño paramétrico de la humedad relativa.....	57
Figura 17: Grafica de diseño paramétrico de la potencia del sistema.....	58
Figura 18: Gráfica de vapor saturado vs. temperatura.....	60
Figura 19: Interfaz inicial del cálculo de humedad relativa.....	61
Figura 20: Interfaz HR iniciada 1.....	61
Figura 21: Interfaz HR iniciada 2.....	62
Figura 22: Diagrama de bomba de calor reversible.....	67
Figura 23: Compresor Copeland Scroll™ ZS19KAE.....	74
Figura 24: Nomenclatura de la unidad condensadora.....	74
Figura 25: Unidad Condensadora Copeland Scroll™ FFAP-030Z-TFD-071.....	75
Figura 26: Válvula de expansión termostática.....	76
Figura 27: RTD/PT100 de platino Serie PR-12.....	77
Figura 28: XR35 Panel frontal.....	78
Figura 29: Configuración final.....	78
Figura 30: Plano general del proyecto.....	81
Figura 31: Plano de la bomba de calor reversible.....	81
Figura 32: GUI Humedad relativa con 0° y 4 g/m3 de Dv.....	84
Figura 33: GUI Humedad relativa con 30° y 10 g/m3 de Dv.....	85
Figura 34: GUI de velocidad térmica con 11.5 minutos en ambos casos.....	86
Figura 35: GUI de velocidad térmica con 60 minutos en ambos casos.....	86
Figura 36: GUI del sistema de bomba de calor para COP de calefacción.....	87
Figura 37: GUI del sistema de bomba de calor para COP de refrigeración.....	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables	43
Tabla 2: Técnica e instrumento de recolección de datos	44
Tabla 3: Términos ingenieriles	46
Tabla 4: Resumen de las entrevistas realizadas.....	47
Tabla 5: Matriz de selección	54
Tabla 6: Datos de la temperatura	59
Tabla 7: Propiedades de los materiales.....	66
Tabla 8: Cantidad de calor en kCal.....	66
Tabla 9: Datos para el COP.....	66
Tabla 10: Potencia liberada por persona	70
Tabla 11: Características del compresor	73
Tabla 12: Características de la unidad condensadora.....	75
Tabla 13: Características de la válvula de expansión termostática	76
Tabla 14: Características del controlador digital	77
Tabla 15: Flujo de caja neto.....	79

RESUMEN.

En este trabajo se expone el diseño de una cámara de microclimas a una temperatura máxima de 30°C y una temperatura mínima de 0°C para la empresa de VITAPRO – Trujillo.

Para el desarrollo las necesidades de la empresa que se estipularon en las entrevistas. Seis conceptos de cámara fueron analizados mediante una matriz de selección para brindar con el diseño final. Luego se estimó la humedad relativa con modelos matemáticas con respecto a la temperatura. La velocidad térmica con respecto al tiempo - temperatura y finalmente la carga térmica y las toneladas de refrigeración para finalmente proceder a la selección de equipos; todo esto se hizo mediante una GUI (Interfaz gráfica de usuario) desarrollada en Matlab®.

La cámara microclimas obtuvo el rango de 30-80% de humedad relativa con respecto a la temperatura de 0-30°C y una velocidad térmica óptima, pero con un rango máximo de 60 minutos tanto para calentar o refrigerar. Se obtiene la eficiencia del sistema cumpliéndose $COP_t > COP_r$, también se obtiene la carga térmica de 1.2 kW y lo que es la potencia de la maquinaria de 1.8 kW, por lo mismo que son 2.4 hp y 0.5 toneladas de refrigeración.

La metodología de diseño GUI-Matlab®, fue de mucha ayuda para el diseño paramétrico térmico, HR y velocidad térmica porque se logró obtener los resultados esperados, se espera una buena rentabilidad del producto (VAN 3903 y TIR 29%).

Palabras Clave: microclimas, Matlab, diseño paramétrico ...

ABSTRACT.

In this work the design of a microclimate chamber is exposed to a maximum temperatura: 30 ° C and a minimum temperatura: 0 ° C for the company VITAPRO - Trujillo.

For development, the needs of the company were stipulated in the interviews. Six camera concepts were analyzed using a selection matrix to provide the final design. Relative humidity was then estimated with mathematical models with respect to temperature. The thermal velocity with respect to time - temperature and finally the thermal load and tons of cooling to finally proceed to the selection of equipment; All this was done through a GUI (Graphical User Interface) developed in Matlab®.

The microclimate chamber obtained the range of 30-80% relative humidity with respect to the temperature of 0-30 ° C and an optimum thermal speed, but with a maximum range of 60 minutes for both heating and cooling. The efficiency of the system is obtained by complying with $COP_t > COP_r$, also the thermal load of 1.2 kW is obtained and what is the power of the machinery of 1.8 kW, for the same as they are 2.4 hp and 0.5 tons of cooling.

The GUI-Matlab® design methodology was very helpful for the thermal parametric design, HR and thermal speed because the expected results were obtained, a good profitability of the product is expected (VAN 3903 and TIR 29%).

Key Words: *microclimate, Matlab, parametric design ...*

CAPÍTULO I: INTRODUCCION

CAPITULO NO. 1: INTRODUCCION

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.

El aumento de la temperatura y la acidificación de los océanos debido al calentamiento global afectan a la composición de ácidos grasos de crustáceos planctónicos, lo que conlleva una menor calidad de los alimentos de algunos peces. El cambio climático afecta tanto a la producción, transformación, distribución y consumo de alimentos, así como a la disponibilidad de alimentos seguros e inocuos. La calidad de estos parámetros disminuye cuando los sistemas alimentarios se estresan. Las consecuencias en la seguridad de los alimentos son, por tanto, importantes. Una de ellas es que favorece el traslado del área de distribución geográfica de los patógenos y acorta su periodo de incubación. (Chavarrías, 2016)

El Perú muestra una gran vulnerabilidad ante variaciones climáticas drásticas, como la pérdida de disponibilidad de recursos hídricos (para consumo humano y generación energética) debido al retroceso glaciar, la pérdida de productividad primaria agrícola y pesquera producto del aumento de la temperatura del mar, la pérdida de biodiversidad, y efectos sobre la salud humana. La acuicultura está bien adaptada a las condiciones climáticas de un lugar, pero es sensible a la variabilidad climática, a los valores extremos y a los cambios en los valores medios. Este efecto varía, según el sistema de producción. Pero no solo impacta sobre la producción primaria de fibras y alimentos, también afecta al resto de la cadena alimentaria. (Vargas, 2009)

Sabiendo el impacto que ocasiona el medio circundante en los alimentos procesados la cámara de microclimas soluciona eficazmente el problema, siendo una cámara climatizada, capaz de reproducir a voluntad y en condiciones estables, cualquier valor de temperatura y humedad relativa, en

el cual se podrá observar simulación ambiental, envejecimiento acelerado de bacterias, control de calidad de sus productos, estabilidad de productos, investigación de materiales y sistemas y acondicionamiento en húmedo.

Vitapro S.A. es una empresa perteneciente al grupo Alicorp con más de 20 años de experiencia en la industria acuícola. Es por ello que ofrecen soluciones personalizadas costo-efectivas y un programa de asesoría técnica altamente especializado, que busca maximizar sus resultados productivos. Además, cuentan con un área de investigación y desarrollo dedicada a optimizar dietas que permitan ampliar las opciones de materias primas. Ello les permite contribuir con el desarrollo de una industria acuícola sustentable que servirá como fuente indispensable de nutrición para generaciones actuales y futura. Fue fundada el siete de noviembre del dos mil trece. La empresa está dedicada principalmente a elaboración de alimentos preparados para pescados y camarones. (Vitapro S.A.)

El laboratorio central en la empresa VITAPRO de la planta Trujillo, que se encarga del muestreo formulado y procesado con tecnología de punta y mediante un riguroso proceso de control de calidad para la elaboración de alimento balanceado para pescados y camarones. A pesar de este trabajo profesional, este laboratorio carece de un equipo que le permita simular diferentes climas para investigar el comportamiento de bacterias, comportamiento de nuevos materiales, y estabilidad de sus productos a distintas temperaturas y humedades relativas.

En este trabajo se realizará el diseño y simulación computacional de una cámara de microclimas para el laboratorio central de la empresa Vitapro – Trujillo.

1.2. TRABAJOS PREVIOS.

- **Fung Ki LAM (2011)**, realizó diferentes microclimas para investigar el efecto en las personas. Primero se ha presentado un modelo de simulación de comportamiento que se dirige sobre el problema de la predicción y evaluación de los impactos de las condiciones microclimáticas del uso espacial de sus habitantes humanos. La simulación revela el patrón de uso espacial que podría ser considerado como una evaluación posterior a la ocupación virtual que aumenta de 20°C a 26.3°C dependiendo de las personas que se encuentren en lugar. Finalmente, los evaluadores pueden ver cómo los espacios se utilizan o cómo el entorno físico se lleva a cabo bajo ciertas condiciones, a fin de evaluar si se logra la intención de diseño.

- **Irina Tumini (2012)** realizó un análisis de microclimas para la sostenibilidad en el espacio urbano de Madrid. En la ciudad de Madrid tendrán en cuenta proponer estrategias para el diseño bioclimático de los espacios urbanos exteriores para el clima Templado–seco. Entonces se encontró que la temperatura varía entre -6.2°C y 41.7°C por las características de los casos de estudio de acuerdo con el análisis de indicadores, el comportamiento del microclima especialmente en relación a la comodidad condiciones y la degradación formales y estructurales que justifican la necesidad de rehabilitación del barrio. Por último, llegan a las siguientes conclusiones: ofrecer un nuevo enfoque metodológico para el diseño bioclimático del espacio urbano, la introducción de un carácter de mayor objetividad en la definición de las estrategias del proyecto. Por lo tanto, el cambio de dos elementos: la vegetación y los materiales de acabado, sin el cambio de la morfología y la disposición de los edificios, es esencial.

- **Tania Oviedo y Marcelo Fajardo (2010)** realizó la construcción de una cámara para simular microclimas. Por consiguiente, se muestra el proceso de diseño y construcción de una cámara de simulación de condiciones ambientales hasta una altura de 7000 m.s.n.m. Se encontró que la rapidez con la cual varía la temperatura disminuye a medida que esta se acerca a su valor límite con un valor mínimo de 30 °C en 3 horas de 20 a -30°C. Con la cual se llegan a las siguientes conclusiones: El calentamiento de la cámara está limitado por las condiciones ambientales, se puede observar que el tiempo de calentamiento es mayor que el tiempo de enfriamiento y la capacidad de enfriamiento del equipo está íntimamente relacionada con la capacidad del refrigerante, la capacidad del compresor, y el sistema de expansión.
- **Arnulfo Domínguez Hernández (2013)**, trata sobre el diseño térmico de un calentador solar de aire de placa plana para aplicaciones de secado de forraje. Así poder determinar la capacidad del dispositivo por medio de la simulación de su comportamiento. Se tuvo como resultado la simulación de las condiciones de experimentación punto a punto para poder tener una noción real de cómo se comportaba el prototipo sometido a experimentación con respecto a la simulación y la eficiencia en el caso experimental es mayor mientras más alta es la velocidad de entrada del aire de hasta 50% con 0.15 kg/s y la humedad relativa es mayor mientras la temperatura disminuya. Se concluye que la investigación sobre el tema fue de gran importancia para el que presenta pues se pudieron poner en práctica los conocimientos adquiridos, tanto académica, como social y laboral. Se fuerza a continuar con la investigación sobre el tema debido al interés que esto tiene para los ambientes del campo y las necesidades del país.

- **Angie Romy Burgos Bastidas (2013)**, donde realizó un estudio de Parasitoides del género *Diglyphus* que son consideradas como eficientes agentes de control biológico de moscas minadoras (Diptera: Agromyzidae). Entonces tiene de objetivo el estudio fue evaluar el efecto de la temperatura en la biología de *Diglyphus websteri* (Crawford, 1912) (Hymenoptera: Eulophidae) un ectoparasitoide de la mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) (Diptera: Agromyzidae) y su potencial como agente de control biológico. El resultado que se obtuvo de los modelos fenológicos revelaron con mayor precisión las temperaturas más favorables que son entre 15°C y 30°C para el desarrollo de *D. websteri*, siendo una herramienta muy útil para estimar escenarios futuros en el desarrollo del ciclo de vida de los insectos. Se obtuvo como conclusión que la temperatura afecta directamente el desarrollo del ciclo de vida de *D. websteri* (30°C – 35°C afecta el estado de duración huevo-larva). La temperatura no afectó la proporción sexual de adultos de *D. websteri*, sin embargo, predominó en todas las temperaturas una alta descendencia de machos.
- **Alejandro Gonzalo Pizarro Perez (2011)**, realizó un estudio térmico para observar el comportamiento de incubadoras neonatales. Entonces se implementará un sistema de evaluación térmica de incubadoras neonatales en el Hospital Dos de Mayo. Se ha logrado desarrollar un sistema para la evaluación térmica de incubadoras neonatales, según la norma IEC 60601-2-19 referente a la seguridad térmica de incubadoras neonatales, pero sin dejar de tomar en cuenta que se encuentre en una temperatura dentro del rango permitido por la norma de seguridad térmica (20 a 30°C). Se concluyó que se integró satisfactoriamente los instrumentos, el ambiente y el protocolo en un único sistema, conformando un sistema de evaluación térmica de incubadoras neonatales basado en la norma de seguridad térmica IEC 60601-2-19.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.

1.3.1. CAMARA DE SIMULACION DE MICROCLIMAS.

Definimos como cámara de microclimas a una cámara de tratamiento, o cámara climatizada, capaz de reproducir a voluntad y en condiciones estables, cualquier valor de temperatura y humedad relativa compatible con el diagrama psicrométrico, dónde admiten la adaptación a cualquier tipo de norma y se destinan a todas las aplicaciones de la industria y la investigación, y en particular para el ensayo a escala de laboratorio de materiales diversos.

Este tipo de cámaras son capaces de reproducir, a escala de laboratorio, todas las condiciones climáticas posibles que se pueden producir en la naturaleza, tales como: climas tropicales, árticos, desérticos, etc., mediante la generación controlada de los parámetros frío, calor y humedad.

Su simulación puede ser adaptada a cualquier tipo de tamaño y forma, tanto en lo que a compartimiento de ensayos se refiere, como a la estructura exterior, abarcando volúmenes interiores comprendidos entre 80 y 4000 litros, para las cámaras compactas.

Los rangos de temperatura pueden alcanzar extremos comprendidos entre -150°C y +200°C, y humedades relativas de hasta 95% HR y saturación.



Figura 1: Cámara de microclimas

Fuente: <http://www.cci-calidad.com/camara01.htm>

1.3.2. TIPOS DE CAMARAS DE MICROCLIMAS.

a) CAMARAS CLIMATICAS Y DE ENSAYOS, COMBINADOS CON VIBRACION

Las cámaras climáticas y de ensayos térmicos combinadas con vibración son equipos para ensayar los efectos de las vibraciones, tanto de origen mecánico, como electrodinámico, bajo diversas condiciones climáticas, térmicas aceleradas o ambientales controladas.

Con ello, no sólo es posible investigar el comportamiento de los materiales, elementos y sistemas, sino también detectar defectos prematuros, conociendo a priori el comportamiento futuro de los mismos y permitiendo garantizar la seguridad de su buen funcionamiento en condiciones climáticas diversas.



Figura 2: Cámaras climáticas con vibración.

Fuente: <http://www.cci-calidad.com/camara09.htm>

b) CAMARAS CLIMATICAS COMBINADAS CON ENSAYOS DINAMICOS (TRACCION, COMPRESION, FLEXION, ETC.)

En muchas ocasiones es de gran importancia conocer las cargas de deformación y rotura a la tracción, compresión, flexión, doblado, impacto, etc., de diversos materiales, mientras se está produciendo un ciclo térmico o climático determinado, después de un choque refrigerante o en un pico de alta temperatura.



Figura 3: Cámaras climodinámicas.

Fuente: <http://www.cci-calidad.com/camara10.htm>

c) CAMARAS CLIMATICAS CON SIMULACION SOLAR UV Y ENVEJECIMIENTO AMBIENTAL ACELERADO

Cuando los materiales están expuestos a la intemperie o a los efectos de las radiaciones solares, sufren considerables deterioros, tales como: Pérdida de brillo, pérdida de color (tanto en intensidad, como en tonalidad), erosión, etc., y en general una pérdida importante de su aspecto y sus propiedades originales.

Para simular dichas condiciones y realizar ensayos de forma acelerada, es necesario disponer de cámaras climáticas y de ensayos capaces de reproducir, no solo cualquier condición en latitud/longitud que pueda darse sobre la Tierra, sino también desarrollar cualquiera de los ensayos normalizados existentes en la actualidad.



Figura 4: Cámaras simulación solar

Fuente: <http://www.cci-calidad.com/camara11.htm>

d) CAMARAS CLIMATICAS COMBINADAS CON FUNCION LLUVIA.

Todo elemento o sistema instalado a la intemperie, necesariamente, en algún momento, ha de estar sometido a los efectos de la lluvia, salpicaduras, rociones, etc.

Teniendo en cuenta que la presencia de agua en el interior de los aparatos, instrumentos, automatismos, luminarias, etc., puede ser seriamente perjudicial, es por lo que se ha suscitado la necesidad de efectuar las homologaciones pertinentes de aplicación general para establecer los diversos grados de estanqueidad IP y sus correspondientes protecciones.



Figura 5: Cámaras con función lluvia.

Fuente: <http://www.cci-calidad.com/camara14.htm>

e) CAMARAS DE GASES. CAMARAS CLIMATICAS COMBINADAS CON ATMOSFERAS GASEOSAS CONTROLADAS

Existe un gran número de casos particulares en los cuales se requiere

efectuar ensayos de calidad y comportamiento de materiales, equipos y sistemas en presencia de uno o más gases, en proporción, cantidad y presión controladas. A estos efectos, existen múltiples aplicaciones, tales como la corrosión climática gaseosa, estudio de comportamiento de los materiales frente a los contaminantes atmosféricos. Estas cámaras climáticas con atmósferas gaseosas controladas admiten cualquier tipo de gas, puro o en mezcla, siempre y bajo los principios de compatibilidad y seguridad.



Figura 6: Cámaras de gases.

Fuente: <http://www.cci-calidad.com/camara20.htm>

CCI-Calidad [sitio web]. 1967. España: Cámaras de ensayo. Cámara de microclimas, Definición y tipos [consulta 25 octubre 2016]. Disponible en: <http://www.cci-calidad.com/camara02.htm>

1.3.3. DISEÑO DE CAMARAS DE SIMULACION.

- **Electrónica de control**

El control automático es utilizado para realizar procesos industriales donde existe una serie de pasos que se repiten, de estos procesos buscan reducir costos al no tener que contratar mano de obra especializada, de igual forma el control automático contribuye a la eliminación de errores ya que se programa previamente para que no existan. Este tipo de sistemas son muy usados para controlar variables como la temperatura, humedad, viscosidad, presión entre otras.

- **Variables climáticas.**

VARIABLES COMO LA TEMPERATURA, HUMEDAD DEL AIRE QUE INTERVIENEN DENTRO DE LA CÁMARA DE MICROCLIMAS.

- Temperatura.

La temperatura se mide tradicionalmente con termómetros de mercurio o alcohol. Hoy en día se utilizan cada vez más las termocuplas; quienes generan una señal eléctrica en función de su temperatura. Esto permite automatizar el registro de la temperatura.

- Humedad relativa.

Se define la humedad relativa como la relación entre la fracción molar del vapor de agua en el aire y la fracción molar del vapor de agua en el aire saturado a la misma temperatura.

- Variables externas.

Existen otras variables que se deben medir fuera de la cámara como la intensidad de la radiación solar y temperatura del medio ambiente, ya que en el interior de la cámara la distribución de la radiación no es homogénea. (BARRERA PEÑA, 2008)

- **Sensor de temperatura**

Un sensor es un dispositivo que detecta manifestaciones de cualidades o fenómenos físicos, como la energía, velocidad, aceleración, tamaño, cantidad, etc. Es también un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro elemento (Controlador).

- Termocuplas:

Las termocuplas son el sensor de temperatura más común utilizado industrialmente. Una termocupla se hace con dos alambres de

distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) el cual aumenta con la temperatura. Tipos de termocuplas: Existen una infinidad de tipos de termocuplas, el 90% de las termocuplas utilizadas son del tipo J.

ARIAN. 2016. Termocuplas. Revista electrónica de control e instrumentación. Disponible en: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>

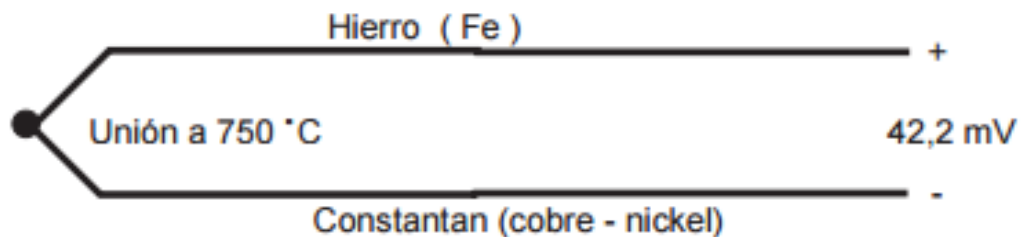


Figura 7: Termocupla tipo J

Fuente: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>

- **Controlador de temperatura**

Es un instrumento usado para la regulación de la temperatura. El controlador de temperatura tiene una entrada procedente de un sensor de temperatura y tiene una salida que está conectada a un elemento de control tal como un calentador o ventilador.

Para controlar con precisión la temperatura del proceso sin la participación continua del operador, un sistema de control de temperatura se basa en un controlador, el cual acepta un sensor de temperatura tal como un termopar. Se compara la temperatura real a la temperatura de control deseada, o punto de ajuste, y proporciona una salida a un elemento de control. El controlador solo es una parte del sistema de control, y todo el sistema debe ser analizado para elegir un controlador adecuado. Los siguientes puntos deben ser considerados:

- Tipo de sensor de entrada (termopar, RTD) y rango de temperatura

- Tipo de salida requerida (relé electromecánico, SSR, salida analógica)
- Algoritmo de control necesario (encendido / apagado, proporcional, controlador PID)
- Número y tipo de salidas (calor, frío, alarma, límite)

OMEGA [sitio web]. 1962. España: Temperatura. Controladores de temperatura, [consulta 25 octubre 2016]. Disponible en: <http://es.omega.com/prodinfo/controladores-de-temperatura.html>



Figura 8: Controlador de temperatura (ejemplo)

Fuente: Controlador de temperatura TZN4L

○ Ventilación

La ventilación consiste en la introducción de aire fresco en un determinado espacio. Es un medio para el control del calor y de los contaminantes existentes en la atmósfera de los centros de trabajo.

ISTAS. "Microclima: ventilación, temperatura y humedad". En: Antonio Solaz. LA PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LOS LUGARES DE TRABAJO. Paralelo Edición, S.A., 2007. p. 35-52.

Ventilación	Utilidades
Natural	Cargas de calor moderadas. Emisiones muy pequeñas de gases y vapores (menos de 1 cm ³ / minuto). No para humos o polvos. Oficinas con más de 50 m ² /persona.
General forzada (ventilación por dilución)	Cargas de calor altas. Emisiones moderadas de gases y vapores (hasta 100 cm ³ /minuto). Oficinas con menos de 50 m ² / persona.
Localizada (mediante sistemas de extracción)	Emisiones altas de contaminantes. Contaminantes peligrosos (incluso en cantidades pequeñas). Humos y polvos.
De confort	Para producir condiciones térmicas de bienestar.

Figura 9: Tipos de ventilación

Fuente: Solaz, Antonio (2007)

1.3.3.1. **NORMAS Y/O CODIGOS QUE REGLAMENTE SU DISEÑO O USO.**

- a. **Código de Procedimientos básicos de verificación medioambiental - Parte 2-11: Pruebas - Prueba Ka: niebla salina - IEC 68-2-11 (Code of Basic environmental testing procedures - Part 2-11: Tests - Test Ka: Salt mist)**

Se puede utilizar para probar la resistencia relativa a la corrosión de los revestimientos protectores, cuando se expone a una niebla salina (spray) clima a una temperatura elevada. Las muestras de ensayo se colocan en una cámara cerrada y se expusieron a un aerosol continuo indirecta de neutro (pH 6.5 a 7.2) solución de agua salada, que cae de salida sobre las muestras a una velocidad de 1,0 a 2,0 ml / 80cm²/hora, en una temperatura de la cámara de + 25°C.

Código de Procedimientos básicos de verificación medioambiental - Parte 2-11: Pruebas: niebla salina. IEC 68-2-11. Suiza: IEC, 1981.
<https://webstore.iec.ch/publication/504>

- b. **Norma de Consideraciones de Ingeniería Ambiental y pruebas de laboratorio MIL-STD-810G (Code of Environmental Engineering Considerations and Laboratory Test - MIL-STD - 810G)**

Se dirige a una amplia gama de condiciones ambientales que incluyen: baja presión para las pruebas de altitud; la exposición a altas y bajas temperaturas, además de choque de temperatura (tanto de explotación como en el almacenamiento); lluvia (incluyendo soplado viento y lluvia helada); humedad, hongos; arena y polvo de la exposición; atmósfera explosiva; fuga; aceleración; golpes y choques de transporte; vibración disparos; y la vibración aleatoria.

Norma de Consideraciones de Ingeniería Ambiental y pruebas de laboratorio. MIL-STD-810G. Eeuu: DOD, 2008.

http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0800-0899/MIL-STD-810G_12306/

- c. **Código de Las pruebas ambientales Parte 2-10: Pruebas de prueba J y orientación: El crecimiento de moho BS EN 60068-2-10 (Code of Environmental testing Part 2-10: Tests Test J and guidance: Mould growth - BS EN 60068-2-10)**

Las pruebas ambientales, pruebas de hongos de resistencia, pruebas microbiológicas de resistencia, análisis biológicos y pruebas, Hongo pruebas, riesgos biológicos, seguridad en el trabajo, medidas de seguridad, equipos de prueba, la preparación de muestras, componentes eléctricos, equipos electrónicos y componentes, duración de la prueba, fungicidas, Descontaminación, Equipo eléctrico.

Código de Las pruebas ambientales Parte 2-10: Pruebas de prueba J y orientación: El crecimiento de moho. BS EN 60068-2-10. Inglaterra: BSI, 2005.

http://www.techstreet.com/standards/bs-en-60068-2-10-2005?product_id=1249375

- d. **Código de Ensayos ambientales - Parte 1: Generalidades y orientación IEC 60068-1:2013 (Code of Environmental testing - Part 1: General and guidance - IEC 60068-1:2013)**

Incluye una serie de métodos para las pruebas ambientales junto con

sus niveles de gravedad apropiadas, y prescribe varias condiciones atmosféricas para mediciones y pruebas diseñadas para evaluar la capacidad de las muestras para llevar a cabo bajo las condiciones previstas de transporte, almacenamiento y todos los aspectos de funcionamiento utilizar. Aunque destinado principalmente para productos electrotécnicos, este estándar no se limita a ellos y puede ser usado en otros campos donde se desee.

Código de Ensayos ambientales - Parte 1: Generalidades y orientación. IEC 60068-1. Suiza: IEC, 2013.

<https://webstore.iec.ch/publication/501>

e. Norma de Método de ensayo de componentes electrónicos y eléctricos estándar MIL-STD-202G (Norm of test method standard Electronic and Electrical component parts - MIL-STD-202G)

La norma MIL-STD-202 estándar "establece métodos uniformes para ensayos de componentes electrónicos y eléctricos. A los efectos de esta norma, incluye elementos tales como condensadores, resistencias, interruptores, relés, transformadores, inductores, y otros. Esta norma está destinada a aplicarse únicamente a los componentes pequeños, con un peso de hasta 300 libras o tener un valor eficaz de ensayo cuadrada una tensión de hasta 50.000 voltios.

Norma de Método de ensayo de componentes electrónicos y eléctricos estándar. MIL-STD-202G. Eeuu: DOD, 2002.

http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0100-0299/MIL-STD-202G_2397/

f. Norma de ensayos ambientales. parte 3-6: Documentación de acompañamiento y guía: Confirmación de las prestaciones de las cámaras de ensayo de temperatura y humedad UNE-EN 60068-3-6:2012 (Norm of environmental testing. part 3-6: Supporting documentation and guidance Confirmation of the performance

oftemperature/humidity chambers- UNE-EN 60068-3-6:2002)

Esta parte de la Norma CEI 60068 proporciona un método uniforme y reproducible para confirmar que las cámaras de ensayos de temperatura y humedad, sin carga, se ajustan a los requisitos especificados en los procedimientos de ensayos climáticos contenido en las Normas CEI 60068-2 y está destinada a ayudar a los usuarios cuando realicen controles regulares de las prestaciones de su cámara.

Norma de Confirmación de las prestaciones de las cámaras de ensayo de temperatura y humedad. UNE-EN 60068-3-6. España: AENOR, 2002
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0028121#.WU0ab2iGPIU>

g. Norma de Climas y su aplicación técnica Atmósferas normales DIN 50014 (Norm of Climates and their technical application Standard atmospheres- DIN 50014)

Esta norma nos explica las atmósferas normales son atmósferas constantes cuyos valores específicos, temperatura y humedad del aire, así como los rangos límite de la presión atmosférica y la velocidad del aire, se especifican, el aire no tiene ningún componente adicional significativo y el ambiente no está sujeta a ninguna influencia de radiación adicionales significativos.

Norma de Climas y su aplicación técnica Atmósferas normales. DIN 50014. Alemania: DIN, 1985.
<http://standards.globalspec.com/std/1322838/din-50014>

h. Norma de ensayos ambientales. Parte 2: Ensayos: ensayos combinados de temperatura o temperatura y humedad con baja presión de aire UNE-EN 60068-2-39:2016 (Norm of environmental testing. part 2: Combined temperature or temperature and humidity tests with low air pressure - UNE-EN 60068-2-39:2016)

Esta parte de la Norma proporciona una descripción de los métodos de ensayo de equipos y componentes bajo temperatura o temperatura y

humedad combinadas con baja presión de aire. Investiga hasta qué punto los equipos o componentes se ven afectados por la temperatura o la temperatura y la humedad combinadas con baja presión de aire. Detecta variaciones físicas eléctricas, mecánicas y de otros tipos.

Norma de pruebas ambientales, ensayos y guía: ensayos combinados de temperatura o temperatura y humedad con baja presión de aire. UNE-EN 60068-2-39. España: AENOR, 2016.

<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0056557#.WU0a4GiGPIU>

1.3.3.2. **APLICACIONES DE LA CAMARA DE MICROCLIMAS.**

- Acondicionamiento de plásticos. Humidificación y pruebas.
- Construcción. Curado de probetas de hormigón y mortero.
- Ensayos de estabilidad de productos farmacéuticos según ICH.
- Automatismos eléctricos y electrónicos.
- Tecnología militar. Pruebas e investigación.
- Crecimiento de plantas y/o bacterias e investigación vegetal.
- Recubrimientos.
- Cosmética y alimentación.
- Cartonajes y papeles. Madera y corcho. Embalajes.
- Vidrio. Acristalamientos.
- Química industrial. Ingeniería química.

CCI-Calidad [sitio web]. 1967. España: Cámaras de ensayo. Cámara de microclimas. Aplicaciones [consulta 25 octubre 2016]. Disponible en: http://www.cci-calidad.com/Pdf/camaras_climaticas_termicas.pdf

1.3.3.3. **DESCRIPCION DE LAS PARTES QUE CONSTITUYEN EL EQUIPO**

A continuación, se describen las partes y el equipo que constituye la

cámara microclimas:

- Sistema de la estructura. Consiste de una tina de acero inoxidable ASTM-304, el cual contiene a los componentes del equipo. Está recubierto con un material aislante de fibra de vidrio (poliestireno), para evitar pérdidas de calor a los alrededores.
- Gas refrigerante. Formado por el refrigerante Freón R22 (Anexo No. 11).
- Sistema de Medición. Es un equipo utilizado para medir la temperatura del aire que está en contacto con las muestras a analizar, se compone de un termopar de tipo J y un instrumento indicador o de registro.
- Sistema de control. El controlador de temperatura recibe la señal del termopar para poder regular la temperatura deseada.
- Sistema de refrigeración/calentamiento (bomba de calor reversible):
 - Compresor. Equipo que reduce el volumen ocupado por el aire ejerciendo presión sobre él. Está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tales como gases y vapores.
 - Válvula de expansión (2). Es un dispositivo de expansión el cual es un componente clave en este sistema, que tiene la capacidad de generar la caída de presión necesaria entre el condensador y el evaporador en el sistema.
 - Unidad condensadora. Equipo para el compresor y completar el ciclo de trabajo de la bomba de calor reversible.

1.3.3.4. DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

Como se ha mencionado anteriormente una cámara microclimática es capaz de reproducir a voluntad y en condiciones estables, cualquier valor de temperatura y humedad relativa compatible con el diagrama psicrométrico trabajando en condiciones atmosféricas adversas.

El equipo diseñado en este trabajo, consiste de un compresor, el cual permite la inserción del refrigerante a través del equipo y su unidad condensadora que posee filtros para evitar impurezas, y 2 válvulas de

expansión para revertir el proceso de enfriamiento en calentamiento.

Para ello una estructura de acero inoxidable, recubierto de un material refractario para disminuir las pérdidas de calor a los alrededores.

1.3.3.5. **MATLAB**

Sirve para analizar y diseñar los sistemas y productos que transforman nuestro mundo. MATLAB está presente en sistemas de seguridad activa de automóviles, naves espaciales interplanetarias, dispositivos de monitorización de la salud, redes eléctricas inteligentes y redes móviles LTE. Se utiliza para aprendizaje automático, procesamiento de señales e imágenes, diseño de control, robótica y muchos otros campos.

Mathworks [sitio web]. 1994. EEUU: Soporte. Documentación. Matlab. [Consulta 28 de octubre 2016]. Disponible en: <https://es.mathworks.com/products/matlab.html>

1.3.3.6. **GUIDE**

Las GUI (también conocidas como interfaces gráficas de usuario o interfaces de usuario) permiten un control sencillo (con uso de ratón) de las aplicaciones de software, lo cual elimina la necesidad de aprender un lenguaje y escribir comandos a fin de ejecutar una aplicación.

Las apps de MATLAB son programas autónomos de MATLAB con un frontal gráfico de usuario GUI que automatizan una tarea o un cálculo. Por lo general, la GUI incluye controles tales como menús, barras de herramientas, botones y controles deslizantes. Muchos productos de MATLAB, como Curve Fitting Toolbox, Signal Processing Toolbox y Control System Toolbox, incluyen apps con interfaces de usuario personalizadas. También es posible crear apps personalizadas propias, incluidas las interfaces de usuario correspondientes, para que otras personas las utilicen.

Mathworks [sitio web]. 1994. EEUU: Soporte. Documentación. GUIDE.

1.3.3.7. ANALISIS ECONOMICO

- **VALOR ACTUAL NETO**

Cuyo acrónimo es VAN, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \left(\frac{V_t}{(1+k)^t} \right) - I_0 \dots \dots \dots (1)$$

DONDE:

I_0 : *Inversión inicial (NS)*

V_t : *Reprecenta el flujo de caja de cada periodo (NS)*

k : *Tasa de interés (%)*

t : *Número de periodos (Años)*

- **TASA INTERNA DE RETORNO.**

En términos simples, diversos autores la conceptualizan como la tasa de descuento con la que el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad; así, se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \left(\frac{V_t}{(1 + TIR)^t} \right) - I_0 = 0 \dots \dots \dots (2)$$

DONDE:

I_0 : *Inversión inicial (NS)*

V_t : *Reprecenta el flujo de caja de cada periodo (NS)*

t : *Número de periodos (Años)*

- **RETORNO DE INVERSIÓN.**

El retorno de la inversión (ROI) es una razón financiera que compara el beneficio o utilidad obtenida en relación a la inversión realizada.

$$ROI = \frac{\sum \text{Inversión (NS)}}{\text{Beneficio (NS/Año)}} \dots \dots \dots (3)$$

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cuál será la configuración geométrica y las características técnicas de una cámara de microclimas de 120 litros, que opere entre 0° a +30°C, y una humedad de 30 a 80% RH cuyo retorno de inversión sea de 0.5 años?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

1.5.1 Justificación técnica:

La máquina de microclimas no ha sido aún diseñada o fabricada en el país, por tanto, este proyecto representa el primer equipo insertado en el sistema de la acuicultura peruana. En el futuro este trabajo servirá para observar el comportamiento de bacterias, investigación de materiales, el control y estabilidad de sus productos a distintas temperaturas.

1.5.2 Justificación ambiental:

La máquina de microclimas no consume mucha energía eléctrica y no depende de la temperatura del laboratorio, por ende, hacen que el

laboratorio mantenga su ambiente óptimo, y como no hay ninguna fuente externa de energía no emite gases nocivos por lo tanto es favorable para el medio ambiente.

1.5.3 Justificación económica:

La máquina de microclimas al poder efectuar el trabajo de dos máquinas, tiene un menor consumo energético comparado con ello, a lo que se añade una menor inversión en equipos de climatización, y los costes sanitarios inducidos por la contaminación del aire y el aumento de las temperaturas.

1.6. HIPÓTESIS.

No se aplica a este tipo de investigación.

1.7. OBJETIVOS:

1.7.3. OBJETIVO GENERAL.

Diseñar una cámara de microclimas en el laboratorio de la empresa VITAPRO – TRUJILLO SAC para reducir costos de implementación y mejorar el control de calidad en la institución.

1.7.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- i. Determinar las necesidades de la empresa mediante entrevistas
- ii. Definir las especificaciones de la maquina en términos ingenieriles.
- iii. Obtener códigos, normas, estándares o recomendaciones de diseño internacional y nacional.
- iv. Generar 6 conceptos de diseño capaces de resolver el problema.
- v. Filtrar el concepto óptimo mediante una matriz de selección por pesos ponderados.

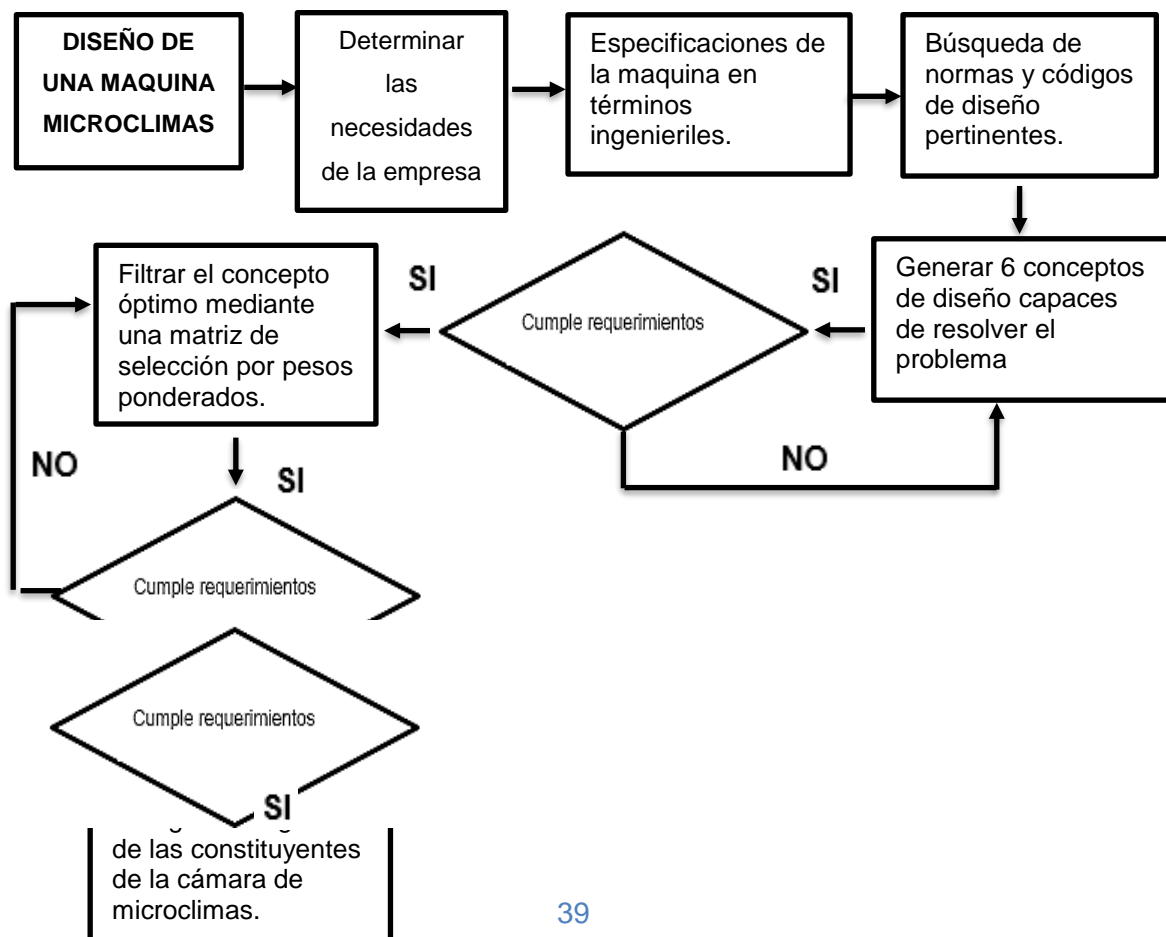
- vi. Realizar los cálculos de diseño de las partes o elementos pertinentes de la cámara de microclimas.
- vii. Realizar la simulación de la cámara de microclimas en el programa GUI (Interfaz gráfica de usuario) de Matlab®.
- viii. Seleccionar los equipos estándar, material para la estructura y accesorios a utilizar en la cámara.
- ix. Realizar un análisis económico del proyecto (VAN, TIR y ROI)
- x. Elaborar los planos finales del proyecto: Plano general, Planos de Fabricación y Planos de detalle.

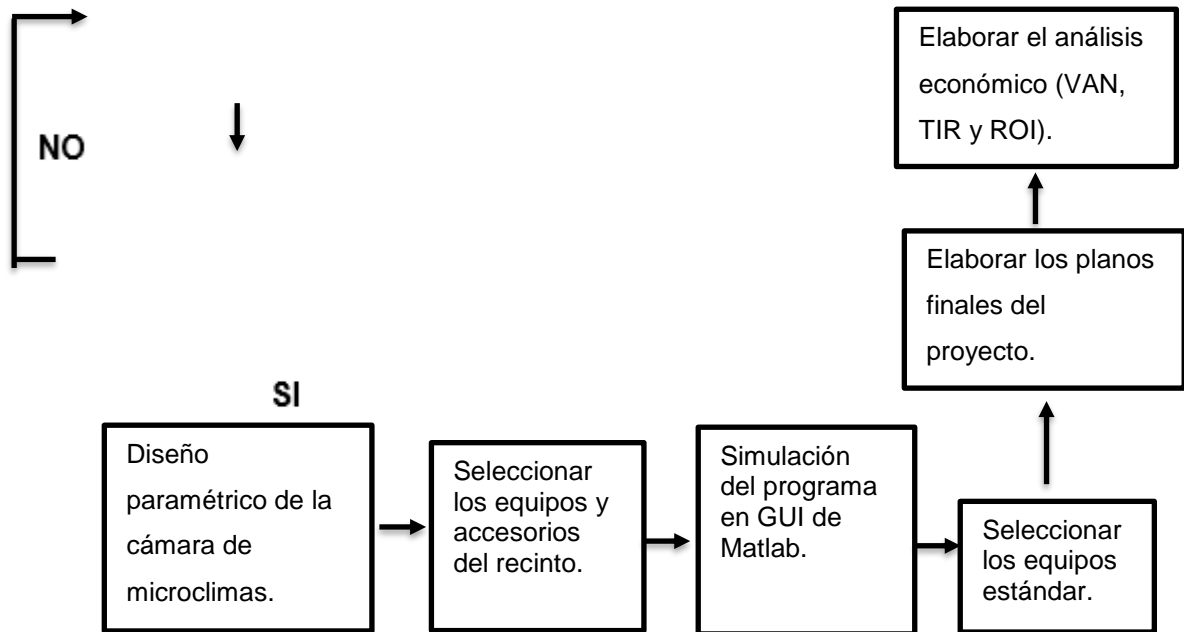
CAPÍTULO II: METODO

CAPITULO NO. 2: METODO

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

En el siguiente diagrama de flujo se explica a detalle cómo se realizará la investigación del proyecto en el diseño de una máquina de microclimas.





2.2. VARIABLES

Puesto que la presente tesis muestra un diseño formal, entonces debe tener una metodología de diseño acorde. Por lo tanto, se usará un esquema de variables adaptado de libros de diseño aceptada mundialmente (Eggert, 2010; Dieter y Schmidt, 2000). En dichos libros, se propone 4 tipos de variable: Variables de Diseño, Variables de Solución, Parámetros de Definición de Problema y Variables intervinientes.

En la sección “1.3.3.3 Partes que constituyen el equipo” se mencionó que principales sistemas de este son: Sistema de estructura, Sistema de medición, Sistema control, Sistema de refrigeración/calefacción, Sistema de Software. En nuestro caso, el compresor (sistema de refrigeración/calefacción) será sometido al diseño paramétrico debido a que una vez finalizado este los demás sistemas pueden ser simplemente seleccionados según la capacidad de la maquina (120L).

2.2.1. Variables de diseño.

Temperatura de la cámara [°C]

2.2.2. Variables de solución.

Humedad relativa HR [%]

Potencia del sistema de enfriamiento [kW]

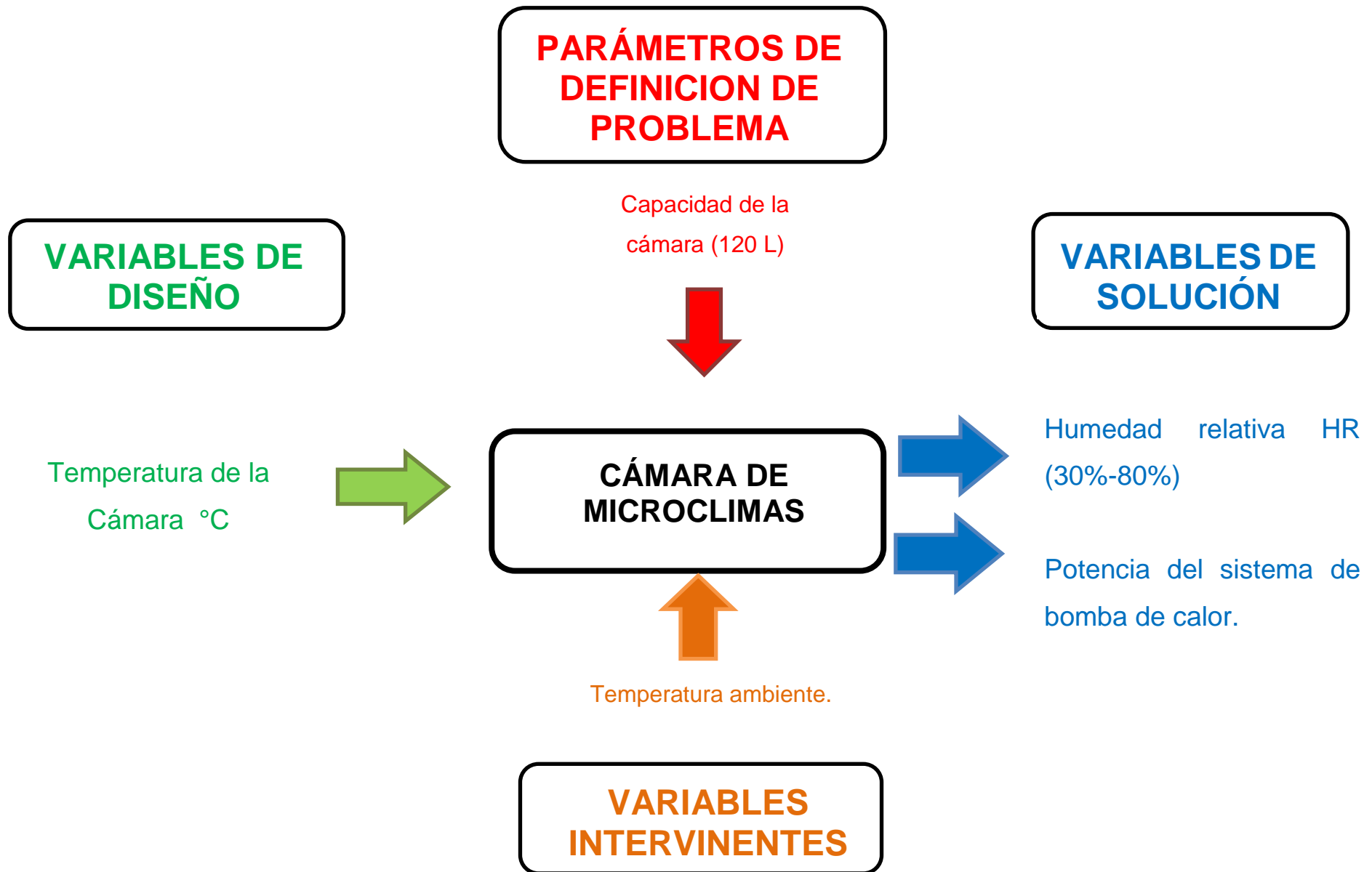
2.2.3. Parámetros de definición de problema

Capacidad de la cámara de microclimas [L]

2.2.4. Variables intervinientes.

Temperatura ambiente.

DIAGRAMA DE CAJA NEGRA



2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En la siguiente tabla se observa las variables de diseño, parámetros de definición, variables de solución y variables intervinientes, con su respectiva definición conceptual, operacional y su unidad de medida.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Temperatura de la cámara	Es la estabilidad de la temperatura suficiente para realizar sus funciones, evitando alteraciones bruscas en el cambio de su temperatura.	Con la temperatura se calculará y determinará los aspectos necesarios.	°C [0 – 30]	Intervalo
Capacidad de la cámara	Las dimensiones y el material a usar en la cámara.	Se determina de acuerdo a las dimensiones int.	L [120]	Razón
Temperatura ambiente	Es la que está comprendida entre las temperaturas que la gente prefiere para lugares cerrados	Es una característica que no se puede controlar.	°C [15-30]	Intervalo
Humedad relativa	Es la cantidad de humedad en el aire, comparado con la que el aire puede "mantener" a esa temperatura.	Se obtiene la densidad de vapor saturado y densidad de vapor actual.	HR % [30-80]	Intervalo
Sistema bomba de calor reversible	El funcionamiento de una bomba de calor es el mismo que el de cualquier aparato de refrigeración, salvo que el ciclo de funcionamiento es reversible, eso quiere decir que al invertir el flujo de refrigerante, pasa de refrigerar a calentar.	Refrigerante R22 para llegar a bajas temperaturas.	kW [1.5-2]	Intervalo

Tabla 1: Operacionalización de variables

Fuente: Propia

2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.

No se aplica a este tipo de investigación.

2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.

En la siguiente tabla se muestra la técnica y su instrumento a utilizar para la recolección de datos para el diseño de la máquina de microclimas.

TÉCNICA	INSTRUMENTO	VALIDEZ
Entrevista	Ficha de entrevista	El especialista

Tabla 2: Técnica e instrumento de recolección de datos

Fuente: Propia

2.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.

La recopilación de la información se llevará a cabo mediante 6 entrevistas, donde identificaremos la necesidad del cliente y se formulará la lista de requerimientos la cual expresará el problema en términos ingenieriles.

Después de desarrollar una lista de criterio de evaluación mediante una matriz de selección, seleccionaremos una alternativa optima de diseño. Mediante MATLAB se realizará el diseño paramétrico que necesite la máquina para proceder a calcular manualmente y por último diseñar en GUIDE. Seleccionaremos el compresor, válvula de expansión, la unidad condensadora y demás equipos estándar.

2.7. ASPECTOS ÉTICOS.

En el presente trabajo de investigación se realizó teniendo en cuenta las recomendaciones éticas propuestas para este tipo de estudio, en la medida que la investigación realizada es un trabajo inédito del autor, y en caso exista aportes o datos consignados, están debidamente referenciados de acuerdo a los autores que se ha consultado.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

CAPITULO NO. 3: RESULTADOS

3.1. NECESIDADES DE LA EMPRESA

Se realizó las entrevistas en el área del laboratorio central de la empresa por el cual se logró conseguir los siguientes datos de la máquina microclimas tenga una capacidad de 120 L (litros), una temperatura entre 0 a +30°C, con un control de tiempo con respecto a la temperatura y una humedad relativa HR entre 30-80%. Un tamaño con dimensiones externas (altura x ancho x largo) 700 x 600 x 500 mm y dimensiones internas (altura x ancho x largo) 600*500*400 mm. En la tabla No. 4 vemos el resumen de las entrevistas con las principales preguntas que refiere con la cámara de microclimas.

3.2. NECESIDADES EN TÉRMINOS INGENIERILES

En la tabla No. 3 se presenta los requerimientos en términos ingenieriles de la máquina de microclimas:

Sub-función	Característica ingenieril	Unidades	Limites
Transferencia de calor	Velocidad térmica	°C/min	Promedio 1°C/min
	Tiempo de transferencia	Min	<90 min
Potencia en kW	Potencia del sistema de enfriamiento	kW	2 kW
Capacidad de la maquina	Capacidad	L	80L< <4000 L
Estabilidad de temperatura	Temperatura	°C	+0.1°C..+- 0.5°C
Dimensionamiento	Largo*ancho*altura	m3	<1 m3

Tabla 3: Términos ingenieriles

Fuente: Propia

ENTREVISTADO	ASPECTO DEL LABORATORIO	ASPECTO DEL PROCESADO DEL PRODUCTO		ASPECTO DE DISEÑO DE LA MAQUINA			ASPECTO ECONOMICO	
	2. ¿Cuán importante es el uso de una cámara de microclimas en un laboratorio?	4. ¿Cuál es el rango de temperatura que debería tener esta cámara para cumplir su función en el laboratorio?	5. ¿Cuál es el tiempo de operación que debería tener esta cámara en el laboratorio?	6. ¿Estaría interesado en poseer una máquina de microclimas? ¿qué características quiere que tenga la máquina? (Ejemplo: Semi-automática, automática)	7. ¿Qué características debería tener la máquina microclimas para considerarse eficiente? (Ejemplo: estabilidad de temperatura, velocidad térmica, etc.)	8. ¿Qué capacidad de procesamiento desearía tener la máquina microclimas?	12. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por esta máquina microclimas?	13. ¿En cuánto tiempo piensa que podría recuperar la inversión de comprar una máquina microclimas?
Yonel Aldave Ramirez	Por la parte microbiológica y de almacenamiento.	Un rango entre 0 a 30°C con una humedad relativa entre el 30-80%	Entre 15-16 horas.	Sí, que sea automática optimiza el trabajo.	Estabilidad: 0.3°C Velocidad térmica: 1°C/min Tiempo máxima de transferencia 90 min	Que tenga 70cmx60cmx50cm de medidas y una capacidad de 120 L	Se pagaría unos 7000 a 8000 \$	En aproximadamente medio año.
Miguel Alfaro Paredes	Almacenamiento	0 a 25°C	-----	Más fácil el trabajo	Estabilidad: 0.4°C Velocidad térmica: 30°C en 2 horas	Medidas de 70x50x50cm	Un aproximado de 1000\$	-----
Rogger Gil Lopez	Almacenamiento	-5 a 25°C	-----	Un trabajo más organizado	Estabilidad: 0.4°C Velocidad térmica: 30°C en 2.5 horas	Medidas de 60x50x50cm	Un aproximado de 9000\$	-----
Marco Fiesta	Poder tener un control de temperatura variado para el producto.	Rango de temperatura entre 0 a 30°C	Entre 12-16 horas.	Sí, debería ser automática para una mayor eficiencia	Estabilidad: 0.2°C Velocidad térmica: 1.2 – 1.3°C/min	Que tenga 70x60x50cm de medidas y una capacidad cercana a 120 L	Unos 8000\$	En aproximadamente medio año.
Winger Herrera	Microbiología a distintas temperaturas.	Rango de temperatura entre 0 a 40°C	Entre 12-16 horas.	Claro, una máquina automática permite un menor tiempo de preparación del material y/o del trabajador.	Estabilidad: 0.3°C Velocidad térmica: 1.2 – 1-3°C/min	Que tenga 70x60x50cm de medidas y una capacidad cercana a 120 L	Unos 7000\$	En aproximadamente medio año.
Henry Abanto	Control de calidad.	Rango de temperatura entre 0 a 30°C	Entre 12-16 horas.	Una máquina automática nos brinda una mejor producción y/o control del producto.	Estabilidad: 0.2°C Velocidad térmica: 1.3°C/min	Que tenga 70x60x50cm de medidas y una capacidad cercana a 120 L	Unos 6000-7000\$	En aproximadamente medio año.

Tabla 4: Resumen de las entrevistas realizadas

Fuente: Propia

3.3. CÓDIGOS, NORMAS, ESTÁNDARES O RECOMENDACIONES DE DISEÑO INTERNACIONAL Y NACIONAL

- a. **Norma ASTM 304: Especificación estándar para barras de acero de carbono y de aleación sujetas a requisitos de endurecimiento final (Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Bars Subject to End-Quench Hardenability Requirements) (ANEXO No. 9)**

Esta norma nos proporciona las especificaciones técnicas del acero ASTM 304 sujetas a pruebas de ensayo, el cual se usará para el cuerpo de la máquina de microclimas.

- b. **Norma de ensayos ambientales. Parte 2: Ensayos: ensayos combinados de temperatura o temperatura y humedad con baja presión de aire UNE-EN 60068-2-39:2016 (Norm of environmental testing. part 2: Combined temperature or temperature and humidity tests with low air pressure - UNE-EN 60068-2-39:2016) (ANEXO No. 8)**

Esta parte de la Norma proporciona una descripción de los métodos de ensayo de equipos y componentes bajo temperatura o temperatura y humedad combinadas con baja presión de aire. Investiga hasta qué punto los equipos o componentes se ven afectados por la temperatura o la temperatura y la humedad combinadas con baja presión de aire. Detecta variaciones físicas eléctricas, mecánicas y de otros tipos.

- c. **Norma de ensayos ambientales. Parte 3-6: Documentación de acompañamiento y guía: Confirmación de las prestaciones de las cámaras de ensayo de temperatura y humedad UNE-EN 60068-3-6:2012 (Norm of environmental testing. part 3-6: Supporting documentation and guidance Confirmation of the performance of temperature/humidity chambers- UNE-EN 60068-2-39:2016) (ANEXO No. 6)**

Esta parte de la Norma CEI 60068 proporciona un método uniforme y reproducible para confirmar que las cámaras de ensayos de temperatura y humedad, sin carga, se ajustan a los requisitos especificados en los procedimientos de ensayos climáticos contenido en las Normas CEI 60068-

2 y está destinada a ayudar a los usuarios cuando realicen controles regulares de las prestaciones de su cámara.

d. Norma de Consideraciones de Ingeniería Ambiental y pruebas de laboratorio MIL-STD-810G (Code of Environmental Engineering Considerations and Laboratory Test - MIL-STD - 810G) (ANEXO No. 2)

Se dirige a una amplia gama de condiciones ambientales que incluyen: baja presión para las pruebas de altitud; la exposición a altas y bajas temperaturas, además de choque de temperatura (tanto de explotación como en el almacenamiento); lluvia (incluyendo soplado viento y lluvia helada); humedad, hongos; arena y polvo de la exposición; aceleración; golpes y choques de transporte; vibración disparos; y la vibración aleatoria. La norma describe los procesos de gestión y de ingeniería ambiental que pueden ser de enorme valor para generar confianza en la bondad del medio ambiente y la durabilidad general de un diseño del sistema. La norma contiene la planificación de programas de adquisición militar y la dirección de ingeniería para considerar las influencias que las tensiones ambientales tienen en el equipo a lo largo de todas las fases de su vida útil.

e. Norma de Método de ensayo de componentes electrónicos y eléctricos estándar MIL-STD-202G (Norm of test method standard Electronic and Electrical component parts - MIL-STD-202G) (ANEXO No. 5)

La norma MIL-STD-202 estándar "establece métodos uniformes para ensayos de componentes electrónicos y eléctricos, incluyendo las pruebas ambientales básicas para determinar la resistencia a los efectos nocivos de los elementos y condiciones naturales que rodean las operaciones militares, y las pruebas físicas y eléctricas. A los efectos de esta norma, el término "partes componentes" incluye elementos tales como condensadores, resistencias, interruptores, relés, transformadores, inductores, y otros. Esta norma está destinada a aplicarse únicamente a los componentes pequeños, con un peso de hasta 300 libras o tener un valor eficaz de ensayo cuadrada una tensión de hasta 50.000 voltios a menos que se especifique lo contrario.

3.4. CONCEPTOS DE DISEÑO

Luego de revisar la bibliografía pertinente se escogieron 6 conceptos de diseño con potencialidad para resolver el problema. Mediante los criterios de seguridad, funcionalidad, mantenimiento, capacidad, confiabilidad y costos de fabricación.

a. ALTERNATIVA 1: Horno de secado.

Es un equipo que se utiliza para secar y esterilizar recipientes de vidrio y metal en el laboratorio, operan desde la temperatura ambiente a 350°C, su desventaja es que no puede congelar o refrigerar.

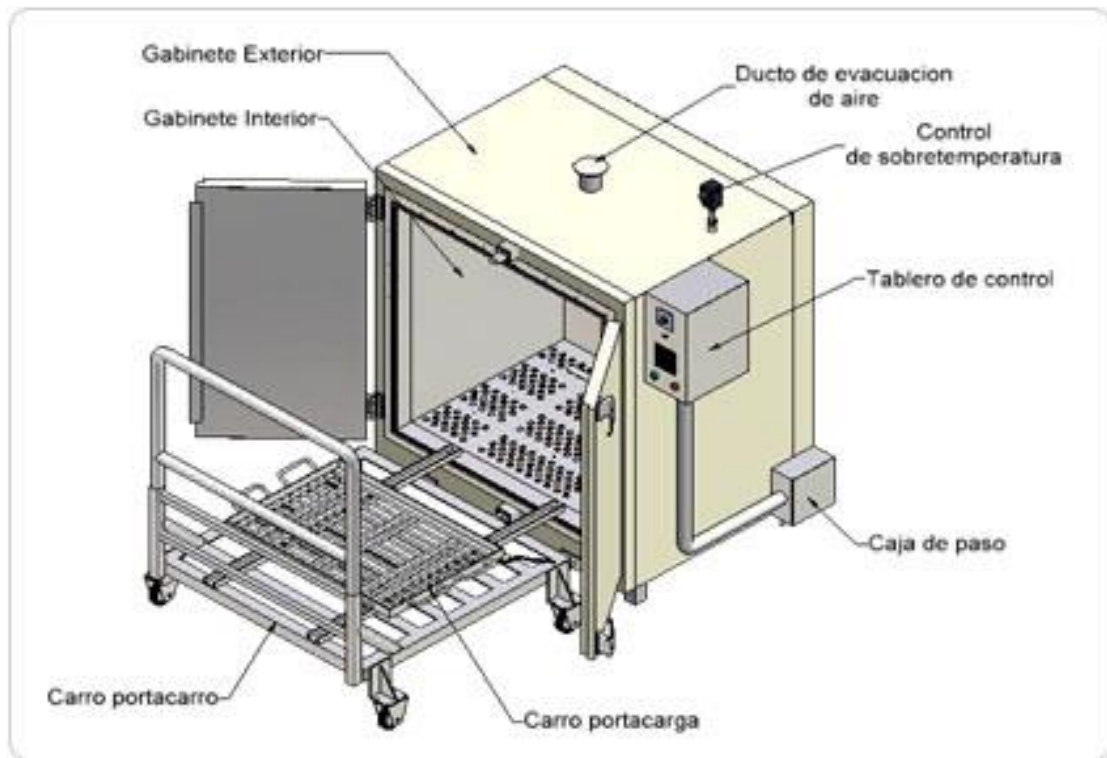


Figura 10: Horno de secado

Fuente: <http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/index.php>

b. ALTERNATIVA 2: Estufa o Incubadora

Es una cámara de temperatura controlada para cultivo de microorganismos. Se utiliza para facilitar el desarrollo de los microorganismos a una temperatura estándar (27-37°C), la desventaja es que como su mismo nombre lo dice es para incubar a ese rango de temperatura.



Figura 11: Estufa

Fuente: <http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/index.php>

c. ALTERNATIVA 3: Frigorífico o cámaras refrigeradas

Es un armario aislado térmicamente, con un compartimiento principal en el que se mantiene una temperatura de entre 2 y 6°C y también, frecuentemente, un compartimiento extra utilizado para congelación a -18°C. Se utilizan para conservar o congelar tanto materiales como microorganismos. Su desventaja se centra en no poder calentar ni superar la temperatura ambiente.



Figura 12: Frigorífico

Fuente: <http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/index.php>

d. ALTERNATIVA 4: Horno de Pasteur

Es un equipo que se utiliza para esterilizar material de vidrio, porcelana y también objetos metálicos, principalmente se emplea en entre 160-180°C durante un tiempo de 1.5 a 3 horas, su desventaja es que solo se centra en las temperaturas altas muy por encima de la temperatura ambiente.



Figura 13: Horno de Pasteur

Fuente: <http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/index.php>

e. ALTERNATIVA 5: Autoclave

Es un equipo usado para la esterilización mediante calor húmedo. Se realiza en autoclave durante 15 ó 20 min, según el volumen, a 115°C ó 121°C, según la naturaleza del material que se desee esterilizar, su desventaja es que solo opera a cierta temperatura determinada y muy por encima de la temperatura ambiente.



Figura 14: Autoclave

Fuente: <http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/index.php>

f. ALTERNATIVA 6: Cámara de microclimas

Es una máquina capaz de reproducir a voluntad y en condiciones estables, cualquier valor de temperatura y humedad relativa compatible con el diagrama psicrométrico. En nuestro caso de 0 a 30°C tanto como calentamiento y refrigeración.



Figura 15: Cámara microclimática

Fuente: <https://www.memmert.com/es/el-producto/camaras-climaticas>

3.5. CONCEPTO OPTIMO

Criterio	Peso (%)	CONCEPTOS PONTENCIALES DE DISEÑO											
		Horno de secado		Estufa		Frigorífico		Horno de Pasteur		Autoclave		Cámara de microclimas	
		Puntos	Peso	Puntos	Peso	Puntos	Peso	Puntos	Peso	Puntos	Peso	Puntos	Peso
Seguridad	15	5	0.75	6	0.9	6	0.9	4	0.6	4	0.6	6	0.9
Funcionalidad	20	5	1	6	1.2	5	1	3	0.6	2	0.4	8	1.6
Mantenimiento	10	5	0.5	6	0.6	7	0.7	5	0.5	4	0.4	6	0.6
Capacidad	10	6	0.6	7	0.7	6	0.6	4	0.4	3	0.3	7	0.7
Confiabilidad	15	6	0.9	8	1.2	7	1.1	6	0.9	6	0.9	8	1.2
Costos	30	5	1.5	7	2.1	7	2.1	3	0.9	2	0.6	7	2.1
Total		5.25		6.70		6.40		3.90		3.20		7.10	

Tabla 5: Matriz de selección

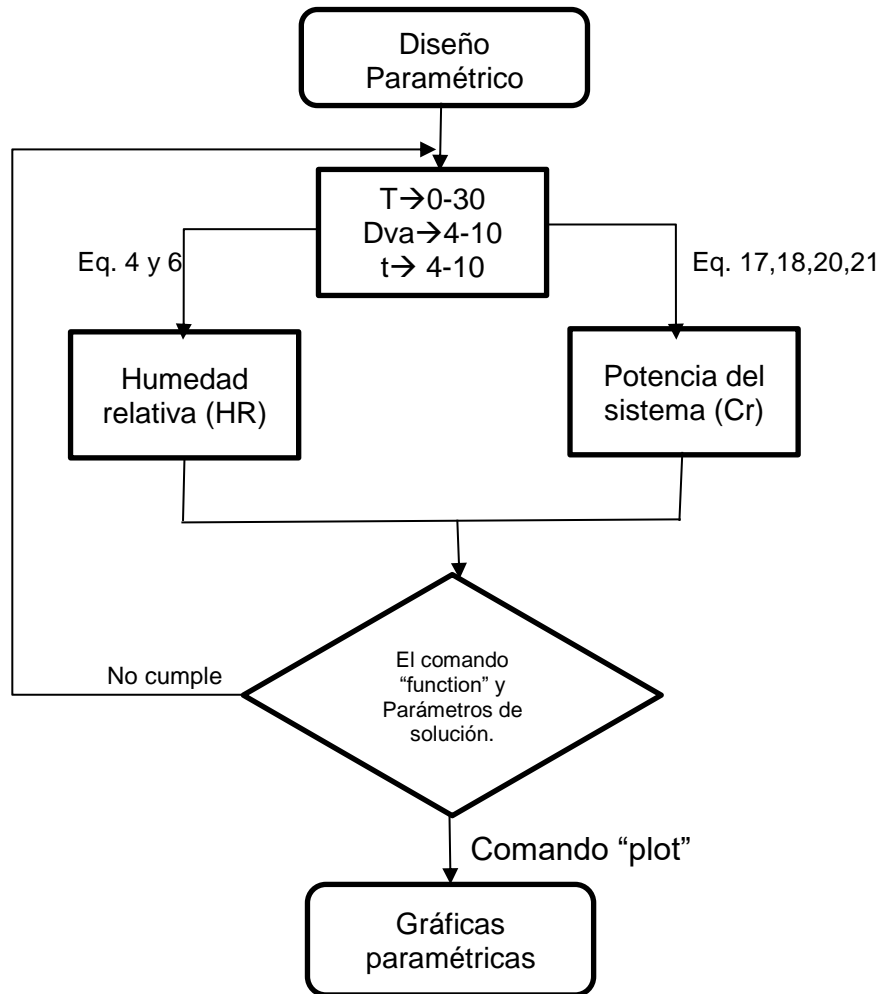
Fuente: Propia

3.6. INGENIERIA DE PROYECTO

a. Diseño paramétrico de la cámara climática

Se utilizó el programa Matlab® para ejecutar el diseño paramétrico usando como variable de diseño la temperatura del recinto, la cual depende de la densidad de vapor actual y tiempo de uso de la máquina, para las dos variables de solución de nuestro diagrama de caja negra que son la humedad relativa (HR) y la potencia del sistema (W). Este análisis permite observar el comportamiento de la humedad relativa y la potencia del sistema en función de la temperatura del recinto, para luego seleccionar los valores iniciales en el cálculo manual ulterior.

El algoritmo para obtener las gráficas paramétricas se planteó en primer lugar tener parámetros de definición de problema: dimensiones de la cámara, coeficiente global de transmisión de calor de pared de conservación. Luego las variables de diseño: temperatura (0-30°C), densidad de vapor actual (4-10 g/m³) y tiempo de uso de la máquina (4-10 horas), para poder tener las variables de solución. Por tanto, se usan operaciones matemáticas con las fórmulas a utilizar en el cálculo, teniendo como variable independiente la temperatura y parametrizando la variable de densidad de vapor actual y tiempo de uso de la máquina para obtener finalmente la representación de los procesos en forma visual (gráficos), con la condición que el algoritmo se puede alterar y/o modificar para las condiciones geométricas y a la vez se puede manipular los parámetros de diseño para una mayor gama de resultados.



En la figura No. 16 se observa que la densidad de vapor actual debe estar entre los 4 y 10 g/m³ para que logre un 30 a 80 % de HR. Por lo cual se observa que con 4 g/m³ se logrará obtener de 30 a 80 % de HR hasta los 15°C, por otro lado, hasta un máximo de 10 g/m³ a partir de los 15°C para obtener el mismo rango de HR; así cumpliendo las necesidades de la empresa. Cabe recalcar, que tan solo con usar los 4 g/m³ se logra conseguir el rango de humedad relativa esperado.

En la figura No. 17 se observa la potencia necesaria del sistema que fluctúa entre 500 y 4500 dependiendo de la temperatura y del tiempo de uso de la máquina, se observa que mientras aumenta la temperatura, la potencia necesaria disminuye, por punto mínimo de 4 horas se debería tener un mínimo de 500 W de potencia en la maquinaria sin exceder los 2000 W.

Con el diseño paramétrico se logra tener los valores del inicio del cálculo manual más exacto y coherente que se realizará, finalmente realizar la simulación de la máquina de microclimas en el programa de GUI.

En el anexo No. 20 y 21 se puede observar el código del diseño paramétrico y los parámetros de evaluación de la solución y las ecuaciones usadas para el diseño paramétrico en el cuál las ecuaciones principales son la de densidad de vapor saturado (D_v), Humedad relativa (HR), Potencia del sistema (Cr). Finalmente obteniendo los resultados para poder realizar los cálculos manuales y la simulación en GUI.

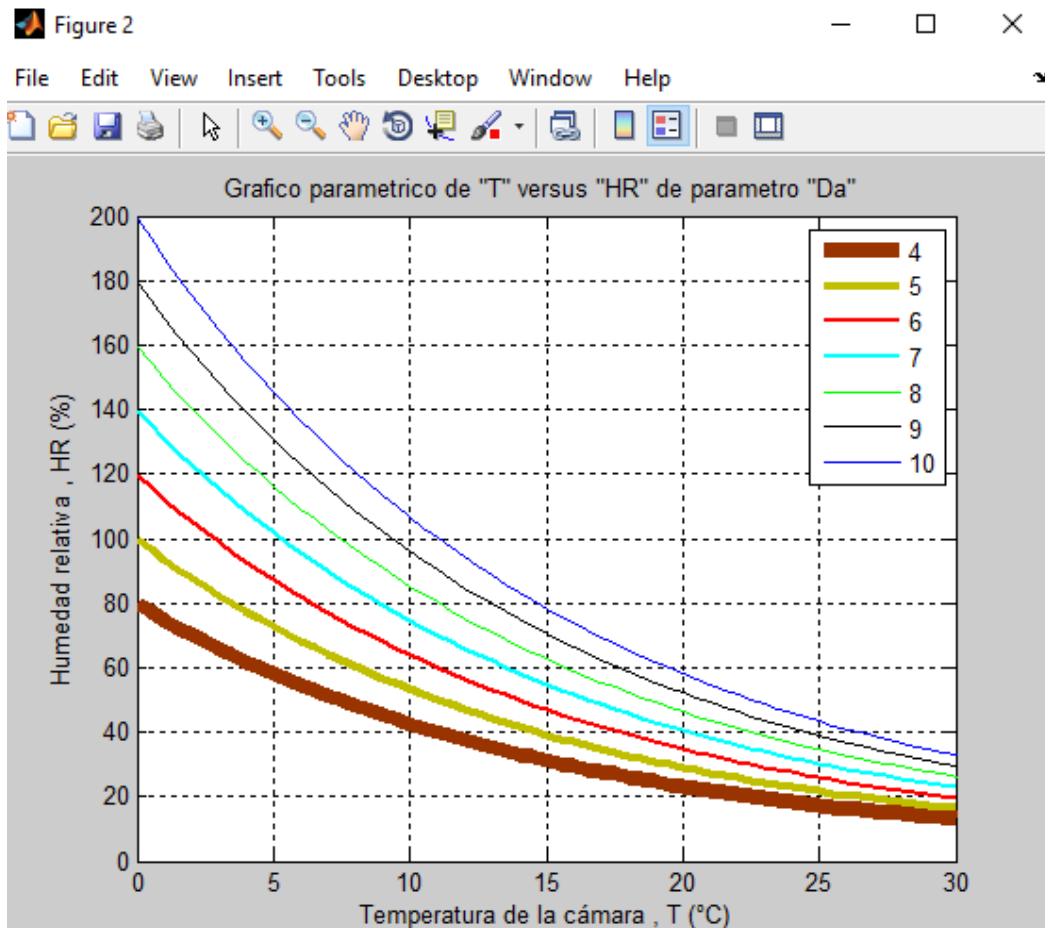


Figura 16: Grafica de diseño paramétrico de la humedad relativa

Fuente: Propia

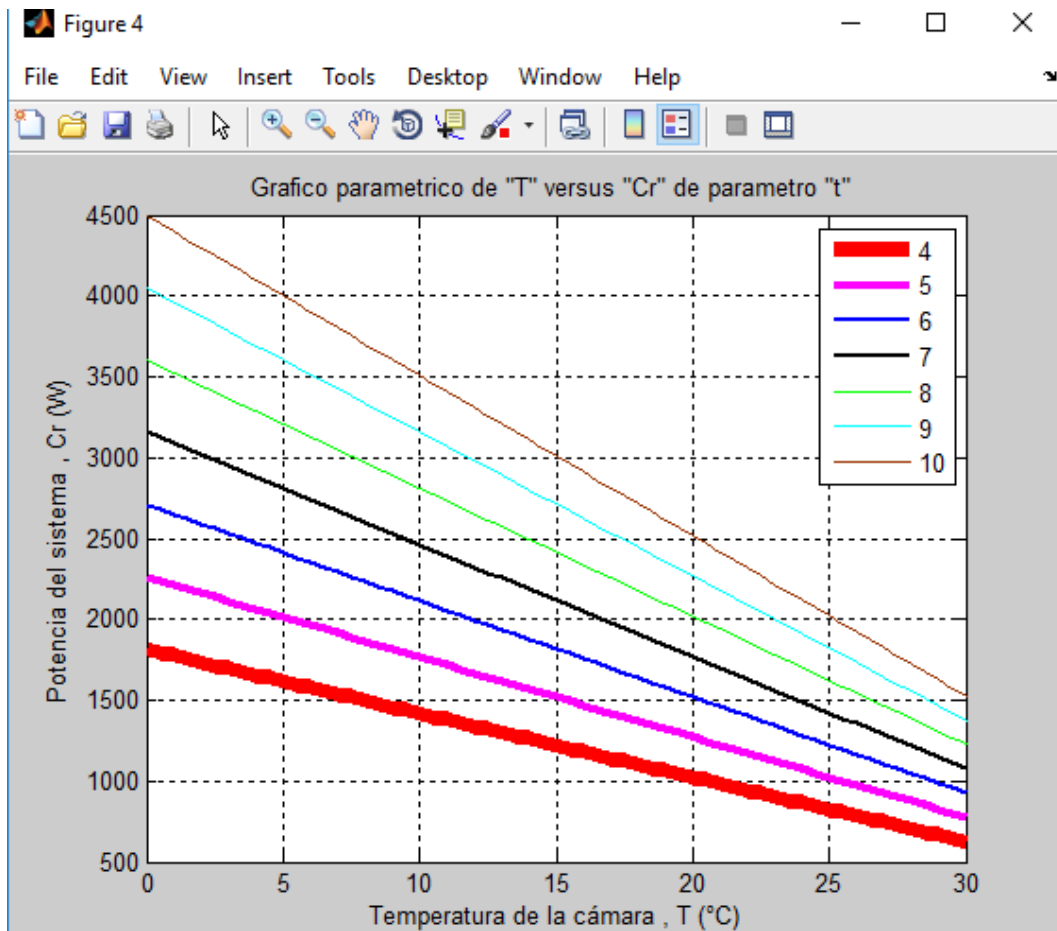


Figura 17: Grafica de diseño paramétrico de la potencia del sistema

Fuente: Propia

b. **Determinación de los datos de la temperatura como elementos para el diseño.**

Para el diseño de la cámara se considera la temperatura caliente a lograr sea 30°C y la temperatura fría a lograr sea 0°C en promedio. Se considera también la temperatura del aire ambiente de 25°C.

Temperatura promedio del medio ambiente.	T _{amb} = 20°C = 68°F
Temperatura promedio máxima.	T ₂ = 30°C = 86°F
Temperatura promedio mínima.	T ₁ = 0°C = 32°F

Tabla 6: Datos de la temperatura

Fuente: Propia

c. **Determinación de la humedad relativa.**

La cantidad de vapor de agua contenida en el aire, en cualquier momento determinado, normalmente es menor que el necesario para saturar el aire. La humedad relativa es el porcentaje de la humedad de saturación, que se calcula normalmente en relación con la densidad de vapor de saturación.

$$HR = \frac{\text{densidad actual del vapor}}{\text{densidad del vapor saturado}} \times 100\% \dots (4)$$

Se puede lograr obtener la densidad del vapor saturado respecto a la temperatura. El modelo matemático es:

$$V_D = 6.335 + 0.6718T_c - 2.0887 \times 10^{-2} \times T_c^2 + 7.3095 \times 10^{-4} \times T_c^3 \dots (5)$$

Si para el ajuste se usan solamente los valores hasta 40°C que es nuestro caso, se obtiene un ajuste más preciso de los datos en la región de temperaturas donde más interesa la humedad relativa. El modelo matemático es el siguiente:

$$V_D = 5.018 + 0.32321T_c + 8.1847 \times 10^{-3} x T_c^2 + 3.1243 \times 10^{-4} x T_c^3 \dots (6)$$

Nos resulta una gráfica:

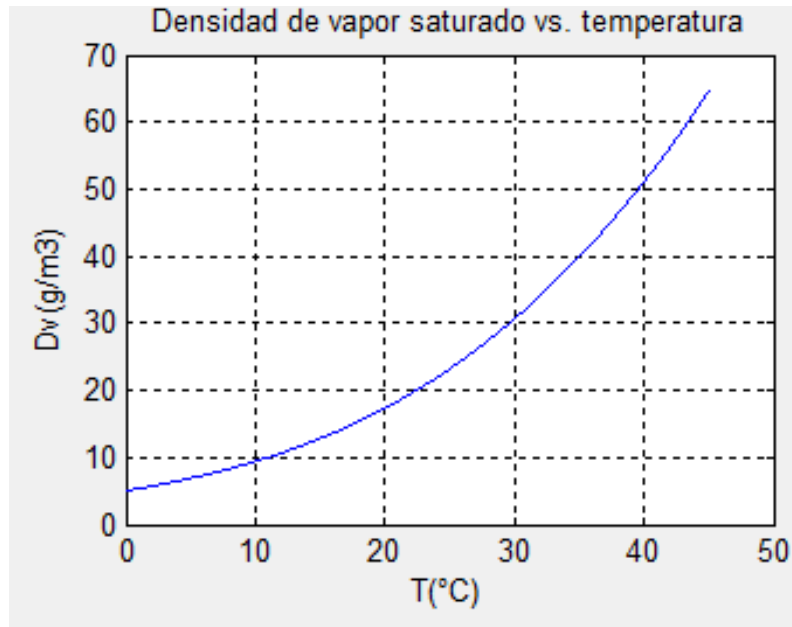


Figura 18: Gráfica de vapor saturado vs. temperatura

Fuente: Propia

También existe la temperatura de rocío. Entonces si se enfría gradualmente el aire mientras mantenemos constante el contenido de humedad, la humedad relativa se elevará hasta alcanzar el 100% (Ideal). Esta temperatura a la cual el contenido de humedad en el aire saturará el aire, se llama punto de rocío.

$$Tr = \sqrt[8]{\frac{HR}{100}} x (110 + T) - 110 \dots (7)$$

Para la temperatura 0-30°C y valores menores a la densidad de vapor saturado, por el simple motivo que no puede existir una máquina con 100% de HR, se logra obtener dependiendo de la densidad de vapor actual, la humedad que se encuentre se encontrará valores entre 30-80% de HR.

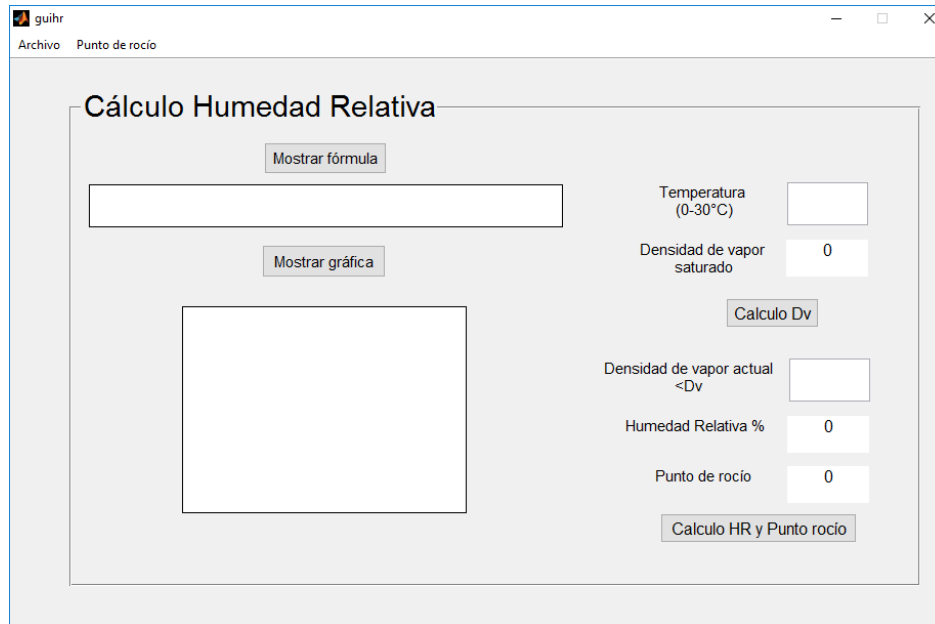


Figura 19: Interfaz inicial del cálculo de humedad relativa.

Fuente: Propia

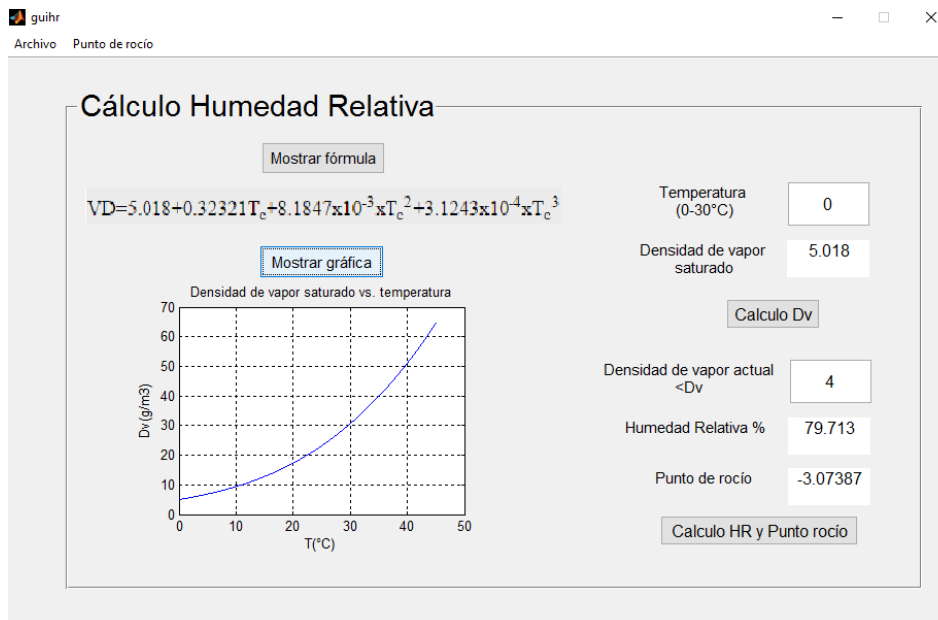


Figura 20: Interfaz HR iniciada 1

SET: 0°C con densidad de vapor actual de: 4 g/m3

Dv=5.02; HR=79.68%, PR=-3.1°C

Fuente: Propia

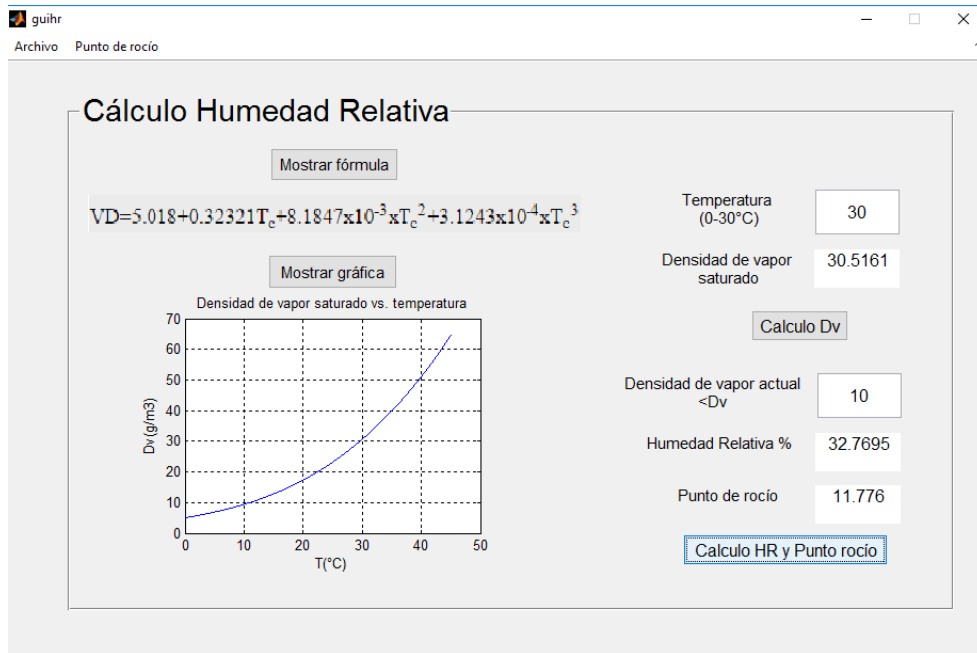


Figura 21: Interfaz HR iniciada 2

SET: 30°C con densidad de vapor actual de: 10 g/m³

Dv=30.5; HR=32.79%, PR=11.8°C

Fuente: Propia

Por lo tanto, se determina que la humedad relativa aumenta si la temperatura disminuye, en este caso con los datos de vapor actual varía desde 80% hasta 30% de HR.

d. Determinación de la velocidad térmica.

Si $T(t)$ es la temperatura de un objeto en un instante de tiempo t , T_i es la temperatura a obtener y β la constante de proporcionalidad entonces la ecuación diferencial asociada a los problemas de enfriamiento (calentamiento) es:

$$\frac{dT}{dt} = \beta(T - T_i) \dots (8)$$

- En primer lugar, se determina el cálculo en enfriamiento:

Tenemos que $T_i = 32^\circ\text{F} = 0^\circ\text{C}$

Condición 1: Cuando $t=0$ entonces $T=86^\circ\text{F}=30^\circ\text{C}$

Condición 2: Cuando $t=3$ entonces $T=77^\circ\text{F}=25^\circ\text{C}$

$$\frac{dT}{dt} = \beta(T - T_i)$$

$$dT = \beta(T - 32)dt$$

Esta es una ecuación diferencial de variables separables. Para separar las variables, se multiplica la ecuación por el factor $\frac{1}{T-32}$

$$\frac{1}{T - 32} dT = \beta dt \dots (9)$$

Integrando la ecuación definitivamente: la temperatura varía de 86° a 77 °F; el tiempo varía de 0 min a 3 min:

$$\int_{86}^{77} \frac{1}{T - 32} dT = \beta \int_0^3 dt$$

$$\int_{86}^{77} \frac{1}{T - 32} dT = - \int_{77}^{86} \frac{1}{T - 32} dT = - \ln|T - 32| \Big|_{77}^{86} = -\ln 54 + \ln 45 = \ln \frac{45}{54}$$

$$\beta \int_0^3 dt = \beta t \Big|_0^3 = 3\beta$$

Sustituyendo los resultados de las integrales en la ecuación:

$$\ln \frac{45}{54} = 3\beta$$

$$\beta = \frac{1}{3} \ln \frac{45}{54}$$

Luego sustituimos el anterior resultado a la siguiente formula obtenida anteriormente:

$$\frac{1}{T - 32} dT = \beta dt$$

$$\frac{1}{T - 32} dT = \frac{1}{3} \ln \frac{45}{54} dt$$

Se integra y resuelve:

$$\int \frac{1}{T - 32} dT = \frac{1}{3} \ln \frac{45}{54} \int dt$$

$$\ln T - 32 = \frac{t}{3} \ln \frac{45}{54} + C$$

El valor de la constante C de integración, se determina usando la condición $T(0) = 86$, es decir, se sustituye en la ecuación $t = 0$ min y $T = 86^\circ F$, obteniéndose $C = \ln 54$. Este valor de C se sustituye en la ecuación:

$$\ln T - 32 = \frac{t}{3} \ln \frac{45}{54} + \ln 54$$

$$\ln T - 32 = \ln \left[54 \left(\frac{45}{54} \right)^{\frac{t}{3}} \right]$$

$$T - 32 = 54 \left(\frac{45}{54} \right)^{\frac{t}{3}}$$

$$T(t) = 32 + 54 \left(\frac{45}{54} \right)^{\frac{t}{3}}$$

$$\text{Si } t = 60 \text{ min, } T(t) = 33^\circ F = 0.56^\circ C$$

- Ahora, se determina el cálculo en calentamiento:

Tenemos que $T_i = 86^\circ F = 30^\circ C$

Condición 1: Cuando $t=0$ entonces $T=32^\circ F=0^\circ C$

$$\frac{dT}{dt} = \beta(T - T_i)$$

$$dT = \frac{1}{3} \ln \frac{45}{54} (T - 86) dt$$

Esta es una ecuación diferencial de variables separables. Para separar las variables, se multiplica la ecuación por el factor $\frac{1}{T-86}$

$$\frac{1}{T - 86} dT = \frac{1}{3} \ln \frac{45}{54} dt$$

Se integra y resuelve:

$$\int \frac{-1}{86 - T} dT = \frac{1}{3} \ln \frac{45}{54} \int dt$$
$$\ln 86 - T = \frac{t}{3} \ln \frac{45}{54} + K$$

El valor de la constante K de integración, se determina usando la condición $T(0) = 32$, es decir, se sustituye en la ecuación $t = 0$ min y $T = 32^\circ$ F, obteniéndose $C = \ln 54$ Este valor de C se sustituye en la ecuación:

$$\ln 86 - T = \frac{t}{3} \ln \frac{45}{54} + \ln 54$$

$$\ln 86 - T = \ln \left[54 \left(\frac{45}{54} \right)^{\frac{t}{3}} \right]$$

$$86 - T = 54 \left(\frac{45}{54} \right)^{\frac{t}{3}}$$

$$T(t) = 86 - 54 \left(\frac{45}{54} \right)^{\frac{t}{3}}$$

$$\text{Si } t = 60 \text{ min, } T(t) = 84.5^\circ \text{F} = 29.2^\circ \text{C}$$

e. Sistema de bomba de calor reversible:

1. Calor transferido y COP:

$$Q = m * C_e * \Delta T \dots (10)$$

Esa es la fórmula para calcular la cantidad de calor que se gana o se pierde, cuando una masa de alguna sustancia es sometida un proceso de transferencia de calor.

En nuestro caso se utilizó 4 materiales en la siguiente tabla:

Material	Cp (kcal/kg°C)	Densidad (kg/m ³)
Agua	1	1000
Madera	0.42	900
Vidrio	0.2	2500
Alcohol	0.6	790

Tabla 7: *Propiedades de los materiales*

Fuente: Propia

Con la misma cantidad de masa (80 kg) y con variaciones se determina la cantidad de calor en kCal absorbido o cedido:

Material	10-20°C	5-25°C	0-30°C	30-0°C	25-5°C	20-10°C
Agua	800	1600	2400	-2400	-1600	-800
Madera	336	672	1008	-1008	-672	-336
Vidrio	160	320	480	-480	-320	-160
Alcohol	480	960	1440	-1440	-960	-480

Tabla 8: *Cantidad de calor en kCal*

Fuente: Propia

Con ese calor obtenido se calculará el trabajo necesario para lograr la transferencia de calor, y a su vez se calcula el COP de calefacción y el COP de refrigeración. En este caso se tomará los datos obtenidos de 0-30°C y 30-0°C.

Material	30-0°C	0-30°C
Agua a 80 kg con calor específico de 1 kcal/kg°C	-2400 kCal	2400 kCal

Tabla 9: *Datos para el COP*

Fuente: Propia

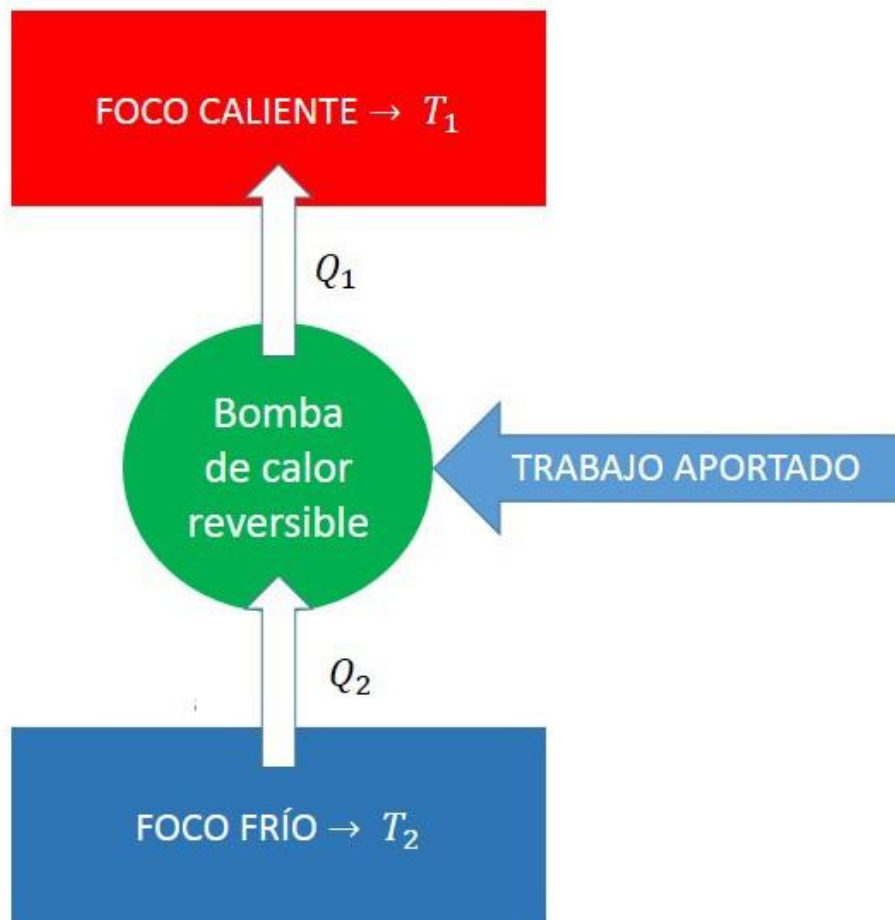


Figura 22: Diagrama de bomba de calor reversible.

Fuente: Propia

Primero se utilizará: $Q_1 = 2400$, por consiguiente, el sistema está calentando, entonces:

$$T_1 = 303^{\circ}K(30^{\circ}C) \text{ y } T_2 = 273^{\circ}K(0^{\circ}C)$$

Si planteamos una ecuación de equilibrio básica, el flujo energético que sale es igual a la suma del flujo energético que entra; es decir:

$$W + Q_2 = Q_1 \dots (11)$$

Al mismo tiempo, como la entropía es función de estado, deberá ser igual en el instante inicial y en el final:

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} \dots (12)$$

$$Q_2 = \frac{Q_1 * T_2}{T_1}$$

$$Q_2 = 2162 \text{ kCal}$$

Luego:

$$W = Q_1 - Q_2 \dots (13)$$

$$W = 238 \text{ kCal}$$

Ahora hallamos su COP:

$$COP_C = \frac{T_1}{(T_1 - T_2)} \dots (14)$$

$$COP_C = 10.1$$

Ahora se utilizará: $Q_2 = -2400$, por consiguiente, el sistema está refrigerando, entonces:

$$T_1 = 303^\circ K (30^\circ C) \text{ y } T_2 = 273^\circ K (0^\circ C)$$

Si planteamos una ecuación de equilibrio básica, el flujo energético que sale es igual a la suma del flujo energético que entra; es decir:

$$W + Q_2 = Q_1$$

Al mismo tiempo, como la entropía es función de estado, deberá ser igual en el instante inicial y en el final:

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$Q_1 = \frac{Q_2 * T_1}{T_2}$$

$$Q_2 = -2664$$

Luego:

$$W = Q_1 - Q_2$$
$$W = 264 \text{ kCal}$$

Ahora hallamos su COP:

$$COP_R = \frac{T_2}{(T_1 - T_2)} \dots (15)$$
$$COP_R = 9.1$$

2. Carga térmica y potencia:

La carga térmica calculada se le aplica un factor de seguridad aumentando el Q_{total} en un 10 %, para prever posibles variaciones de carga (calor del desescarche, infiltración de aire del exterior, etc.)

$$Q_T = 1.10 * Q \dots (16)$$

Como el calor generado en las 24 horas del día debe extraerse en un tiempo menor, en las t horas de funcionamiento diario, la potencia de la maquinaria NR deberá ser superior a la potencia calculada:

$$N_R = Q_T * \frac{24}{t}; Q_T [W] \dots (17)$$

2.1. Flujo de calor a través de las paredes.

$$Q_{P1} = q * S \dots (18)$$

Donde:

Q_{P1} : tasa de calor en W

q : coeficiente global de transmisión de calor de pared en $W/(m^2 \cdot K)$

S : superficie de cada cerramiento en m^2

Como recomendación del reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE), dependiendo del tipo de cámara (conservación o congelación), se consideran admisibles los siguientes valores:

$$q = 8 \frac{W}{m^2}, \text{ conservación}$$

$$q = 6 \frac{W}{m^2}, \text{ congelación}$$

Se selecciona la primera opción que es de conservación porque es el tipo que será la cámara. Ahora se calcula la superficie de cada cerramiento:

$$S = 2 * ((0.7 * 0.6) + (0.6 * 0.5) + (0.7 * 0.5)) \dots (19)$$

$$S = 2.14 \text{ m}^2$$

Entonces:

$$Q_{P1} = q * S$$

$$Q_{P1} = 8 * 2.14$$

$$Q_{P1} = 17 \text{ W}$$

2.2. Calor aportado por las personas.

El personal que almacena o manipula productos en una cámara aporta calor, sobre todo si realiza un trabajo intenso.

$$Q_{P2} = q * n * t \dots (20)$$

Donde:

q : calor emitido por persona en W

n : es el número de personas

t : tiempo de permanencia en horas/día

El calor emitido por persona aumenta a medida que disminuye la temperatura, se usará el caso crítico de 0°C:

Temperatura de la cámara (°C)	Potencia liberada por persona (W)
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330

Tabla 10: Potencia liberada por persona

Fuente: Propia

Entonces:

$$Q_{P2} = q * n * t$$

$$Q_{P2} = 270 * 1 * 4$$

$$Q_{P2} = 1080 \text{ W}$$

2.3. Calor liberado por la iluminación:

Las lámparas de incandescencia invierten una parte de la potencia consumida en producir calor. Los fluorescentes, a causa de la potencia reactiva, producen un 30% más, por lo que no suelen utilizarse.

Si no se sabe con precisión la potencia eléctrica dedicada a la iluminación, ésta puede determinarse según criterios estandarizados. Lo usual es prevé dos niveles de iluminación diferentes para zona de almacenaje y zona de trabajo, en el caso de que hubiese dos zonas. Estos valores son respectivamente, de 12 y 27 W/m².

$$Q_{P3} = Ni * t \dots (21)$$

Se selecciona 12 W/m² porque es para almacenamiento rápido.

$$Ni = i * St = 12 \frac{W}{m^2} * [2 * (0.7 * 0.6 + 0.7 * 0.5)] \dots (22)$$

$$Ni = 18.5 \text{ W}$$

Entonces:

$$Q_{P3} = 18.5 * \frac{4}{24}$$

$$Q_{P3} = 3 \text{ W}$$

Se procede a sumar todas las cargas:

$$Q = Q_{P1} + Q_{P2} + Q_{P3} \dots (23)$$

$$Q = 1100 W$$

Se multiplica el resultado para obtener el Q total por un factor de seguridad del 10%:

$$Q_T = 1.10 * Q$$

$$Q_T = 1.10 * 1100$$

$$Q_T = 1210 W$$

Ahora la potencia de la maquinaria:

$$N_R = Q_T * \frac{24}{t}; Q_T [W]$$

$$N_R = 1210 * \frac{24}{16}; Q_T [W]$$

$$N_R = 1815 W = 1.8 kW = 2.4 hp$$

Convertimos la potencia en Toneladas de refrigeración:

$$1kW = 0.284345 TR \dots (24)$$

Entonces:

$$TR = 1.8 * 0.284345 = 0.5$$

3.7. SELECCIÓN EQUIPOS ESTÁNDAR, MATERIAL PARA LA ESTRUCTURA Y ACCESORIOS A UTILIZAR

a. Selección del compresor

La casa estadounidense Emerson Climate, que también tiene sede en Perú es líder mundial en soluciones de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración para aplicaciones residenciales, industriales y comerciales.

Se seleccionó de la línea de Compresores Copeland Scroll™ ZS*KA el tipo ZS19KAE:

En la tabla No. 11 se observa el refrigerante a utilizar, su potencia frigorífica y la temperatura de evaporación y condensación del sistema.

Fluido frigorífico	R-22
Potencia frigorífica.	2.5 hp
Temperatura de evaporación.	0°C
Temperatura de condensación.	30°C
Control de presión	17-425 psig

Tabla 11: Características del compresor

Fuente: <http://www.emersonclimate.com/es-la/products/>

Nomenclatura:

Z= Tipo Scroll

S= Aplicación extendida de media temperatura

19K= capacidad nominal (x1000 Btu/Hr)

A= Compresor

E= Aceite POE (Aceite de poliéster)



Figura 23: Compresor Copeland Scroll™ ZS19KAE

Fuente: <http://www.emersonclimate.com/es-la/products/>

- b. **Selección de la unidad condensadora** (Se equipa con el compresor seleccionada anteriormente). En la figura No. 24 se observa la nomenclatura de la unidad condensadora.

Nomenclatura • Unidades Condensadoras Herméticas

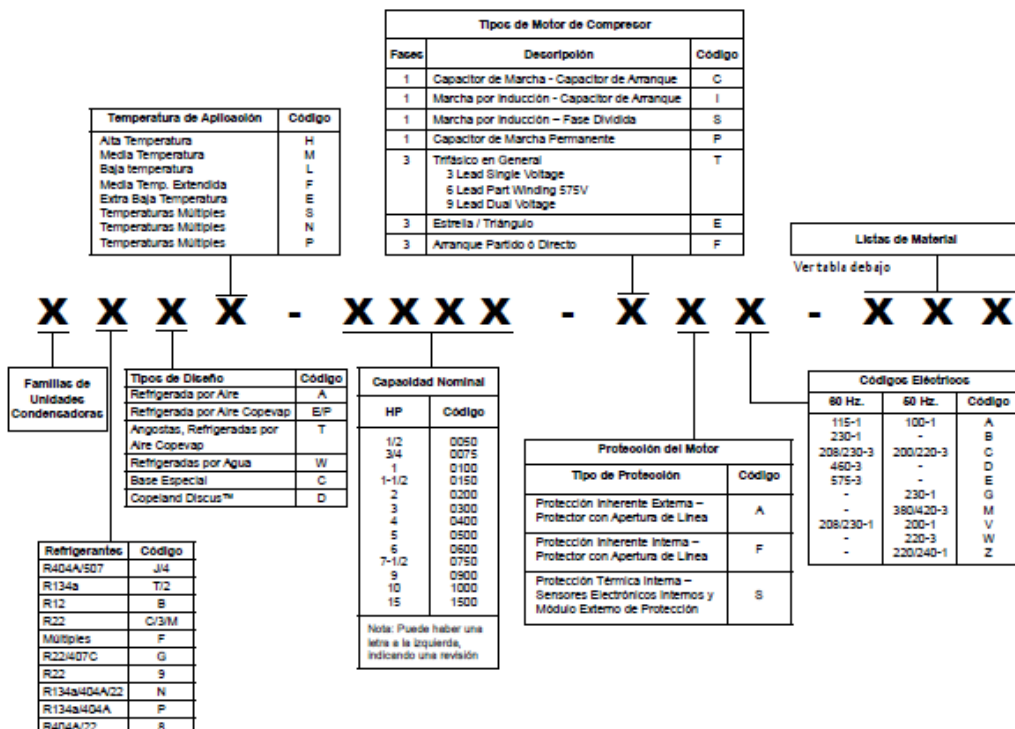


Figura 24: Nomenclatura de la unidad condensadora

Fuente: <http://www.emersonclimate.com/es-la/products/>

Se seleccionó de la línea de Unidad Condensadora Copeland Scroll™ FFAP-*Z el tipo FFAP-030Z TFD con lista de materiales 071:

En la tabla No. 12 se observa el refrigerante a utilizar, la temperatura de evaporación y condensación del sistema, y la capacidad total.

Fluido frigorífico	R-22
Temperatura de evaporación.	0°C
Temperatura de condensación.	30°C
Filtro	Sí
Acumulador de succión	Sí
Recibidor	Sí
Capacidad	20800 BTU/hr

Tabla 12: Características de la unidad condensadora

Fuente: <http://www.emersonclimate.com/es-la/products/>



Figura 25: Unidad Condensadora Copeland Scroll™ FFAP-030Z-TFD-071

Fuente: <http://www.emersonclimate.com/es-la/products/>

c. Selección de la válvula de expansión termostática

Se seleccionó de la serie AFA(E) el tipo AFAE 1 HCA 5FT 3/8x1/2 SAE ANG, en el anexo No. 22 se observa la nomenclatura de la válvula de expansión.

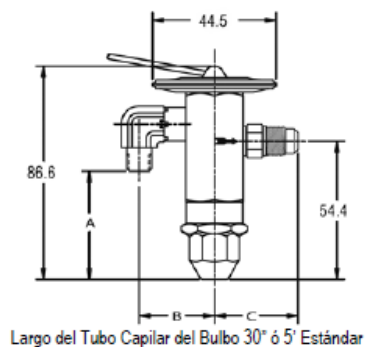
En la tabla No. 13 se observa la presión máxima de trabajo con las toneladas de refrigeración máxima que puede operar la válvula de expansión.

Presión máxima de trabajo	700 psig
Toneladas de refrigeración máx.	1 TR

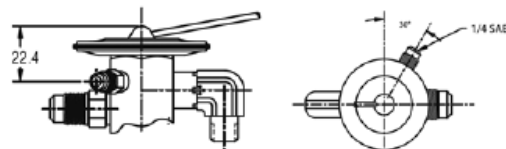
Tabla 13: Características de la válvula de expansión termostática

Fuente: <http://www.emersonclimate.com/es-la/products/>

Datos Dimensionales



AFA(E) Conexiones (mm)				
Entrada	Salida	A	B	C
Codo de 1/4 SAE	3/8 SAE	39.6	33.3	41.7
	1/2 SAE			34.3
	5/8 SAE			50.3
	3/8 - 1/2 SAE			43.9
Codo de 3/8 SAE	3/8 SAE	37.3		34.0
	1/2 SAE			34.5
	5/8 SAE			50.3
	3/8 - 1/2 SAE			43.9



14

Figura 26: Válvula de expansión termostática

Fuente: <http://www.emersonclimate.com/es-la/products/>

d. Selección del sensor de temperatura

Se seleccionó el sensor de temperatura PT100 porque posee una muy buena precisión y estabilidad y es utilizado comúnmente en la Industria de alimentos en general (envasado, pasteurizado, cocción, conservación, etc.)



Figura 27: RTD/PT100 de platino Serie PR-12

Fuente: <http://es.omega.com/pptst/PR-12.html>

e. Selección del controlador digital

Se seleccionó el controlador de temperatura digital XR35 (Dixell Emerson).

En la tabla No. 14 se observa la variación de temperatura y el rango de temperatura que puede trabajar el controlador:

Hy	Diferencial	0.1 a 25.5 °C
LS	Punto de seteo mínimo	-100°C
US	Punto de seteo máximo	100°C

Tabla 14: Características del controlador digital

Fuente: <http://www.emersonclimate.com/es-la/products/>



Figura 28: XR35 Panel frontal

Fuente: <http://www.emersonclimate.com/es-la/products/>

f. Configuración final para planos

En la figura No. 29 se observa cómo será la configuración final usando los equipos seleccionados del sistema usando dos válvulas de expansión para el cambio de calefacción-refrigeración.

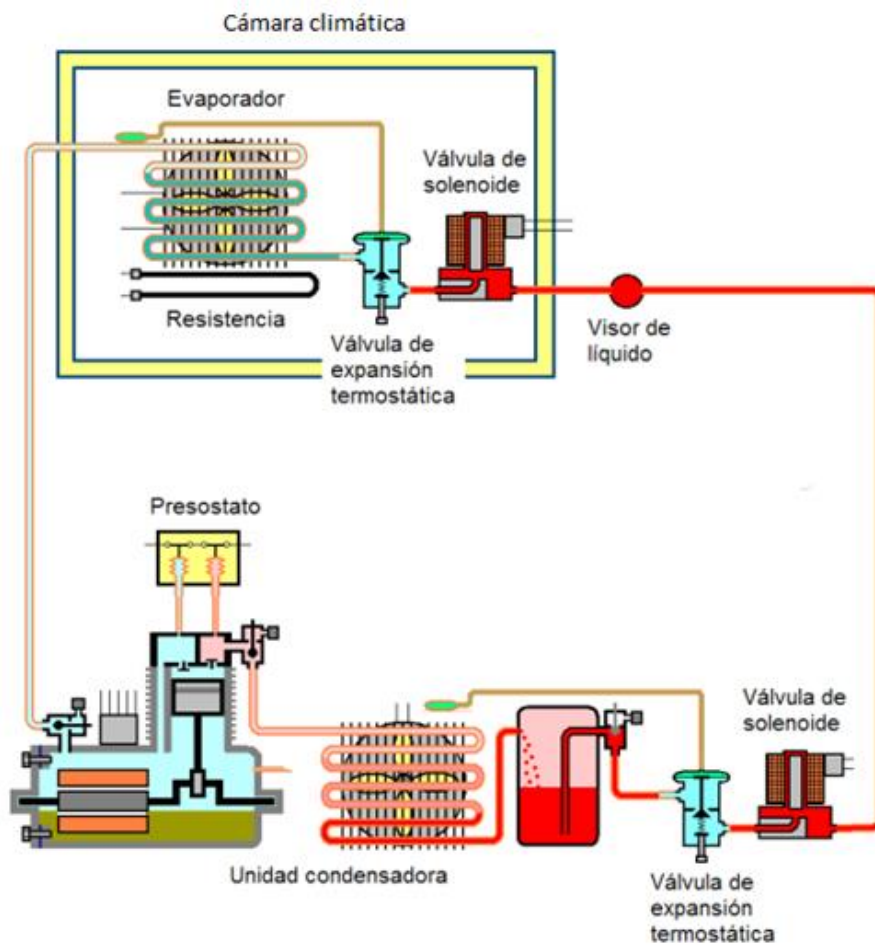


Figura 29: Configuración final

Fuente: Propia

3.8. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO (VAN, TIR Y ROI)

Se realiza el análisis económico del proyecto, teniendo en cuenta los equipos estándar seleccionados por los cálculos realizados, el material y los accesorios adicionales se obtuvo lo siguiente:

Una inversión total: 15000 nuevos soles

Una tasa de interés: 15%

Con un cuadro de flujo brindado por la empresa:

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
FLUJO DE CAJA NETO	6000	5000	4000	4000	4000

Tabla 15: Flujo de caja neto

- **VALOR ACTUAL NETO**

Utilizando la ecuación 1 se tiene:

$$VAN = \left(\frac{6000}{(1 + 0.15)^1} \right) + \left(\frac{5000}{(1 + 0.15)^2} \right) + \left(\frac{4000}{(1 + 0.15)^3} \right) + \left(\frac{4000}{(1 + 0.15)^4} \right) + \left(\frac{4000}{(1 + 0.15)^5} \right) - 15000 = 3903.9$$

Por lo tanto, nos ofrece una cantidad muy superior a la de 0, entonces el proyecto sería rentable y muy buena opción.

- **TASA INTERNA DE RETORNO.**

$$\sum_{t=1}^n \left(\frac{V_t}{(1 + TIR)^t} \right) = I_0$$

Entonces con los datos obtenidos se procede a calcular el TIR del presente proyecto.

$$TIR = 29\%$$

Por lo tanto, nos ofrece una cantidad mayor a la tasa de 15%, entonces el proyecto sería rentable y muy buena opción.

- **RETORNO DE INVERSIÓN.**

$$ROI = \frac{\sum Inversión (NS)}{Beneficio \left(\frac{NS}{Año}\right)}$$

$$ROI = \frac{12000}{30000} = 0.4 \text{ años}$$

3.9. PLANOS FINALES DEL PROYECTO

Los planos se detallan en los anexos No. 12 al No. 17, pero se mostrarán los diseños en 3D realizados en el programa de SolidWorks®. En la Fig. No. 30 se observa el plano general del proyecto y en la Fig. No. 31 el plano de la bomba de calor reversible a utilizar en el sistema.

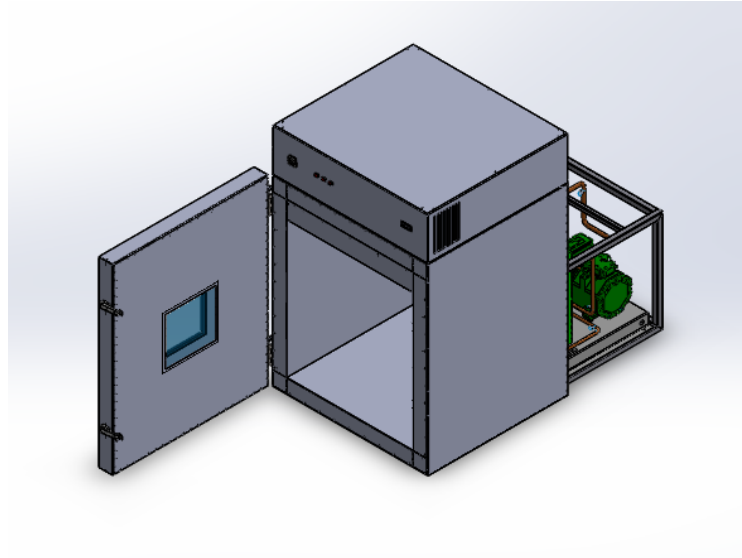


Figura 30: Plano general del proyecto

Fuente: Propia

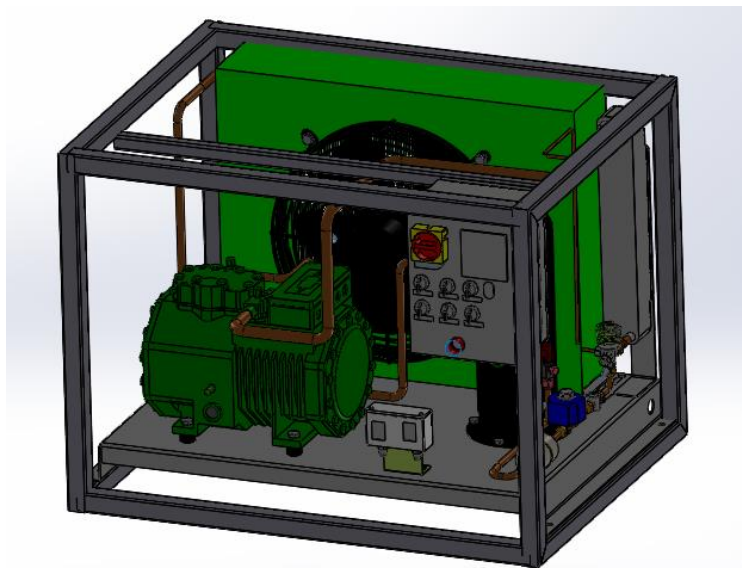


Figura 31: Plano de la bomba de calor reversible

Fuente: Propia

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

CAPITULO NO. 4: DISCUSIÓN

4.1. DISCUSION DE RESULTADOS

Esta investigación tuvo como propósito diseñar y simular una cámara de microclimas en el programa de GUI (Interfaz gráfica de usuario) desarrollada en Matlab®. A continuación, se estarán discutiendo los principales hallazgos de este estudio.

- Por medio de la entrevista que se observa en el anexo No. 10, que se aplicó a 6 personas de la empresa (1 jefe de laboratorio, 2 operadores, 3 jefes de área de la planta), en la cual se ve reflejado que en gran mayoría la capacidad debe fluctuar entre los 120 litros (parámetro establecido), con una temperatura entre 0 a +30°C (variable de diseño), con una inversión total mínima de 6000 dólares; a diferencia de mis estudios previos que no usaron este método, pero nosotros seguimos la metodología del diseño recomendada por el Rudolph Eggert.
- En la tabla No. 1 se muestra la tabla dónde se observa las especificaciones técnicas de la máquina en términos ingenieriles, dividida en sub-función y la característica ingenieril que debe poseer el diseño.

Para lo cual las tres primeras Sub funciones se tienen que cumplir en el cálculo y según teoría previa de cci-calidad (página de la empresa dedicada a la construcción de máquinas de microclimas), la capacidad de las cámaras de microclimas varía desde 80 a 4000 litros, por lo cual nuestra cámara junto con los requerimientos de la empresa cumple teniendo 120 litros; la estabilidad de temperatura debe estar entre 0.1 - 0.5 °C y se logra con la selección correcta del sensor de temperatura; los tamaños de las cámaras de microclimas pueden variar según las exigencias de la prueba, el tamaño y cantidad de las muestras. Generalmente las cámaras no sobrepasan un dimensionamiento de 100x120x90 cm. (1m³) o de un volumen equivalente, por lo cual el diseño realizado con 70x60x50 cm. (0.21m³) cumple con el límite.

- Se mencionan normas internacionales usadas como la ASTN, UNE, MIL para tener un modelo de cómo realizar el diseño de la máquina de microclimas, un trabajo previo de **Alejandro Gonzalo Pizarro Perez** rectifica que se deben usar normas para el diseño; en este caso utiliza las normas IEC (Comisión internacional electrotécnica) para su tipo de cámara climática según su necesidad.
- Siguiendo la metodología sugerida por Rudolph Eggert, luego se seleccionó el concepto óptimo para el diseño que es la máquina micro climática mediante una matriz de selección donde se presenta también otros cinco conceptos que son: horno de secado, estufa, frigorífico, horno de Pasteur, autoclave; diseños capaces de resolver el problema planteado en este proyecto; a diferencia de los estudios previos que no utilizaron esta metodología.
- En el anexo No. 19 se observa la programación de Matlab para los cálculos analíticos, y constatar que son similares a lo calculado manualmente; no hay antecedentes donde utilicen Matlab, por ello se decidió usar el programa en este proyecto debido a que los cálculos son mucho más precisos y para observar cómo se comportan estas variables de forma sencilla y clara.

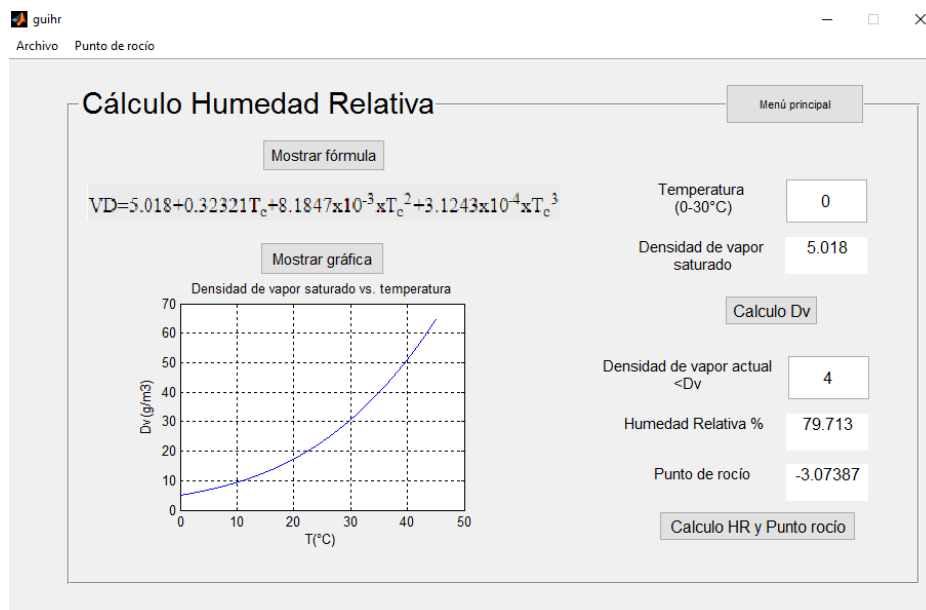


Figura 32: GUI Humedad relativa con 0° y 4 g/m3 de Dv

Fuente: Propia

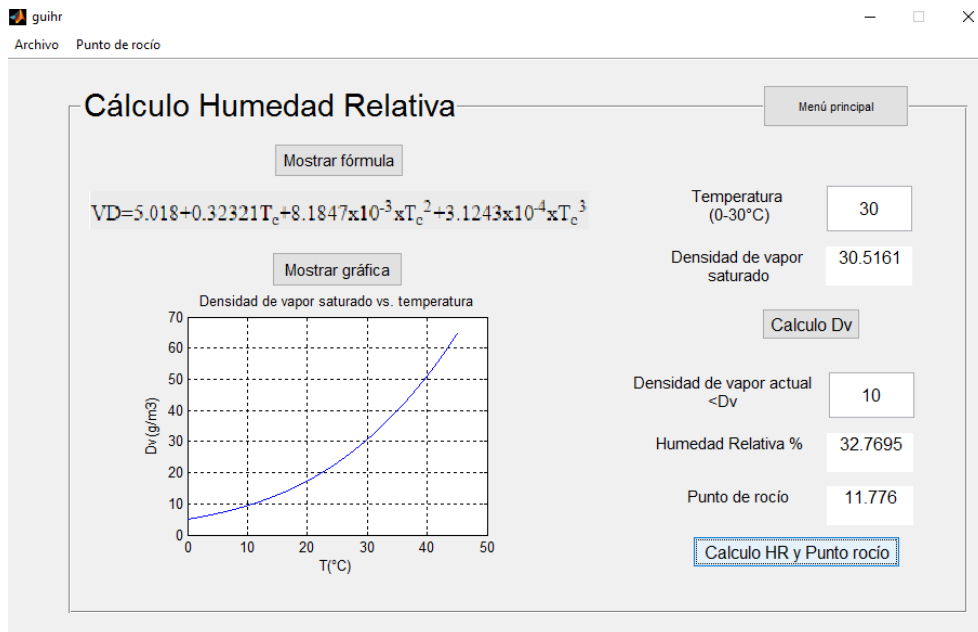


Figura 33: GUI Humedad relativa con 30° y 10 g/m³ de Dv

Fuente: Propia

- En las Figuras No 32 y 33 se determinará la humedad relativa, el cual se halla con la densidad de vapor saturado en función a la temperatura y la densidad de vapor actual (debe ser menor que la densidad de vapor saturado porque no hay humedad relativa mayor al 100% en laboratorios); por lo tanto, la humedad relativa está relacionada con la temperatura de la cámara.

Según las dos figuras, y teoría de investigación de cci-calidad (página dedicada a la construcción de máquinas de microclimas), se puede afirmar que el rango de temperatura está comprendido entre -150 a 200°C. Los estudios de **Irina Tumini** determinan que para caso de estudio y control de calidad debe estar entre -6.2°C y 41.7°C, por tanto, el rango de temperatura que se utiliza si cumple con las condiciones (0 a 30°C). Además, las cámaras micro climáticas pueden alcanzar hasta un 95% de HR, el diseño que se efectúo cumple con esta restricción porque tiene un rango de 30-80 % de HR, y se verifica que cuando está en 0° dependiendo de la densidad de vapor actual llega a 79% de HR, y cuando se encuentra en 30° con la misma proporción de densidad de vapor actual llega a 32% de HR.

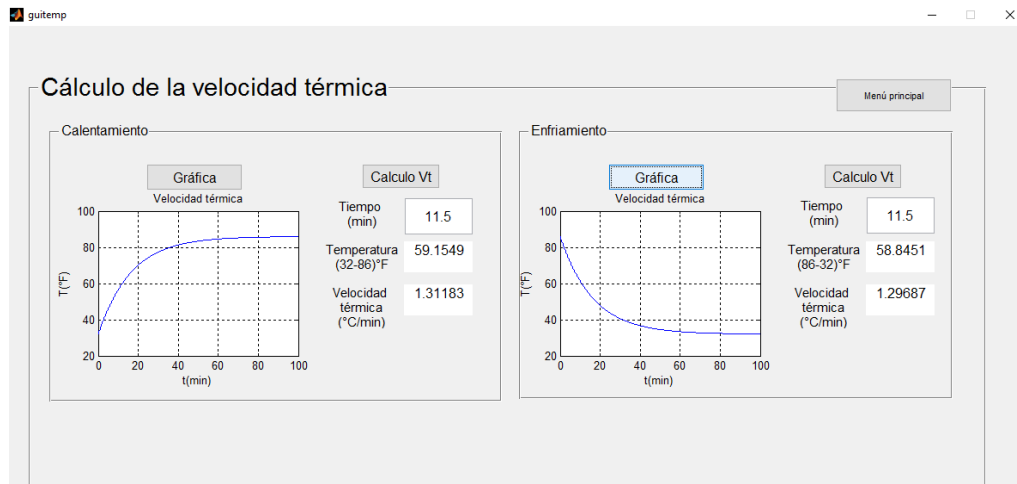


Figura 34: GUI de velocidad térmica con 11.5 minutos en ambos casos

Fuente: Propia

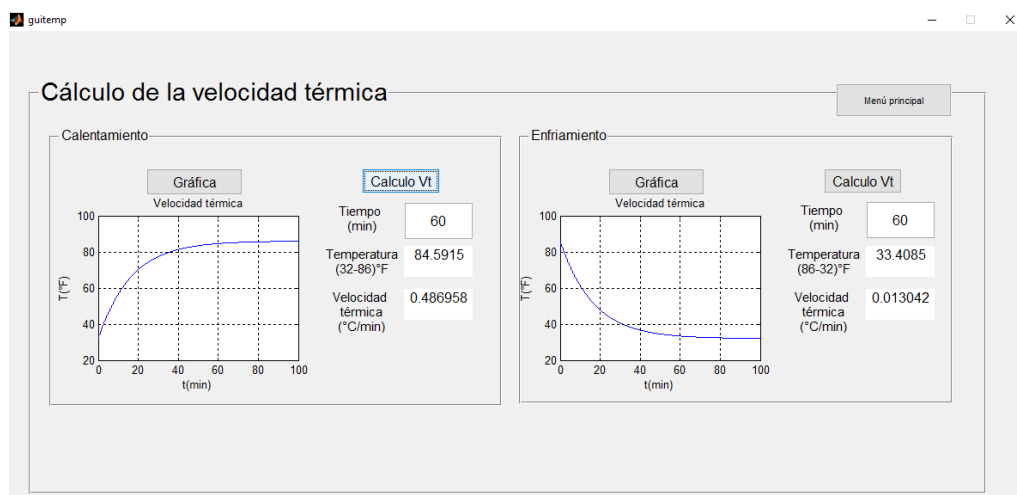


Figura 35: GUI de velocidad térmica con 60 minutos en ambos casos

Fuente: Propia

- En las Figuras No. 34 y 35 se aprecia el cálculo de la velocidad térmica en calentamiento y enfriamiento con tan solo colocar el tiempo, además nos brindará la temperatura que se encontrará la máquina de microclimas.

Entonces según un trabajo previo de: **Tania Oviedo y Marcelo Fajardo** nos dice que la rapidez con la cual varía la temperatura disminuye a medida que esta se acerca a su valor límite, y se puede verificar que en calentamiento a medida que se acerca a 30°C la velocidad pasa de 1,31 °C/min (a 15°C) aproximadamente a 0.48 °C/min, y en enfriamiento a medida que se acerca a 0°C la velocidad pasa de 1.29

°C/min (a 15°C) aproximadamente a 0.01 °C/min. Además, ambos llegan a la temperatura deseada en los requerimientos tanto en calentamiento como enfriamiento en alrededor de 60 minutos.

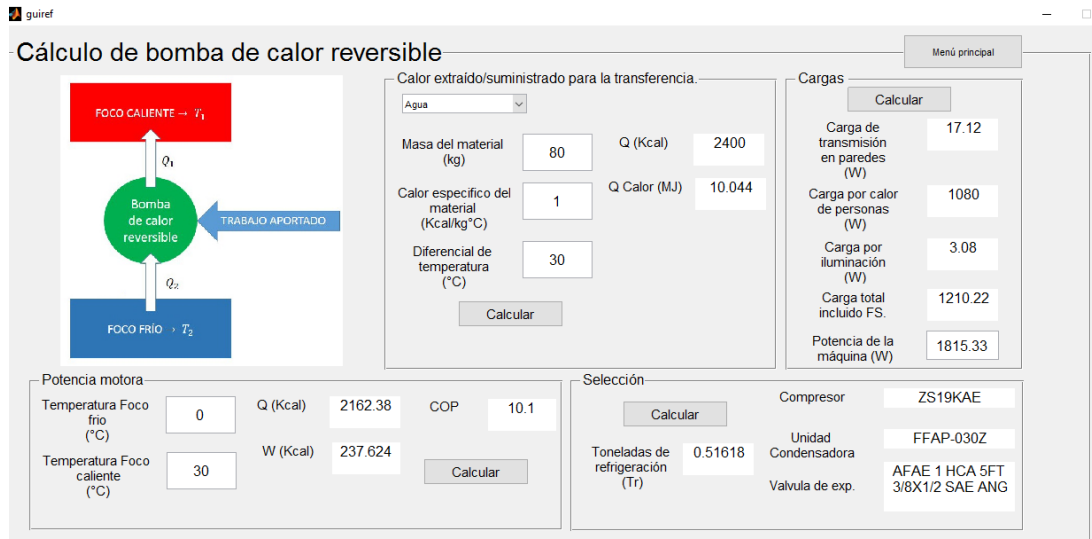


Figura 36: GUI del sistema de bomba de calor para COP de calefacción

Fuente: Propia

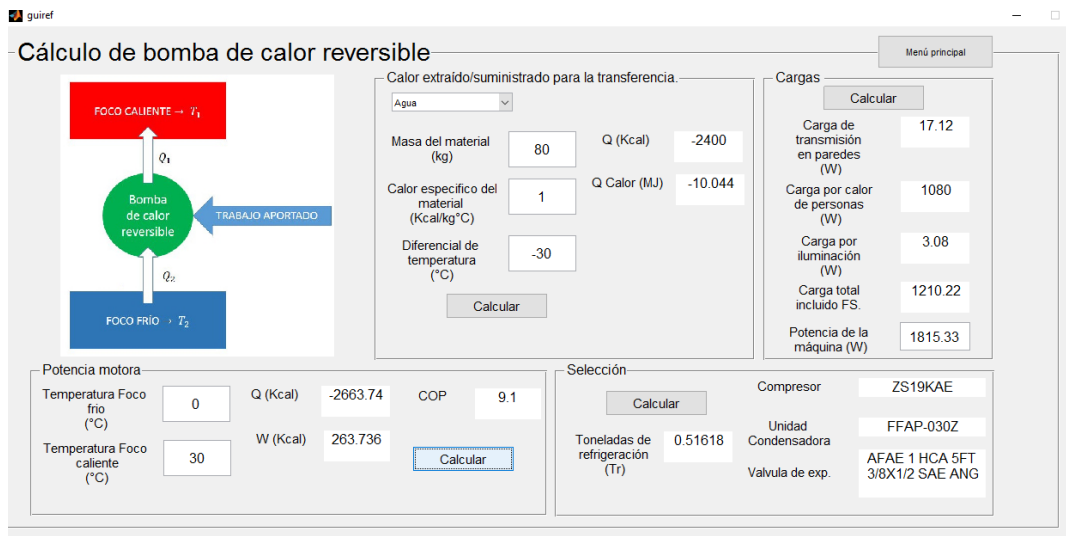


Figura 37: GUI del sistema de bomba de calor para COP de refrigeración

Fuente: Propia

- En las Figuras No. 36 y 37 se observa en el apartado de calor extraído/suministrado para la transferencia según la masa a colocar en la máquina, el calor específico del material, y la diferencia de temperatura, se obtiene el calor extraído o suministrado, dependiendo si se va a calentar o enfriar; también en el apartado de potencia motora

se calcula el trabajo necesario para efectuar este proceso, finalmente se logró hallar la eficiencia del sistema en calefacción o refrigeración. En el apartado de cargas se calcula todas las cargas térmicas que tendrá la máquina para hallar la potencia final incluyendo un factor de seguridad del 10%, las toneladas de refrigeración para determinar los equipos principales estándares para la máquina de microclimas.

Entonces la eficiencia del sistema en refrigeración debe ser menor que la eficiencia del sistema en calefacción según Laplace.us.es (Departamento de física aplicada), lo cual el diseño cumple: el COP en refrigeración es de 9.1 (De 30 a 0°C) y el COP en calefacción es 10.1 (De 0 a 30°C). A su vez señalar que gracias a la potencia de la máquina y de las toneladas de refrigeración se puede seleccionar el equipo estándar para la máquina que no debe pasar los 2Kw, siendo la potencia del proyecto de 1.8 Kw (0.5 Toneladas de refrigeración)

- Se selecciona Compresores Copeland Scroll™ ZS*KA el tipo ZS19KAE, la línea de Unidad Condensadora Copeland Scroll™ FFAP-*Z el tipo FFAP-030Z TFD con lista de materiales 071, válvula de expansión termostática de la serie AFA(E) el tipo AFAE 1 HCA 5FT 3/8x1/2 SAE ANG, sensor de temperatura RTD/PT100 de platino Serie PR-12, controlador de temperatura digital XR35 (Dixell Emerson); para lo cual no hay un estudio previo referido al tipo de equipo que se selecciona, solo hacen mención de la máquina y especificaciones.
- Finalmente, según Lahoud, Daniel en su libro Los Principios de Las Finanzas y los Mercados Financieros que a mayor TIR y VAN > 0 produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida, entonces en el análisis económico se observa que el proyecto es una buena opción y puede aceptarse para su ejecución porque los parámetros VAN de 3903.9 (superior a 0) y tiene una TIR de 29%, superior a 15% (tasa de intereses). Por otro lado, el ROI de este proyecto se estableció en 6 meses; y el diseño logró tener 0.4 años (5 meses). Por lo tanto, el proyecto tendrá el retorno de inversión según lo establecido.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

CAPITULO NO. 5: CONCLUSIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las pruebas se pudieron realizar a una temperatura mínima de 0°C y una temperatura máxima de 30°C, bajo una capacidad de 120 litros lo cual se mantiene dentro del margen de una cámara climática (80 a 4000 litros).
- La humedad relativa resultó de un rango entre 30% a 80% dependiendo de la temperatura y la densidad de vapor actual.
- La potencia del sistema resultó ser de 1.8 kW (0.5 Toneladas de refrigeración) lo cual resultó muy conveniente, puesto que se estipuló que sería de 2 kW, y con estos datos se selecciona los equipos a utilizar como el compresor, la unidad condensadora, las 2 válvulas de expansión para la bomba de calor reversible.
- Económicamente el proyecto es rentable, porque tiene un VAN de 3903 y un TIR de 29%, con un ROI de 0.4 años.
- La simulación se usó en el programa GUIDE de Matlab logra entregar datos necesarios para la investigación de la máquina de microclimas, generando ayudas para los usuarios de cómo se pueden comportar estas variables de forma sencilla y clara.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

CAPITULO NO. 6: RECOMENDACIONES

6.1. RECOMENDACIONES

- Dentro de un proyecto tan ambicioso como fue el diseño de la máquina de microclimas, continuar con el interés de implementarlo y realizar la construcción del mismo.
- A este proyecto se le puede acondicionar algún otro elemento que permita simular diferentes condiciones ambientales con objeto de simular otros fenómenos atmosféricos adversos para los materiales, como ejemplo, se pueden instalar lámparas de radiación ultravioleta, para simular el envejecimiento solar, combinado con el envejecimiento por temperatura (cuánto tiempo dura el material a tal temperatura).

REFERENCIAS

REFERENCIAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

AENOR. Norma de pruebas ambientales, ensayos y guía: ensayos combinados de temperatura o temperatura y humedad con baja presión de aire. UNE-EN 60068-2-39. España: AENOR, 2016.

AENOR. Norma de pruebas ambientales, documentación y acompañamiento de guía: Confirmación de las prestaciones de las cámaras de ensayo de temperatura y humedad. UNE-EN 60068-3-6. España: AENOR, 2016.

ARIAN. 2016. Termocuplas. Revista electrónica de control e instrumentación. Disponible en: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>

ASTM. Steel Bars Subject to End-Quench Hardenability Requirements, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, www.astm.org

Burgos Bastidas, Angie Romy. “Efecto de la temperatura en la biología y comportamiento de *Diglyphus Websteri* (Crawford) (Hymenoptera: Eulophidae)”. Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima – Perú), 2013.

BSI. Código de Las pruebas ambientales Parte 2-10: Pruebas de prueba J y orientación: El crecimiento de moho. BS EN 60068-2-10. Inglaterra: BSI, 2005.

CCI-Calidad [sitio web]. 1967a. España: Cámaras de ensayo. Cámara de microclimas. Aplicaciones [consulta 25 octubre 2016]. Disponible en: http://www.cci-calidad.com/Pdf/camaras_climaticas_termicas.pdf

CCI-Calidad [sitio web]. 1967b. España: Cámaras de ensayo. Cámara de microclimas, Definición y tipos [consulta 25 octubre 2016]. Disponible en: <http://www.cci-calidad.com/camara02.htm>

Díaz Sarmiento, Hernán Octavio y Solano Rojas Oscar Fabián. “Medición de las variables climáticas”. Diseño y simulación del control climático para un invernadero y base de datos de registro. Bogotá: 2006. Pp. 13-15.

DIN. Norma de Climas y su aplicación técnica Atmósferas normales. DIN 50014. Alemania: DIN, 1985.

DOD. Norma de Método de ensayo de componentes electrónicos y eléctricos estándar. MIL-STD-202G. Eeuu: DOD, 2002.

DOD. Norma de Consideraciones de Ingeniería Ambiental y pruebas de laboratorio. MIL-STD-810G. Eeuu: DOD, 2008.

Domínguez Hernández, Arnulfo. “Diseño de un calentador solar de aire para aplicaciones de secado”. Universidad Nacional Autónoma de México (Ciudad de México – México), 2013.

Hungerford, Roger D.; Nemani, Ramakrishna R.; Running, Steven W.; Coughlan, Joseph C. 1989. MTCLIM: a mountain microclimate simulation model. Res. Pap. INT-414. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 52 p.

IEC. Código de Procedimientos básicos de verificación medioambiental - Parte 2-11: Pruebas - Prueba Ka: niebla salina. IEC 68-2-11. Suiza: IEC, 1981.

IEC. Código de Ensayos ambientales - Parte 1: Generalidades y orientación. IEC 60068-1. Suiza: IEC, 2013.

ISTAS. "Microclima: ventilación, temperatura y humedad". En: Antonio Solaz. LA PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LOS LUGARES DE TRABAJO. Paralelo Edición, S.A., 2007. p. 35-52.

Ki LAM, Fung. "Simulando el efecto de microclima en el comportamiento humano en pequeños espacios urbanos". Universidad de California, Berkeley, 2011.

Mathworks [sitio web]. 1994. EEUU: Soporte. Documentación. GUIDE. Aplicaciones. [Consulta 28 de octubre 2016]. Disponible en: <https://es.mathworks.com/discovery/matlab-gui.html>

OMEGA [sitio web]. 1962. España: Temperatura. Controladores de temperatura, [consulta 25 octubre 2016]. Disponible en: <http://es.omega.com/prodinfo/controladores-de-temperatura.html>

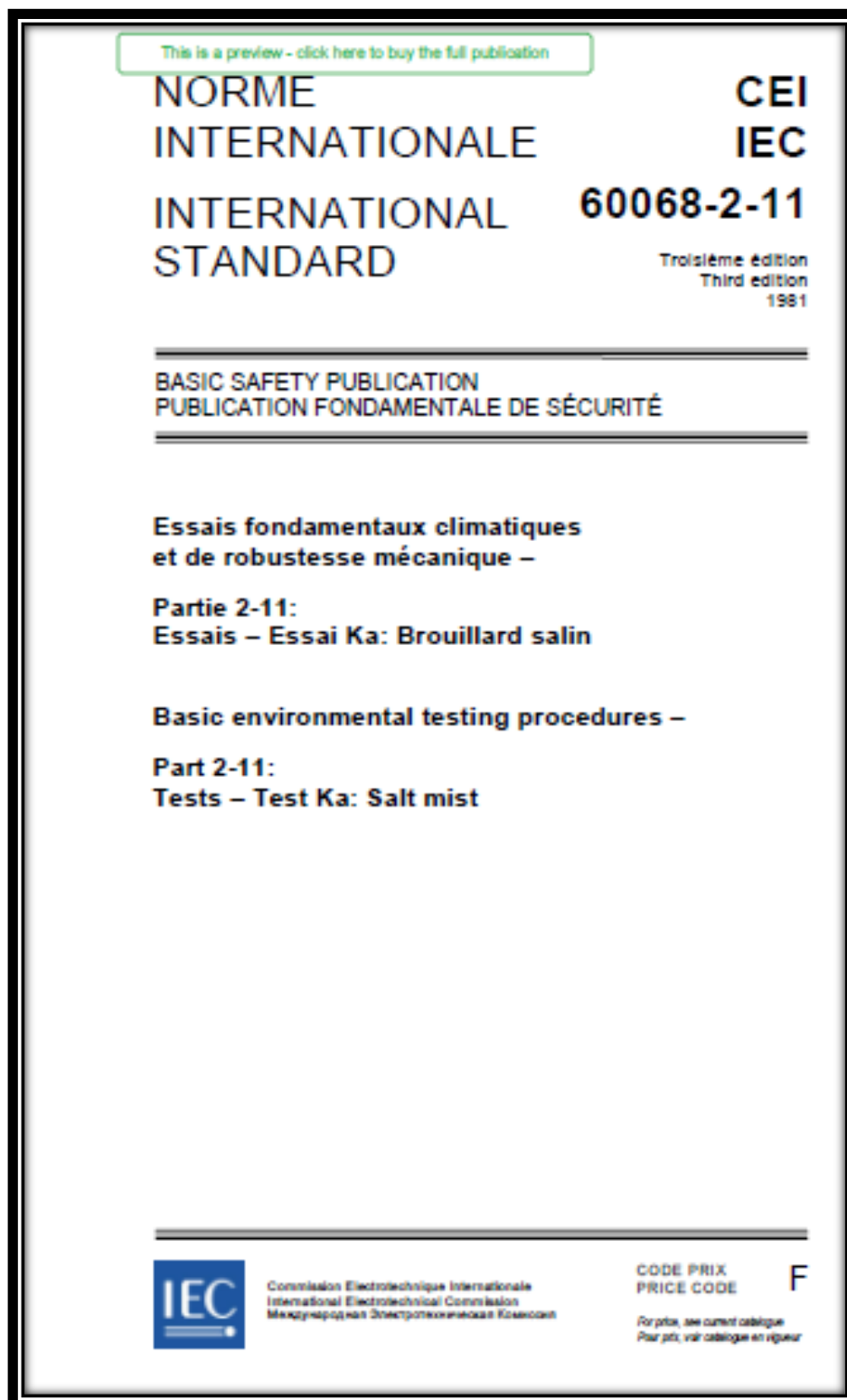
Oviedo, Tania y Fajardo, Marcelo. “Diseño y construcción de una cámara para simular condiciones ambientales a 7000 m.s.n.m”. Escuela Politécnica Nacional (Quito – Ecuador), 2010.

Pizarro Perez, Alejandro Gonzalo. “Implementación de un sistema de evaluación térmica del comportamiento de incubadoras neonatales”. Pontificia Universidad Católica del Perú (Lima – Perú), 2011.

Tumini, Irina. “El microclima urbano en los espacios abiertos. Estudio de casos en Madrid”. Universidad Politécnica de Madrid, España, 2012.

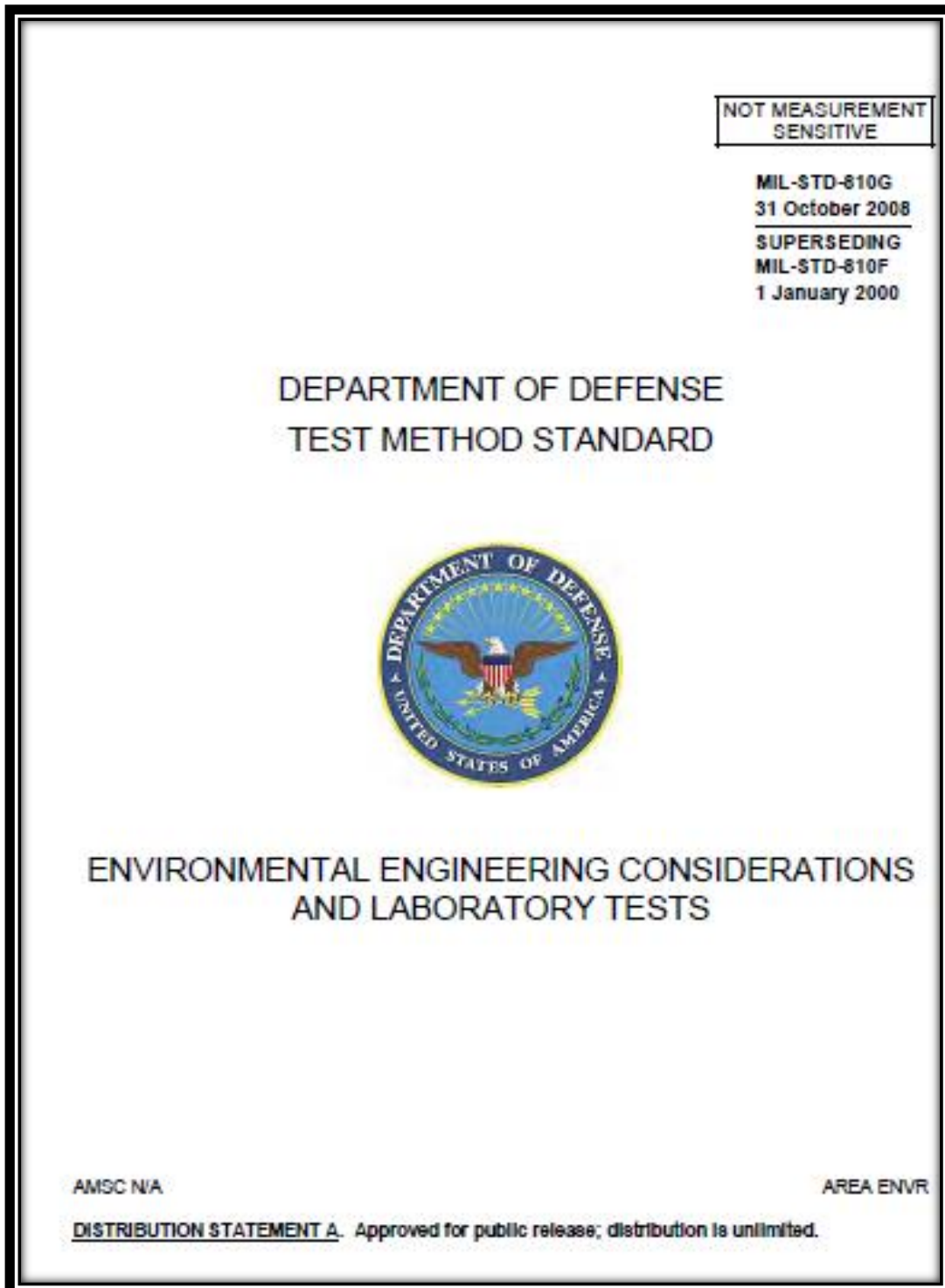
ANEXOS

Anexo No. 1: Código de Procedimientos básicos de verificación
medioambiental: IEC 68-2-11.




Fuente: LA COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL (IEC).

Anexo No. 2: Norma de Consideraciones de Ingeniería Ambiental y pruebas de laboratorio: MIL-STD – 810 (United States Military Standard)



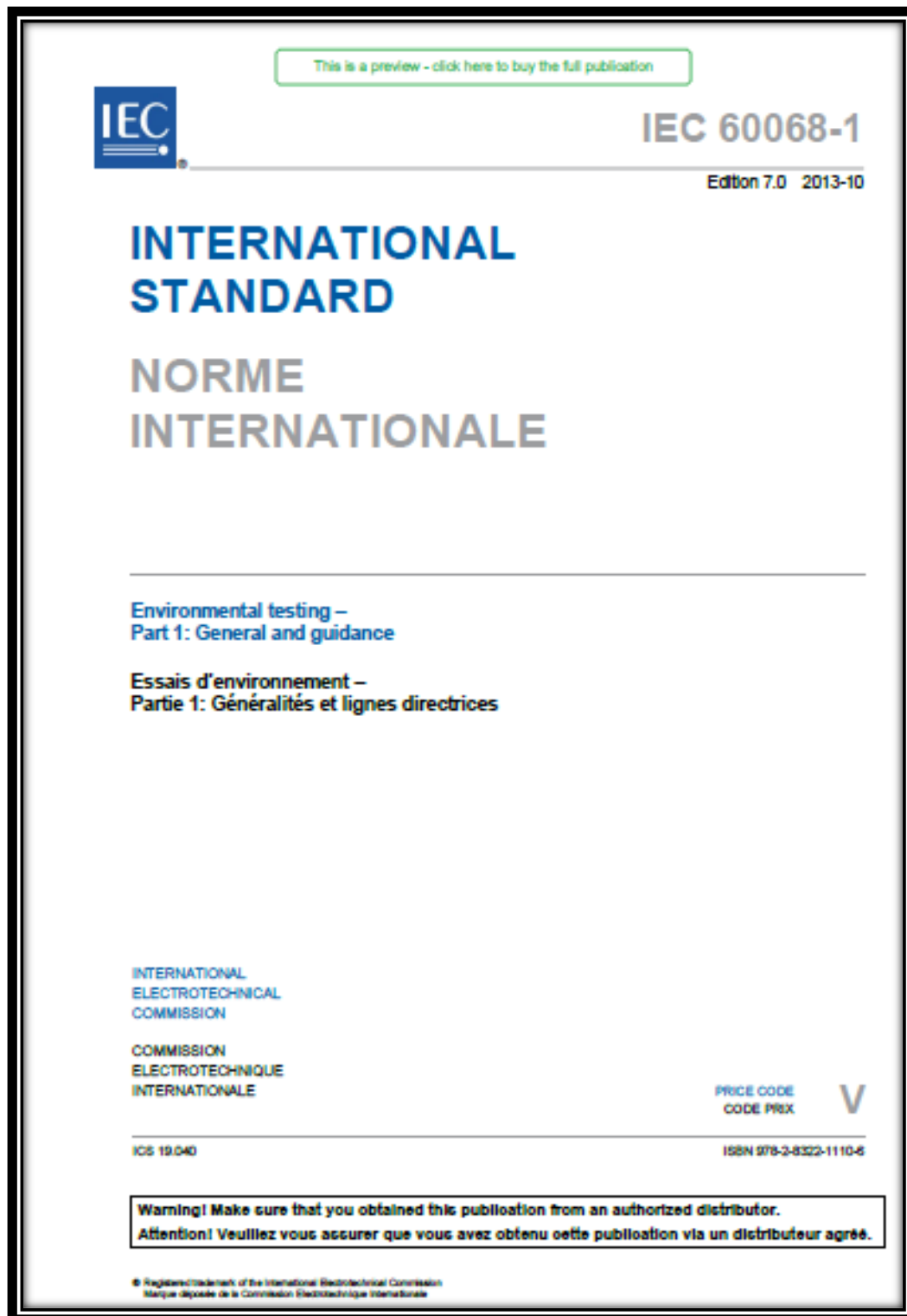
Fuente: Consideraciones de Ingeniería Ambiental y Pruebas de Laboratorio.

Anexo No. 3: Código de Las pruebas ambientales: BS EN 60068-2-10.

 2154 Accredited to ISO/IEC 17025:2005	Schedule of Accreditation issued by United Kingdom Accreditation Service 2 Pine Trees, Cherbury Lane, Staines-upon-Thames, TW18 3HR, UK	
	JCS Technology Ltd Issue No: 023 Issue date: 01 July 2016	
Testing performed at main address only		
Materials/Products tested	Type of test/Properties measured/Range of measurement	Standard specifications/ Equipment/Techniques used
METALS, ALLOYS and METAL PRODUCTS (cont'd)	<u>Corrosion Tests (cont'd)</u> Corrosion Test In Artificial Atmospheres (Copper assisted salt spray and Acid salt) Modified Salt Spray (fog) testing (Acid salt and Acid salt with SO ₂) Salt spray	BS EN ISO 9227:2012 ASTM G85-11 ASTM B117-11 BS EN ISO 9227:2012 RTCA/DO-160 F and G MIL-STD-883C Method 509 DEF-STD 00-35 Pt3 Method CN2
AIRCRAFT EQUIPMENT	<u>Biological Tests</u> Mould Growth	BS 3G 100-2.3.3:1972
ELECTRONIC EQUIPMENT	Fungus Resistance (mould growth)	RTCA/DO – 160D, F and G Sect 13
ELECTRONIC COMPONENTS	Fungus Resistance (mould growth)	BS 2011:Part 2.1.2:1989 (IEC68-2-10:1988) withdrawn
PLASTICS	Mould Growth	BS EN 60068-2-10:2005 Part 2-10 Test J and guidance 11 (IEC 60068-2-10:2005)
SYNTHETIC POLYMERIC MATERIALS	Evaluation of the action of microorganisms (mould growth)	BS EN ISO 846:1997 Methods A & B
TEXTILES	Fungi (mould growth)	ASTM G21-15:2015
	Resistance of textiles to Microbiological deterioration (mould growth)	BS 6085:1992, Sections 3 and 5 (withdrawn)
	Evaluation of the action of Microfungi (mould growth)	BS EN 14119:2003, Method A1, A2 & B2 (Microfungi)
Assessment Manager: GS1		
Page 2 of 4		

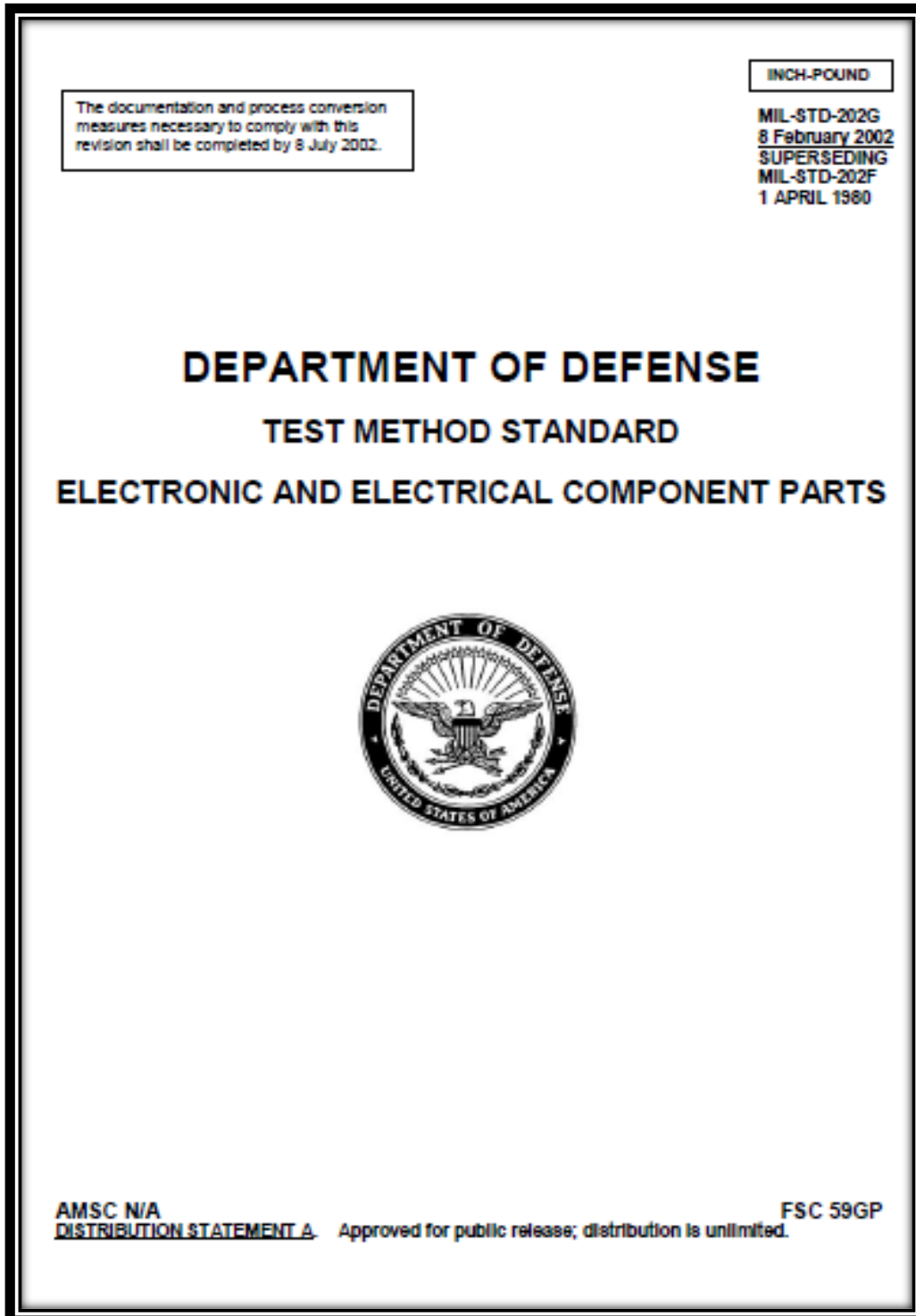
Fuente: INSTITUCIÓN DE NORMAS BRITÁNICAS (BSI).

Anexo No. 4: Código de Ensayos ambientales - Parte 1:
Generalidades y orientación: IEC 60068-12013.



Fuente: LA COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL (IEC).

Anexo No. 5: Norma de Método de ensayo de componentes electrónicos y eléctricos estándar: MIL-STD-202G:2002.



Fuente: Consideraciones de Ingeniería Ambiental y Pruebas de Laboratorio.

Anexo No. 6: Norma de ensayos ambientales. Confirmación de las prestaciones de las cámaras de ensayo de temperatura y humedad: UNE-EN 60068-3-6:2012

norma española		UNE-EN 60068-3-6
		Diciembre 2002
TÍTULO	Ensayos ambientales Parte 3-6: Documentación de acompañamiento y guía Confirmación de las prestaciones de las cámaras de ensayo de temperatura y humedad <i>Environmental testing. Part 3-6: Supporting documentation and guidance. Confirmation of the performance of temperature/humidity chambers.</i> <i>Essais d'environnement. Partie 3-6: Documentation d'accompagnement et guide. Confirmation des performances des chambres d'essai en température et humidité.</i>	
CORRESPONDENCIA	Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 60068-3-6 de enero de 2002, que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 60068-3-6:2001.	
OBSERVACIONES		
ANTECEDENTES	Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 200 Normas Básicas Eléctricas cuya Secretaría desempeña AENOR.	
EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 60068-3-6		
Editada e impresa por AENOR Depósito legal: M 52158/2002	LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A: AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación C Génova, 6 28004 MADRID-España	12 Páginas Grupo 10
© AENOR 2002 Reproducción prohibida	Teléfono 91 432 60 00 Fax 91 510 40 32	

Fuente: ASOCIACION ESPAÑOLA DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION (AENOR).

Anexo No. 7: Norma de Climas y su aplicación técnica Atmosferas normales: DIN-50014

UDC 661.584.6:620.171.327.33	DEUTSCHE NORM	July 1985			
Climates and their technical application Standard atmospheres		DIN 50 014			
Klimate und ihre technische Anwendung: Normalklimate		Supersedes December 1975 edition.			
<p><i>In keeping with current practice in standards published by the International Organization for Standardization (ISO), a comma has been used throughout as the decimal marker.</i></p>					
<p>1 Scope</p> <p>Standard atmospheres are constant atmospheres for which specific air temperature and humidity values, as well as limit ranges for atmospheric pressure and air speed, are specified, the air not having any significant additional constituents and the atmosphere not being subject to any significant additional radiation influences.</p> <p>Standard atmospheres permit a defined state to be attained and maintained for objects that are sensitive to temperature and humidity.</p> <p>Standard atmospheres correspond to the average atmospheric conditions in laboratories and can be established in conditioning (controlled-atmosphere) cabinets, chambers or rooms.</p> <p>When making a selection from the standard atmospheres specified in table 1, the relevant specialized standards shall be observed. However, preference shall be given to standard atmosphere 23/50.</p>					
<p>2 Terms and definitions</p> <p>See DIN 50010 Part 1 and Part 2.</p>					
<p>3 Standard atmospheres</p>					
<p>Table 1.</p>					
Symbol	Air temperature t °C	Relative humidity U %	Dew point temperature t_d °C	Atmospheric pressure p hPa	Air speed v m/s
23/50	23	50	12,0	Between 860 and 1060	≤1
20/65	20	65	13,2		
27/85	27	85	20,0		
<p>Note 1. The symbols given in table 1 correspond to those in DIN 1306 but may be replaced by others if there is any possibility of confusion.</p> <p>Note 2. As in International Standard ISO 554 - 1976, constant atmosphere 27/85 is given as the standard atmosphere for tropical countries.</p>					
Continued on page 2					

No part of this standard may be reproduced without the prior permission of DIN Deutscher Institut für Normung e. V., Berlin. In case of doubt, the German language original should be consulted as the authoritative text.

Fuente: INSTITUTO ALEMÁN DE NORMALIZACIÓN (DIN).

Anexo No. 8: Norma de ensayos ambientales. Parte 2: Ensayos:
ensayos combinados de temperatura o temperatura y humedad
con baja presión de aire: UNE-EN 60068-2-39:2016

norma española		UNE-EN 60068-2-39
		Mayo 2016
TITULO	Ensayos ambientales Parte 2-39: Ensayos Ensayos y guía: Ensayos combinados de temperatura o temperatura y humedad con baja presión de aire	
	<i>Environmental testing. Part 2-39: Tests. Tests and guidance: Combined temperature or temperature and humidity with low air pressure tests.</i> <i>Essais d'environnement. Partie 2-39: Essais. Essais et lignes directrices: Essais combinés de température ou de température et d'humidité à basse pression atmosphérique.</i>	
CORRESPONDENCIA	Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 60068-2-39:2016, que a su vez adopta la Norma Internacional IEC 60068-2-39:2015.	
OBSERVACIONES	Esta norma anulará y sustituirá a la Norma UNE-EN 60068-2-39:2000 antes de 2019-01-23.	
ANTECEDENTES	Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 200 Normas técnicas eléctricas cuya Secretaría desempeña AENOR.	

Fuente: ASOCIACION ESPAÑOLA DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION (AENOR).

**Anexo No. 9: Norma de especificación estándar para barras de
acero de carbono y de aleación sujetas a requisitos de
endurecimiento final: ASTM 304**

P R O D U C T D A T A S H E E T																																									
304/304L STAINLESS STEEL																																									
UNS S30400/UNS S30403																																									
																																									
<p>AK Steel Type 304 is a variation of the basic 18-8 grade, Type 302, with a higher chromium and lower carbon content. Lower carbon minimizes chromium carbide precipitation due to welding and its susceptibility to intergranular corrosion. In many instances, it can be used in the "as-welded" condition, while Type 302 must be annealed in order to retain adequate corrosion resistance.</p> <p>Type 304L is an extra low-carbon variation of Type 304 with a 0.03% maximum carbon content that eliminates carbide precipitation due to welding. As a result, this alloy can be used in the "as-welded" condition, even in severe corrosive conditions. It often eliminates the necessity of annealing weldments except for applications specifying stress relief. It has slightly lower mechanical properties than Type 304.</p>	<p>Typical uses include architectural moldings and trim, kitchen equipment, welded components of chemical, textile, paper, pharmaceutical and chemical industry processing equipment.</p> <p>AVAILABLE FORMS AK Steel produces Type 304 Stainless Steel in thicknesses from 0.01" to 0.25" (0.025 to 6.35 mm) max. and widths up to 48" (1219 mm). For other thicknesses and widths, inquire.</p>	<p>COMPOSITION</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Type 304 %</th> <th>Type 304L %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbon</td> <td>0.08 max.</td> <td>0.03 max.</td> </tr> <tr> <td>Manganese</td> <td>2.00 max.</td> <td>2.00 max.</td> </tr> <tr> <td>Phosphorus</td> <td>0.045 max.</td> <td>0.045 max.</td> </tr> <tr> <td>Sulfur</td> <td>0.030 max.</td> <td>0.030 max.</td> </tr> <tr> <td>Silicon</td> <td>0.75 max.</td> <td>0.75 max.</td> </tr> <tr> <td>Chromium</td> <td>18.00-20.00</td> <td>18.0-20.0</td> </tr> <tr> <td>Nickel</td> <td>8.00-12.00</td> <td>8.0-12.0</td> </tr> <tr> <td>Nitrogen</td> <td>0.10 max.</td> <td>0.10 max.</td> </tr> <tr> <td>Iron</td> <td>Balance</td> <td>Balance</td> </tr> </tbody> </table> <p>SPECIFICATIONS AK Steel Types 304 and 304L Stainless Steels are covered by the following specifications:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Type 304</th> <th>Type 304L</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AMS 5513</td> <td>AMS 5511</td> </tr> <tr> <td>ASTM A 240</td> <td>ASTM A 240</td> </tr> <tr> <td>ASTM A 666</td> <td>ASTM A 666</td> </tr> </tbody> </table>		Type 304 %	Type 304L %	Carbon	0.08 max.	0.03 max.	Manganese	2.00 max.	2.00 max.	Phosphorus	0.045 max.	0.045 max.	Sulfur	0.030 max.	0.030 max.	Silicon	0.75 max.	0.75 max.	Chromium	18.00-20.00	18.0-20.0	Nickel	8.00-12.00	8.0-12.0	Nitrogen	0.10 max.	0.10 max.	Iron	Balance	Balance	Type 304	Type 304L	AMS 5513	AMS 5511	ASTM A 240	ASTM A 240	ASTM A 666	ASTM A 666	
	Type 304 %	Type 304L %																																							
Carbon	0.08 max.	0.03 max.																																							
Manganese	2.00 max.	2.00 max.																																							
Phosphorus	0.045 max.	0.045 max.																																							
Sulfur	0.030 max.	0.030 max.																																							
Silicon	0.75 max.	0.75 max.																																							
Chromium	18.00-20.00	18.0-20.0																																							
Nickel	8.00-12.00	8.0-12.0																																							
Nitrogen	0.10 max.	0.10 max.																																							
Iron	Balance	Balance																																							
Type 304	Type 304L																																								
AMS 5513	AMS 5511																																								
ASTM A 240	ASTM A 240																																								
ASTM A 666	ASTM A 666																																								
<p>MECHANICAL PROPERTIES Typical Room Temperature Mechanical Properties</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>UTS ksi (MPa)</th> <th>0.2% YS ksi (MPa)</th> <th>Elongation % in 2" (50.8 mm)</th> <th>Hardness Rockwell</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Type 304L</td> <td>85 (586)</td> <td>35 (241)</td> <td>55</td> <td>B80</td> </tr> <tr> <td>Type 304</td> <td>90 (621)</td> <td>42 (290)</td> <td>55</td> <td>B82</td> </tr> </tbody> </table>					UTS ksi (MPa)	0.2% YS ksi (MPa)	Elongation % in 2" (50.8 mm)	Hardness Rockwell	Type 304L	85 (586)	35 (241)	55	B80	Type 304	90 (621)	42 (290)	55	B82																							
	UTS ksi (MPa)	0.2% YS ksi (MPa)	Elongation % in 2" (50.8 mm)	Hardness Rockwell																																					
Type 304L	85 (586)	35 (241)	55	B80																																					
Type 304	90 (621)	42 (290)	55	B82																																					
304/304L-S-8-01-07																																									

Fuente: AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

Anexo No. 10: FORMATO DE ENTREVISTA PARA DETERMINACION DE NECESIDADES DE LA EMPRESA VITAPRO S.A. RESPECTO A UNA MÁQUINA DE MICROCLIMAS

ENTREVISTADO

Apellidos y Nombres:

Cargo: de la Empresa VITAPRO S.A.

Empresa: VITAPRO S.A.

Ubicación: Av Gonzalez Prada 202, Víctor Larco Herrera 13007

ENTREVISTADOR

Apellidos y Nombres: Vera Atoche, John Steven

Universidad: Universidad César Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Tesis: Diseño y simulación de una cámara de microclimas para el laboratorio de la empresa Vitapro – Trujillo.

ASPECTO DEL LABORATORIO

1. **¿Cuán importante es tener un laboratorio en una empresa agroindustrial?**

2. **¿Cuán importante es el uso de una cámara de microclimas en un laboratorio?**

ASPECTO DEL PROCESADO DEL PRODUCTO

3. **¿Cuántos operarios se dedican a las labores de una máquina climática?**

4. **¿Cuál es el rango de temperatura que debería tener esta cámara para cumplir su función en el laboratorio?**

ASPECTO DE DISEÑO DE LA MAQUINA

- 5. ¿Estaría interesado en poseer una máquina de microclimas? ¿qué características quiere que tenga la máquina? (Ejemplo: Semi-automática, automática)**

- 6. ¿Qué características debería tener la máquina microclimas para considerarse eficiente? (Ejemplo: control de humedad respecto a la temperatura, estabilidad de temperatura, velocidad térmica, etc.)**

- 7. ¿Qué capacidad de procesamiento desearía tener la máquina microclimas?**

- 8. ¿Qué espacio le daría a esta nueva máquina (Ejemplo: 2m*1m*2m)?**

- 9. ¿Qué tipo de sistema eléctrico posee la empresa?**

- 10. ¿Algún requerimiento en la cimentación?**

ASPECTO ECONOMICO

- 11. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por esta máquina microclimas?**

- 12. ¿En cuánto tiempo piensa que podría recuperar la inversión de comprar una maquina microclimas?**

- 13. ¿Conoce algunos modelos de cámara de microclimas y empresas que los suministren?**

Fuente: Propia.

Anexo No. 11: FICHA TECNICA DEL GAS REFRIGERANTE R-22

FICHA TECNICA R22

El gas refrigerante R22 es un hidroclorofluorocarbono (HCFC) ampliamente usado en todos los sectores de la refrigeración y climatización. Tiene un bajo valor de ODP y unas excelentes propiedades termodinámicas que *hacen que este refrigerante sea idóneo para aplicaciones de alta y media temperatura en instalaciones fijas, transporte refrigerado y aire acondicionado.*

El R22 se podrá utilizar como refrigerante puro en la recarga de instalaciones existentes hasta el año 2010. A partir de esta fecha estará prohibido su utilización, y únicamente estará permitido el uso de R22 reciclado hasta el año 2015. Actualmente ya existen sustitutos directos del R22 como son el R417A, R422A y R422D (consultar sus correspondientes fichas técnicas).

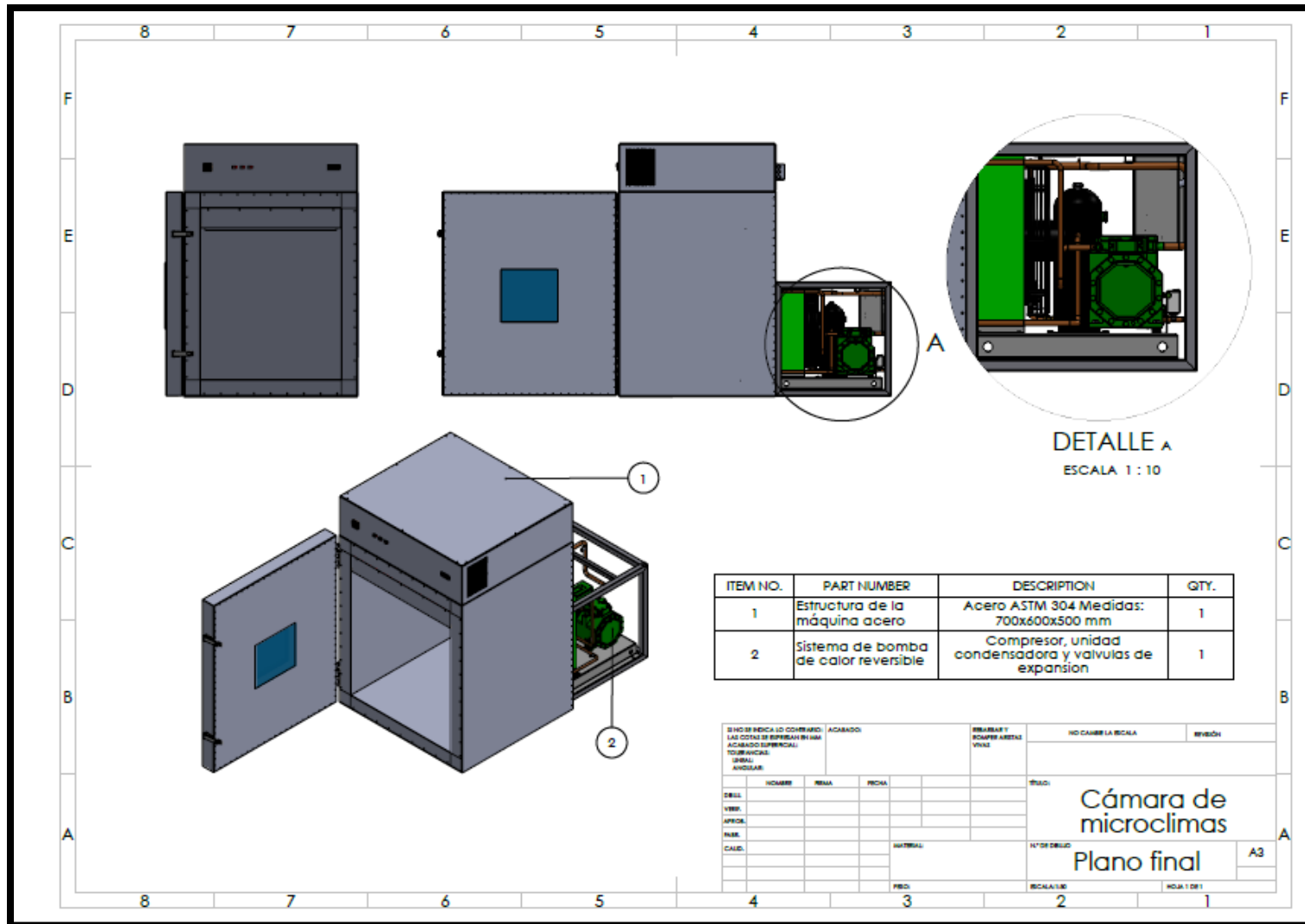
Debido a sus excelentes propiedades termodinámicas *el R22 se utiliza como componente en mezclas de refrigerantes como el R403B, el DI36, DI44, etc., para aplicaciones de media y baja temperatura.*

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

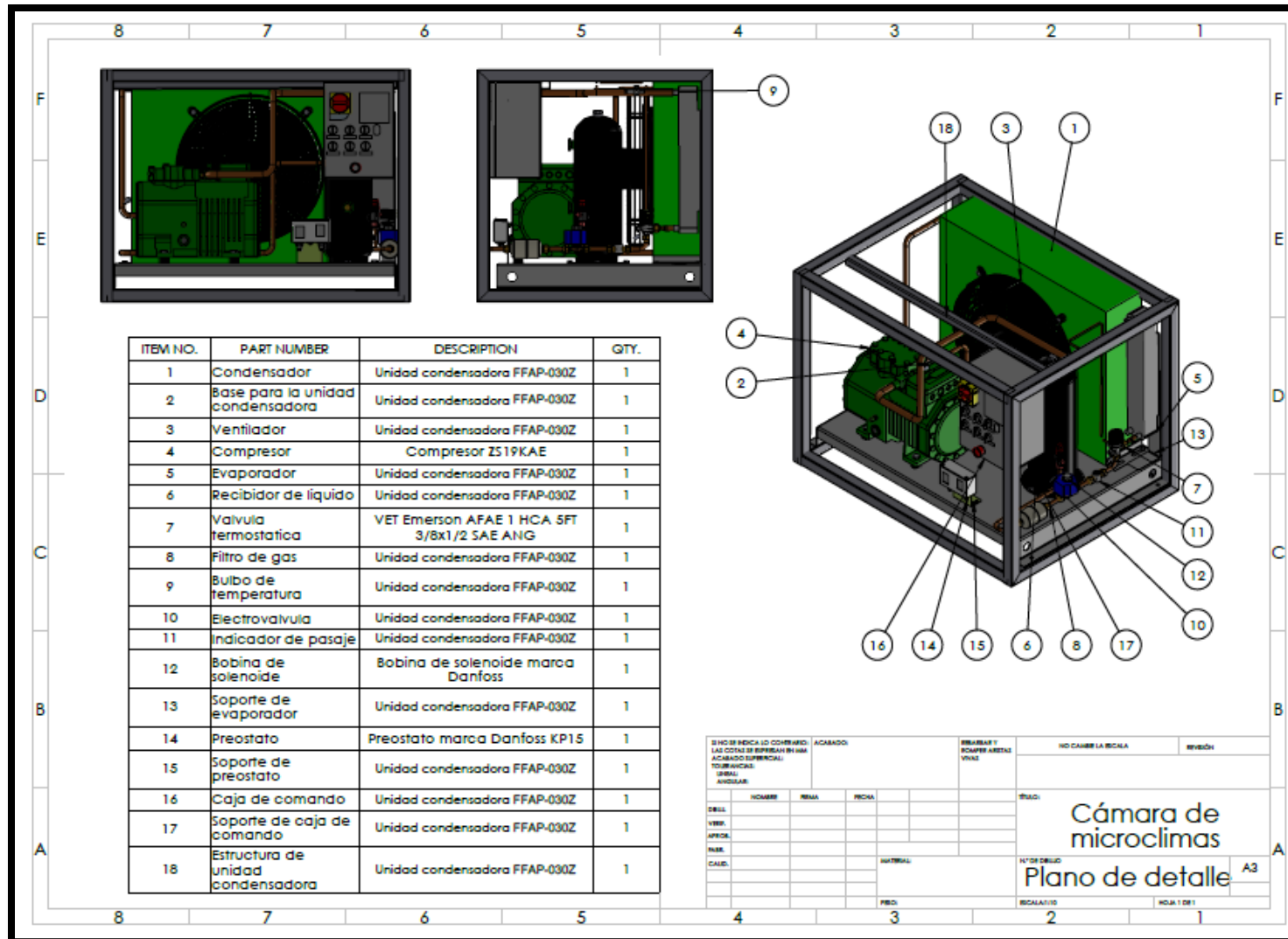
FORMULA QUIMICA		CHClF ₂
NUMERO ASHRAE		R22
Peso Molecular		86.47
Temperatura de ebullición	°C	-40.8
Temperatura de congelación	°C	-160
Temperatura crítica	°C	96.15
Presión crítica	bar	49.88
Densidad crítica	Kg/l	0.513
Densidad del líquido (25°C)	Kg/l	1.19
Presión de vapor (25°C)	bar	10.44
Conductividad térmica del líquido (25°C)	W/m.K	0.0868
Conductividad térmica del vapor (25°C, 1.013 bar)	W/m.K	0.0113
Solubilidad en agua (25°C, 1.013 bar)	%	0.30
Viscosidad del líquido (25°C)	mPas	0.178
Viscosidad del vapor (25°C)	mPas	0.0127
Límite de Inflamabilidad en el Aire	% vol	ninguno

Fuente: DuPont

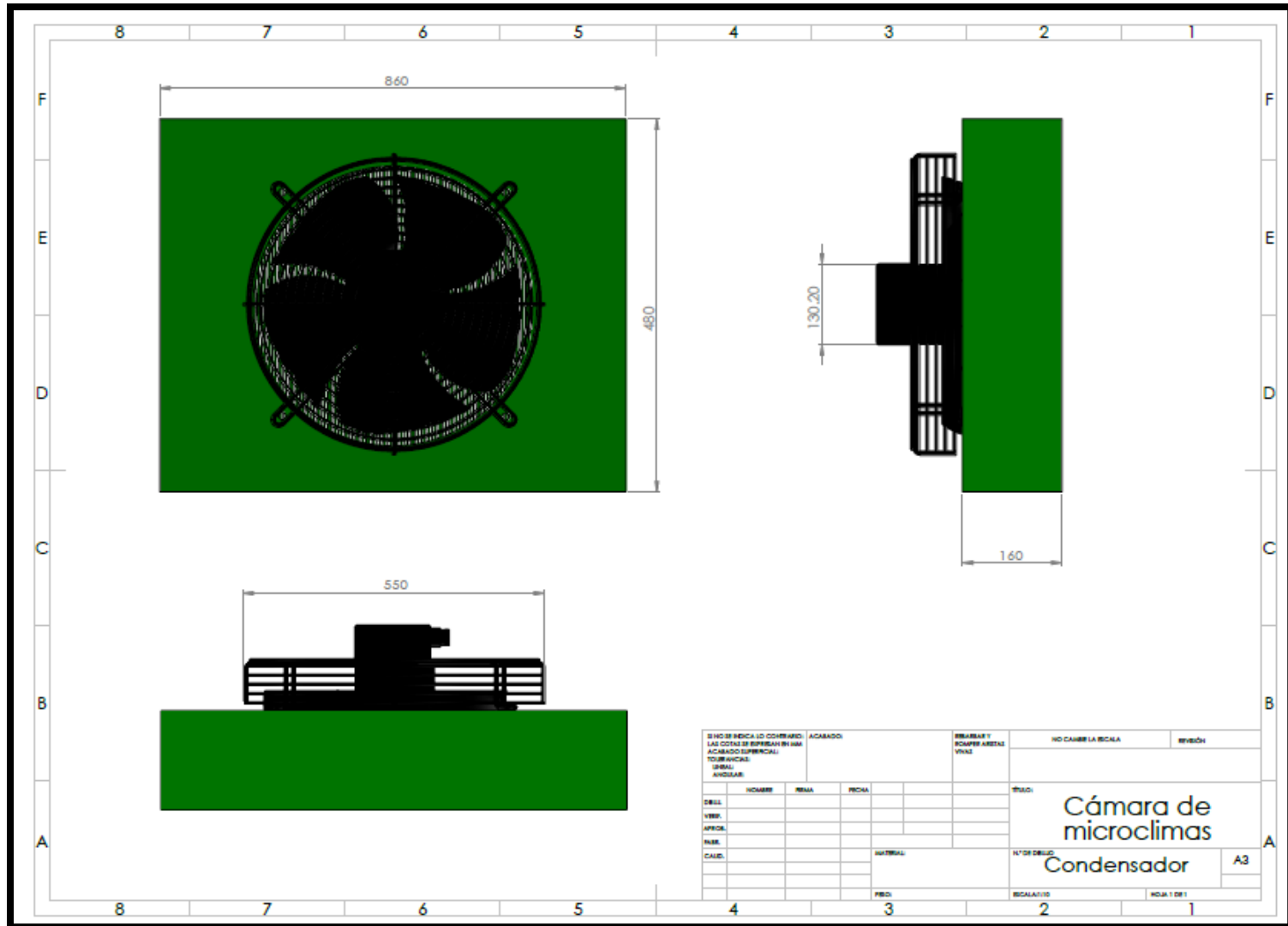
Anexo No. 12: PLANO GENERAL DEL PROYECTO



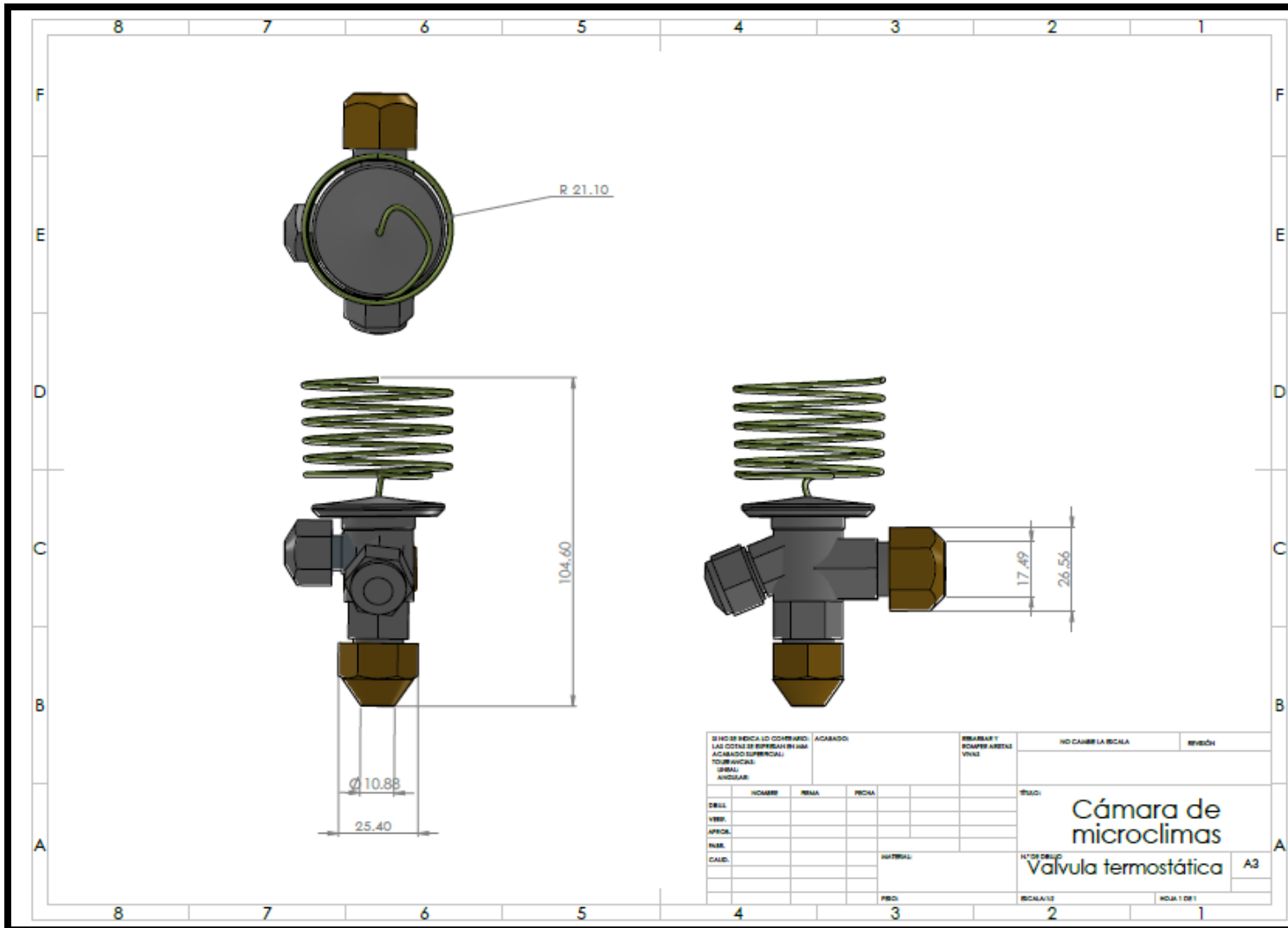
Anexo No. 13: PLANO DE DETALLE DEL PROYECTO



Anexo No. 15: PLANO DEL CONDESADOR



Anexo No. 16: PLANO DE LA VALVULA TERMOSTATICA



Anexo No. 19: PROGRAMACIÓN MATLAB

```

clc, clear all
fprintf('\t\t CALCULOS CÁMARA DE MICROCLIMAS \n')
fprintf('\t\t ===== \n')
disp(' ')
fprintf('Datos Iniciales:\n')
fprintf(' Temperatura mínima           : T1= 0°C \n')
fprintf(' Temperatura máxima                : T2= 30°C \n')
fprintf(' Temperatura ambiente               : Ta= 20°C \n')
fprintf(' Capacidad                          : C= 120 L \n')
fprintf(' Volumen                            : V= 0.21 m3 \n')
fprintf(' Densidad de vapor actual mínimo    : Da1=4 g/m3 \n')
fprintf(' Densidad de vapor actual máximo    : Da2=10 g/m3 \n')
fprintf(' Largo de la cámara                 : l=0.6 m \n')
fprintf(' Ancho de la cámara                 : a=0.5 m \n')
fprintf(' Altura de la cámara                : h=0.7 m \n')
fprintf(' Coeficiente global de transmision de calor de pared para conservación : q1=8 W/m2 \n')
fprintf(' Calor emitido por persona          : q2=270 W \n')
fprintf(' Tiempo de apertura de la máquina  : t=4 hr \n')
T1=0;T2=30;Ta=20;
C=120;V=0.21;
l=0.6;a=0.5;h=0.7;
q1=8;q2=270;t=4;
Da1=4;Da2=10;
Dv1=5.018+0.32321*T1+0.0081847*T1.^2+0.00031243*T1.^3; % em g/m3
Dv2=5.018+0.32321*T2+0.0081847*T2.^2+0.00031243*T2.^3; % em g/m3
HR1=(Da2/Dv2)*100; % en porcentaje
HR2=(Da1/Dv1)*100; % en porcentaje
disp(' ')
fprintf('\t\t Cálculo de la humedad relativa \n')
fprintf('\t\t -----\n')
disp(' ')
fprintf(' Densidad de vapor saturado mínimo Dv1: %5.4f \n\n', Dv1)
fprintf(' Densidad de vapor saturado máximo Dv2: %5.4f \n\n', Dv2)
fprintf(' Humedad relativa mínima HR1: %5.4f \n\n', HR1)
fprintf(' Humedad relativa máxima HR2: %5.4f \n\n', HR2)

```

```

tc1=T2+273;tc2=T1+273; %temperatura a grado Kelvin
COPc=tc1/(tc1-tc2);
COPr=tc2/(tc1-tc2);
S=2*((h*1)+(l*a)+(h*a)); %Superficie de cada cerramiento
Cp=S*q1; % en Watts
Ci=q2*t; % en Watts
i=12*(2*(h*a+h*1));
Ce=i*(t/24); % en Watts
Cc=(Cp+Ci+Ce); % en Watts
Ct=(Cc)+(Cc*0.1); % en Watts
Cr=Ct*(24/16);
Tr=(Cr/10^3)*0.284345;
disp(' ')
fprintf('\t\t Cálculo de la bomba de calor reversible \n')
fprintf('\t\t -----\n')
disp(' ')
fprintf(' Rendimiento del sistema en calefacción COPc: %5.4f \n\n', COPc)
fprintf(' Rendimiento del sistema en refrigeración COPr: %5.4f \n\n', COPr)
fprintf(' Flujo de calor a traves de las paredes Cp: %5.4f \n\n', Cp)
fprintf(' Flujo de calor aportado por las personas Ci: %5.4f \n\n', Ci)
fprintf(' Flujo de calor liberado por iluminación Ce: %5.4f \n\n', Ce)
fprintf(' Flujo de calor total Cc: %5.4f \n\n', Cc)
fprintf(' Flujo de calor total con F.S. Ct: %5.4f \n\n', Ct)
fprintf(' Potencia de la maquinaria Cr: %5.4f \n\n', Cr)
fprintf(' Toneladas de refrigeracion Tr: %5.4f \n\n', Tr)

```

RESULTADOS MATLAB

CALCULOS CÁMARA DE MICROCLIMAS

Datos Iniciales:

Temperatura mínima	: T1= 0°C
Temperatura máxima	: T2= 30°C
Temperatura ambiente	: Ta= 20°C
Capacidad	: C= 120 L
Volumen	: V= 0.21 m3
Densidad de vapor actual mínimo	: Da1=4 g/m3
Densidad de vapor actual máximo	: Da2=10 g/m3
Largo de la cámara	: l=0.6 m
Ancho de la cámara	: a=0.5 m
Altura de la cámara	: h=0.7 m
Coficiente global de transmision de calor de pared para conservación	: q1=8 W/m2
Calor emitido por persona	: q2=270 W
Tiempo de apertura de la máquina	: t=4 hr

Cálculo de la humedad relativa

Densidad de vapor saturado mínimo Dv1: 5.0180
Densidad de vapor saturado máximo Dv2: 30.5161
Humedad relativa minima HR1: 32.7695
Humedad relativa máxima HR2: 79.7130

Cálculo de la bomba de calor reversible

Rendimiento del sistema en calefacción COPc: 10.1000
Rendimiento del sistema en refrigeración COPr: 9.1000
Flujo de calor a traves de las paredes Cp: 17.1200
Flujo de calor aportado por las personas Ci: 1080.0000
Flujo de calor liberado por iluminación Ce: 3.0800
Flujo de calor total Cc: 1100.2000
Flujo de calor total con F.S. Ct: 1210.2200
Potencia de la maquinaria Cr: 1815.3300
Toneladas de refrigeracion Tr: 0.5162

Anexo No. 20: PROGRAMACIÓN DISEÑO PARAMETRICO

```
% CAMIC - Programa auxiliar para el diseño parametrico de una camara climatica
% Por: JVA
% Al: 17/07/17
%✓
-----✓

clc, clear all, close all
% CONSTANTES
g = 32.2; % (pie/s^2) Aceleracion de la gravedad
% Parametros de definicion del problema
l = 0.6; % (m) Largo de la máquina
a = 0.5; % (m) Ancho de la máquina
h = 0.7; % (m) Altura de la máquina
ql = 8; % (W/m2) Coeficiente global de transmision de calor de pared para conservación
% OPERACIONES
% Variables de diseño
T = 0:0.5:30; % (°C) Temperatura de la cámara
Da = 4:1:10; % (g/m3) Densidad de vapor actual
m = size(Da,2)
for k = 1:m
    [ Dv,HR,PR,Cp, Ci,Ce,Cr ] = calcmic (T,l,a,h,ql,Da(k))
    plot(T,Dv)
    hold on
end
hold off
xlabel('Temperatura de la cámara , T (°C)'), ylabel('Densidad de vapor saturado , Dv (g/m3)')
title('Grafico parametrico de "T" versus "Dv" de parametro "Da" ')
grid on
%
figure
for k = 1:m
    [ Dv,HR,PR,Cp, Ci,Ce,Cr ] = calcmic (T,l,a,h,ql,Da(k))
    plot(T,HR,'color','g','LineWidth',6/k)
    hold on
end
hold off
xlabel('Temperatura de la cámara , T (°C)'), ylabel('Humedad relativa , HR (%)')
title('Grafico parametrico de "T" versus "HR" de parametro "Da" ')
grid on
legend(num2str(Da(1)),num2str(Da(2)),...
       num2str(Da(3)),num2str(Da(4)),...
       num2str(Da(5)),num2str(Da(6)),...
       num2str(Da(7)))
%
figure
for k= 1:m
    [ Dv,HR,PR,Cp, Ci,Ce,Cr ] = calcmic (T,l,a,h,ql,Da(k))
    plot(T,PR,'color','b','LineWidth',6/k)
    hold on
end
```

```

hold off
xlabel('Temperatura de la cámara , T (°C)'), ylabel('Punto de rocío , PR (°C)')
title('Grafico parametrico de "T" versus "PR" de parametro "Da" ')
grid on
legend(num2str(Da(1)),num2str(Da(2)),...
        num2str(Da(3)),num2str(Da(4)),...
        num2str(Da(5)),num2str(Da(6)),...
        num2str(Da(7)))
%
figure
for k= 1:m
    [ Dv,HR,PR,Cp, Cl,Ce,Cr ] = calcmic (T,l,a,h,q1,Da(k))
    plot(T,Cr,'color','r','LineWidth',6/k)
    hold on
end
hold off
xlabel('Temperatura de la cámara , T (°C)'), ylabel('Potencia del sistema , Cr (W)')
title('Grafico parametrico de "T" versus "Cr" de parametro "t" ')
grid on
legend(num2str(Da(1)),num2str(Da(2)),...
        num2str(Da(3)),num2str(Da(4)),...
        num2str(Da(5)),num2str(Da(6)),...
        num2str(Da(7)))
%

```

Anexo No. 21: PROGRAMACIÓN DISEÑO PARAMETRICO FORMULAS

```

funcion [ Dv,HR,FR,Cp, Ci,Ce,Cr ] = calcmic (T,l,a,h,q1,Da)
% CALCMIC Realiza los calculos de performance
% -----
% Calculos de Performance - Parametros de evaluacion de la solucion
Dv=5.018+0.32321*T+0.0081847*T.^2+0.00031243*T.^3      % (gm/m3) Densidad de vapor
saturado
HR=100*Da./Dv                                         % (%) Humedad relativa
FR=((HR/100).^ (1/8)).*(110+T)-110;                   % (°C) Temperatura de punto de
rocio
q2=270-(6*T)                                          % (W) Calor transferido por
persona
Cp=(2*((h*1)+(l*a)+(h*a)))*q1                        % (W) Flujo de calor a traves de
las paredes
Ci=q2*Da                                              % (W) Flujo de calor aportado por
las personas
Ce=(12*(2*(h*a+h*1)))*(Da/24)                       % (W) Flujo de calor liberado por
iluminación
Cr=((Cp+Ci+Ce)*1.1)*(24./16)                          % (W) Potencia de la maquinaria
end

```

Anexo No. 22: NOMENCLATURA DE VALVULA DE EXPANSIÓN

Nomenclatura ejemplo: AFAE 1/2 HC 5 FT 3/8 x 1/2 SAE ANG

AF	A	E	1/2	H	C	5 FT	3/8 x 1/2	ODF	ANG
Serie de la Válvula Diseño Hermético	Ajuste de Sobre-calentamiento A = Ajustable	Igualador E = Externo Omitir para interno	Capacidad Nominal de Refrigeración en Tons (Ver tabla de capacidades nominales abajo).	Código para Refrigerante +F = R-12 • H = R-22 +M = R-134a • N = R-407C *P = R-507 *S = R-404A Z = R-410A	Código de la Carga C = temp media CA = bomba de calor W(MOP) = limitante de presión Z = baja temp AA = rango amplio	Longitud del Tubo Capilar 30 In & 5 FT (std)	Medidas de Conexión de Entrada y Salida 1/4 x 3/8 3/8 x 1/2	Tipo de Conexión SAE = flare	Configuración ANG = conexión angular 90°

Fuente: <http://www.emersonclimate.com/es-la/products/>