



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Ingeniería Electromecánica

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA
TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE
REFRIGERACIÓN ASISTIDO POR COMPUTADOR, PARA EL
ANÁLISIS DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN MEDIANTE EL
DIAGRAMA DE MOLLIER.**

AUTOR:

QUINGA CAIZA, GIOVANNI PATRICIO

DIRECTOR:

ING. ACUÑA COELLO, FAUSTO VINICIO





ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Agenda de Diapositivas

- Planteamiento del Problema
- Justificación
- Objetivos
- Marco Teórico
- Metodología
- Análisis de Resultados
- Propuesta



ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Planteamiento del Problema

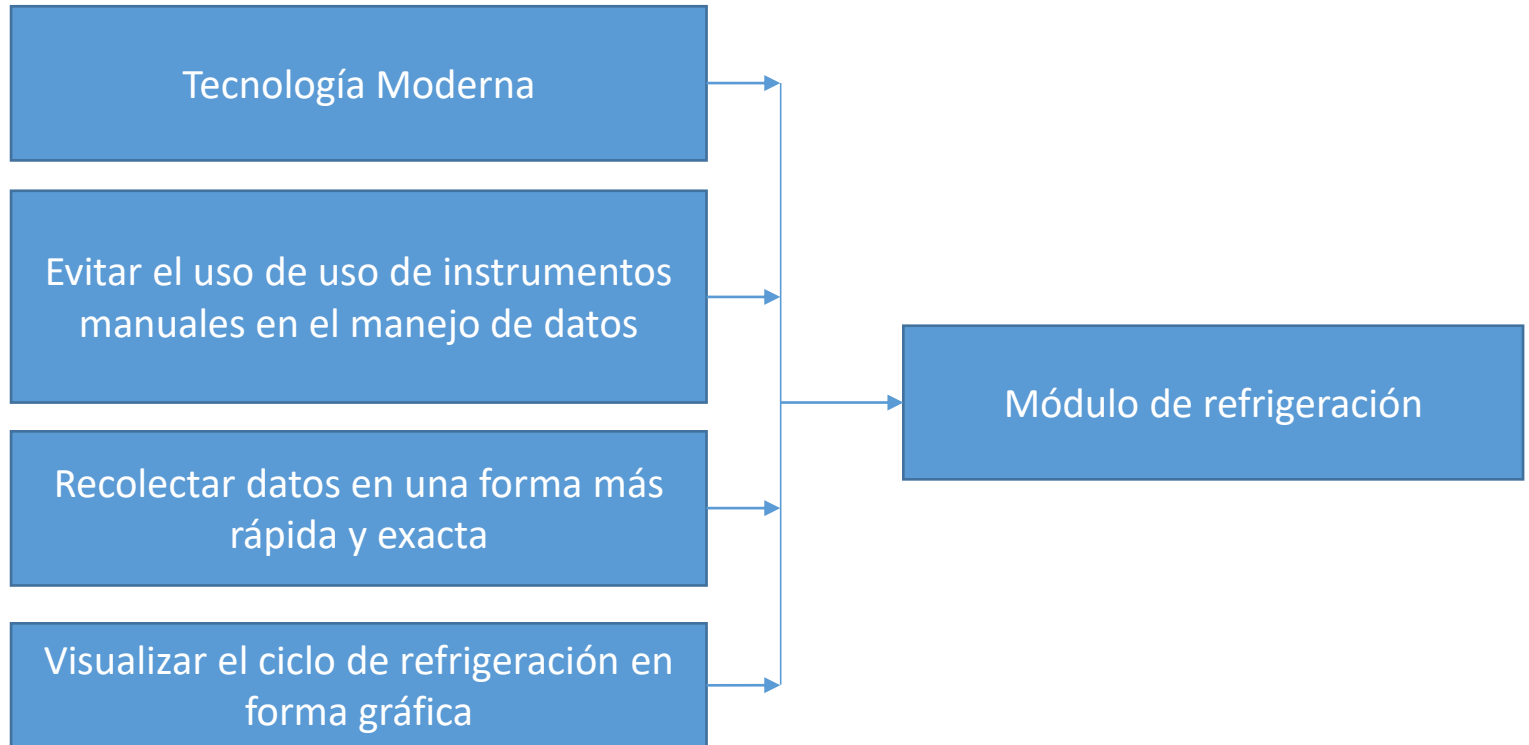
En la actualidad en el Laboratorio de Refrigeración y Aire Acondicionado cuenta con equipos antiguos, en estos módulos la recolección de datos se lo realiza de una forma manual y con equipos análogos los cuales no son confiables al momento de realizar las practicas, el problema de estos equipos es el o poder recolectar los datos suficientes para la representación gráfica del ciclo de refrigeración para luego ser analizado mediante el diagrama de Mollier, por esta razón surge la necesidad de realizar el presente proyecto.



ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Justificación e Importancia



Objetivo General

Diseñar y construir un módulo de refrigeración asistido por computador para el análisis del ciclo de refrigeración mediante el diagrama de Mollier.

Objetivos Específicos

- Recopilar información acerca de sistemas de refrigeración asistidos por computador.
- Diseñar y construir el módulo didáctico de refrigeración asistido por computador.
- Implementar el sistema de refrigeración asistido por computador.
- Realizar el análisis del ciclo termodinámico de refrigeración mediante el diagrama de Mollier con los datos obtenidos del sistema de refrigeración.



DIAGRAMAS DE CICLOS

La representación gráfica del ciclo de refrigeración nos permite observar simultáneamente las condiciones deseadas de los diferentes cambios que ocurren en la condición del refrigerante durante el ciclo y el efecto de cambio que produce en el ciclo, los diagramas usualmente usados con frecuencia para el análisis del ciclo de refrigeración son los de presión-entalpía (ph) y temperatura-entropía (Ts), el cual el más usado es el de

Diagrama P-H

El diagrama presión-entalpía del refrigerante 134a. la condición del refrigerante en cualquier estado termodinámico se puede representar por un punto en el diagrama (ph), este punto se representa a la condición del refrigerante para cualquier estado termodinámico el cual puede ser trazado si se conoce dos propiedades cualesquiera del estado del refrigerante



DIAGRAMAS DE CICLOS

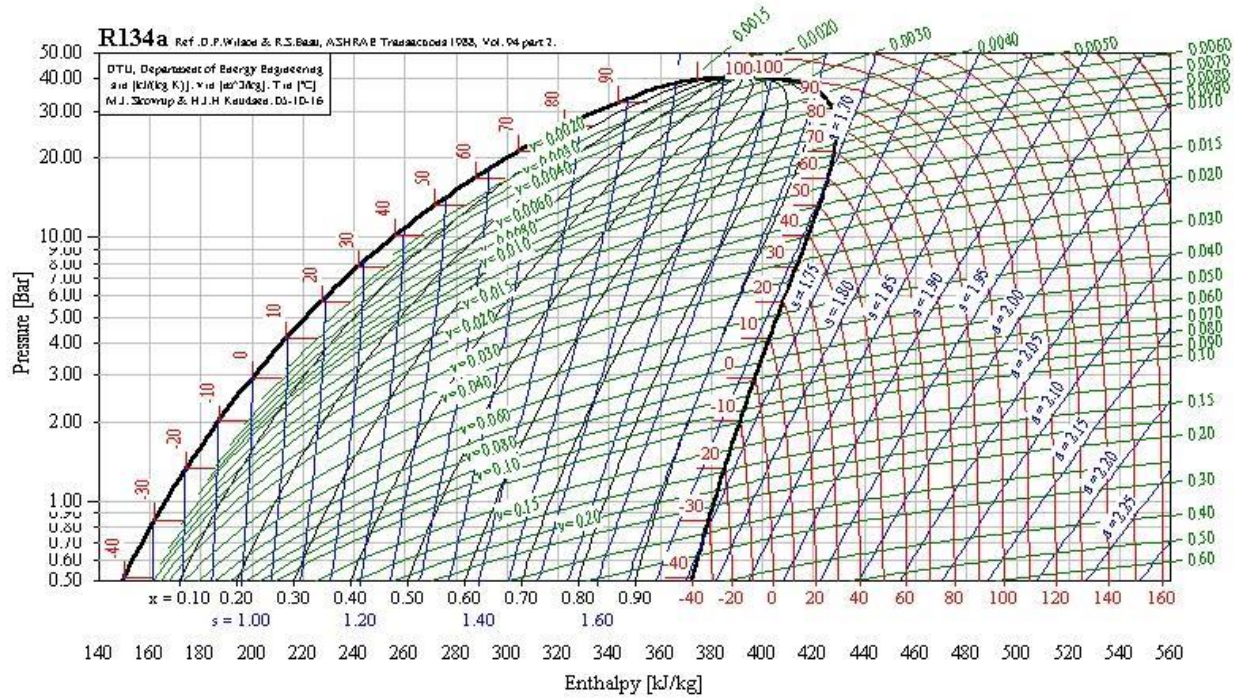


Figura 1. Diagrama presión-entalpía para el refrigerante

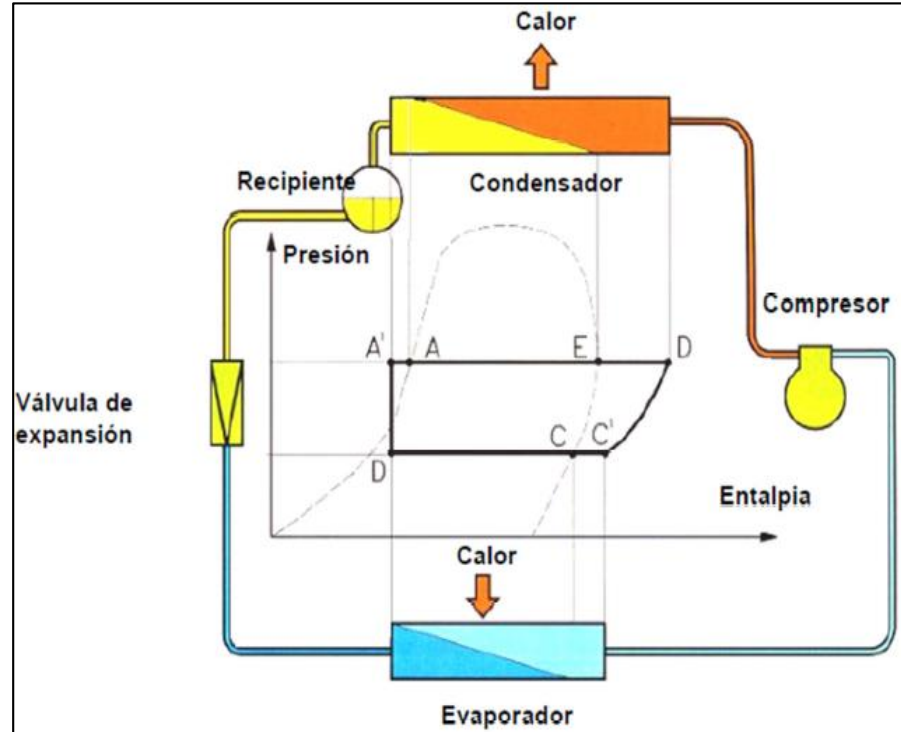


DIAGRAMAS DE CICLOS

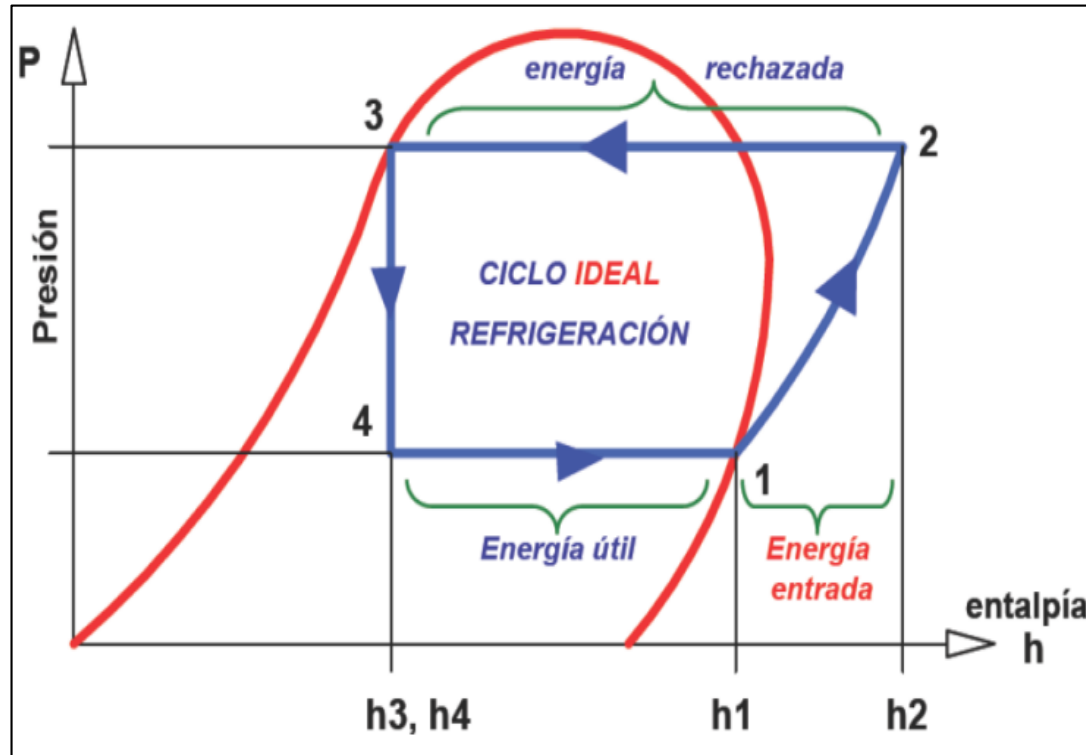


Figura 2. Esquema p-h mostrando las tres regiones

CICLO TERMODINÁMICO DE REFRIGERACIÓN



Secuencia del Ciclo de Refrigeración



METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- Antecedentes Investigativos
- Fundamentación Legal
- Hipótesis
- Variables de Investigación
- Operación de las variables
- Modalidad de Investigación
- Investigación bibliográfica
- Investigación sistemática



RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Fluido de Trabajo

Refrigerante	Temperatura °C		
	Ebullición	Critica	Congelación
R-22a	-40.8	96.2	-160
R-134a	-26.1	101.1	-96.6
R-404a	-46.6	72.1	-----
R-409a	-34,5	107	-----

Evaporador:

Evaporador de la serie TE17 marca ONDA de capacidad de 17Kw

Evaporador marca Thermo-Coil modelo EM-SRD-1con capacidad de o.30kw

Evaporador marca Thermo-coil modelo CT-00092

Las empresas Lab-Volt y EBIDON utilizar el evaporador de aire forzado con un ventilador de velocidad regulable.



RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Condensador

Condensador es de tipo multitubular de carcasa, marca COFRICA modelo RS-25

Condensador de tipo enfriado por aire con aletas marca ECASA

La empresa EBIDON usa el condensador de aire de 290 m³/h y 1,5 m² de área, con ventilador.

La empresa Lab-Volt usa el condensador de aire forzado

Válvula de Expansión :

Válvula de expansión modelo 068Z3346 de una presión de trabajo 3,4MPa

Válvula de expansión termostática de ecualizador inter marca Danfoss modelo TS 2-0.11 Gama N.

Válvulas de expansión termos ticas marca ALCO modelo TIE SW

Tubo capilar Boreal 212 de cobre

Válvula de expansión electrónica Sb88, Sb89, Sb90, Sb91, Sb92



Parámetros de Diseño

Dimensiones

Ancho: 1.35m (4.429ft)

Largo: 0.70m (2.297ft)

Altura: 1.00m (3.281ft)

Válvula de Expansión :

Válvula de expansión modelo 068Z3346 de una presión de trabajo 3,4MPa

Válvula de expansión termostática de ecualizador inter marca Danfoss modelo TS 2-0.11 Gama N.

Válvulas de expansión termostáticas marca ALCO modelo TIE SW

Tubo capilar Boreal 212 de cobre

Válvula de expansión electrónica Sb88, Sb89, Sb90, Sb91, Sb92



Posiciones y Ejercicios a Realizar

Material	Espesor (pulgadas)	"R"	"U"	Material	Espesor (pulgadas)	"R"	"U"		
Espuma de TPoliestireno Styrotoam "SM" (Azul) Raíz de Styrotoam (Azul)	1	5.0	0.2	Bastones de fibra de vidrio	1	3.0	0.33		
	2		0.1		2.5		0.15		
	3		0.07		3.5		0.1		
	4		0.05		6		0.07		
	5		0.07	Corcho	1	3.3	0.3		
	6		0.035		2		0.18		
	8		0.025		3		0.1		
					4		0.075		
Espuma de poliuretano	1	6.25	0.16	Aserrin	5	1.68	0.07		
	2		0.08		6		0.06		
	3		0.055		8		0.04		
	4		0.04		9		0.02		
	5		0.032		10		0.01		
	6		0.027						
	8		0.02						
Fibra de vidrio rígida	1	4.0	0.25						
Styrotoam Beadboard (White)	1	3.57	0.28		Madera		1	1.2	0.85
	2		0.14						
	3		0.09	Blackjoe	0.5	1.0	0.8		
	4		0.07						
	5		0.055	Hormigòn	1	0.1	10		
	6		0.045						
	8		0.035						



Posiciones y Ejercicios a Realizar

Aislamiento de la pared factor "U"	Designación de diferencial de temperatura (°F)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.01	2.4	4.8	7.2	9.6	12	14.4	16.8	19.2	21.6	24
0.02	4.8	9.6	14.4	19.2	24	28.8	33.6	38.4	43.2	48
0.025	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
0.030	7.2	14.4	21.6	28.8	36	43.2	50.4	57.6	64.8	72
0.035	8.4	16.8	25.2	33.6	42	50.4	58.8	67.2	75.6	84
0.040	9.6	19.2	28.8	38.4	48	57.6	67.2	76.4	86.4	96
0.045	10.6	21.6	32.4	43.2	54	64.8	75.6	86.4	97.2	108
0.050	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
0.055	13.2	26.4	39.6	52.8	66	79.2	92.4	105.6	118.8	132
0.060	14.4	28.8	43.2	57.6	72	86.4	100.8	115.2	129.6	144
0.065	15.6	31.2	46.8	62.4	78	93.6	109.2	124.8	139.4	156



Posiciones y Ejercicios a Realizar

roducto	Temperatura de almacenamiento (°F)	Humedad relativa %	Duración aproximada de almacenamiento	Contenido de humedad %	Mayor congelación	Calor específico por encima de 32°F $\frac{BTU}{lb^{\circ}F}$	Calor específico por debajo de 32°F $\frac{BTU}{lb^{\circ}F}$	Calor latente
Brócoli	32	95-100	10 a 14 días	90	30.9	0.92	0.47	130
Caños de brucas	32	95-100	3-5 semanas	85	30.6	0.88	0.46	122
col	32	95-100	5-6 meses	92	30.4	0.94	0.47	132
lechuga	32-34	95-100	2-3 semanas	95	31.7	0.96	0.48	136
Cebolla verde	32	95-100	3-4 semanas	89	30.4	0.91	0.47	127



Posiciones y Ejercicios a Realizar

Características	Refrigerante		
	R-22a	R-134a	R-404a
Calor latente de vaporización (BTU/lb)	88,45	84,307	73,95
Volumen específico de vapor ($\frac{ft^3}{lb}$)	0,71	1,041	0,51
Efecto refrigerante (BTU/h)	64,24	58,867	43,86
Hp por tonelada de refrigerante	1,13	1,06	1,19
Coefficiente de rendimiento (C.O.P.)	4,16	4,41	3,92
Temperatura de descarga del compresor (°C)	60	48,8	50
Presión evaporador(Psi)	76,314	44,915	101,52
Presión condensante(Psi)	243,4	161,04	290,07
Inflamabilidad y explosividad	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Costo de refrigerante 24lb(USD)	85,7	183,64	202
Ozone depletion potential (ODP)	0,05	0	0
Disponibilidad del mercado	Si	Si	Si



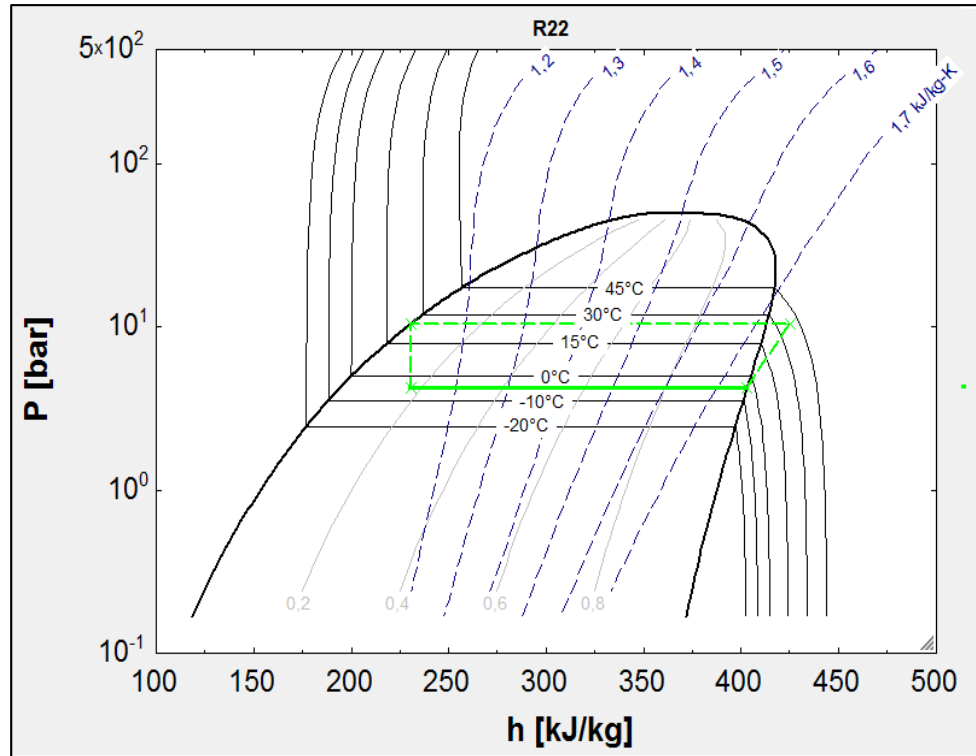
Posiciones y Ejercicios a Realizar

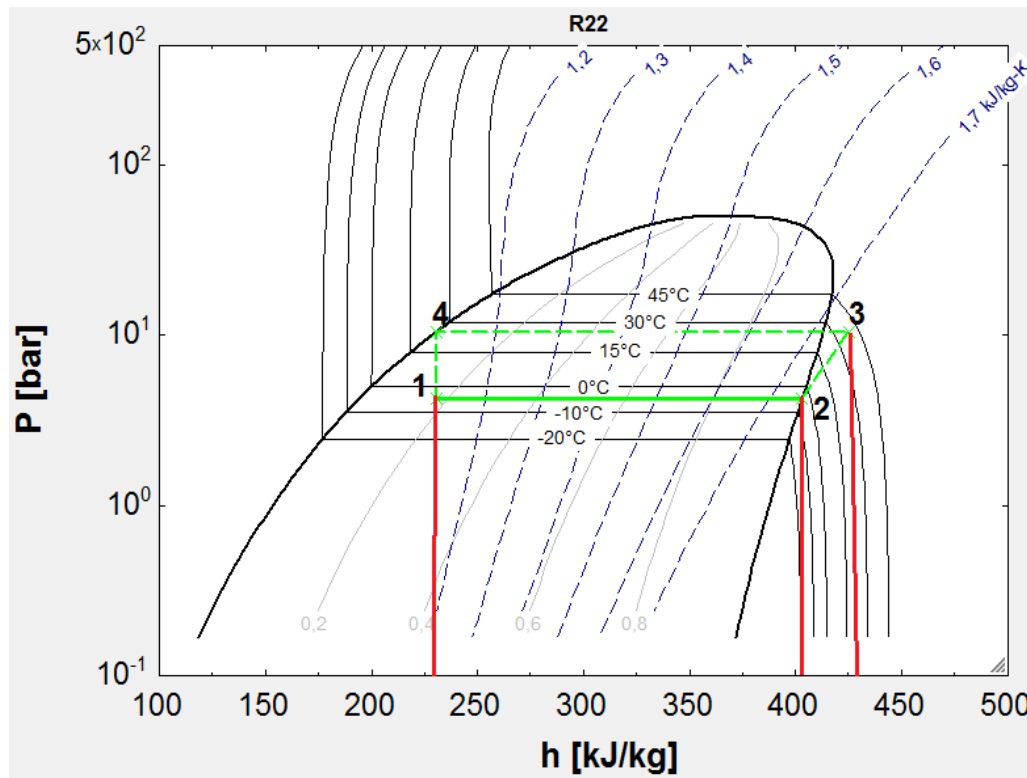
Características	Refrigerante		
	R-22a	R-134a	R-404a
Calor latente de vaporización (BTU/lb)	3	2	1
Volumen específico de vapor $\left(\frac{ft^3}{lb}\right)$	2	1	3
Efecto refrigerante (BTU/h)	3	1	2
Hp por tonelada de refrigerante	2	1	3
Coefficiente de rendimiento (C.O.P.)	2	1	3
Temperatura de descarga del compresor (°C)	1	3	2
Presión evaporadora (Psi)	2	3	1
Presión condensante (Psi)	3	2	1
Inflamabilidad y explosividad	3	3	3
Costo de refrigerante 24lb (USD)	3	2	1
Ozone depletion potential (ODP)	2	3	3
Disponibilidad del mercado	Si	Si	Si
Suma	26	23	23

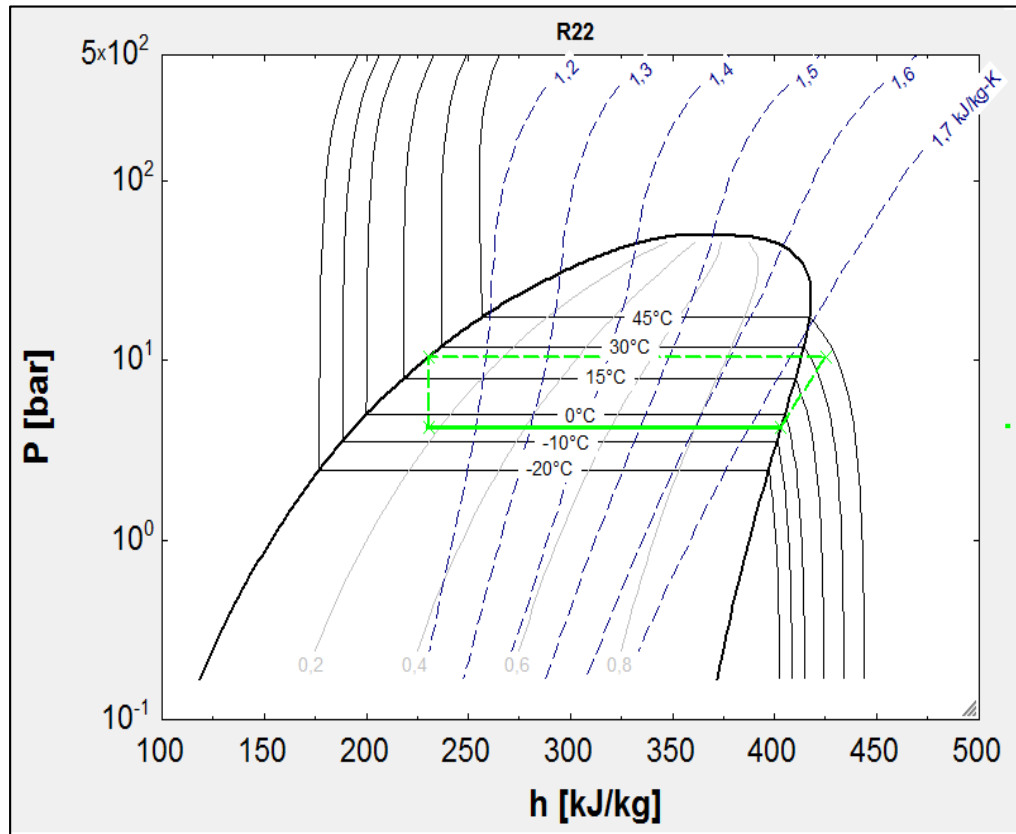


Modelo	Capacidad			Superficie intercam.	Caudal de aire	ventilador	Calefactor	Conexiones			Vol.		
	Tev 0°C DT °8	Tev -8°C DT °8	Tev -28°C DT °8					N°*Pot./Cons	Entr.	Sali.		Des	Int.
	Kcal/hr	Kcal/hr	Kcal/hr										
ECC 6A-252/9	2.226	2.178	1.792	8.6	2.800	2*250	3*953W/4.3A	5/8"	5/8"	HE 1"	2		
ECC 6A-252/13	2.977	2.913	2.397	12.9	2.740	2*250	3*953W/4.3A	5/8"	5/8"	HE 1	3		
ECC 6A-253/13	3.339	3.267	2.689	12.9	4.200	2*250	3*953W/4.3A	5/8"	5/8"	HE 1	2.9		









Validación de Hipotesis

	Valores teóricos		Valores de laboratorio	
	Lado de alta	Lado de baja	Lado de alta	Lado de baja
Presión (bar)	10.557	4.58	10.2	4.8
	Temperatura(°C)	Condensación	Evaporación	Condensación
27.4		-2.77	24.83	-1.77



Conclusiones

- Mediante la investigación realizada de sistemas de refrigeración asistidos por computador se encontró a la empresa EDIBON, se dedica a la construcción de sistemas de refrigeración didácticos, esta empresa utiliza el software labview para el control y adquisición de datos, por lo que a estos módulos son completos a la hora de realizar los laboratorios, una ventaja de estos equipos es que a la hora de realizar la curva de refrigeración esta la gráfica directamente en el ordenador.
- Se diseñó el sistema de refrigeración asistido por computador, en base a un sistema de compresión de refrigerante ya que este sistema es el más usado al momento de la construcción de sistema didácticos, el diseño actual está hecha para una carga frigorífica de 0.5073 kw, con una temperatura ambiente de 61.7°F y una temperatura interna de la cámara de 33.8°F el modulo está diseñado para el laboratorio de refrigeración, aunque los equipos están sobre dimensionados para futuros proyectos para una carga frigorífica de 2,5kw, este cambio se lo realizo por el motivo del uso de sus elementos que pueden dar una mayor capacidad de funcionamiento.
- La implementación del módulo en forma operativa demuestra los principios básicos del ciclo de refrigeración, por lo que se facilita el entendimiento de cada componente en el proceso termodinámico en el que se aprovecha el efecto físico que se produce, el cambio de fase que se origina en el refrigerante de condensación a evaporación y viceversa, extrayendo el calor del entorno, el sobre calentamiento y el subenfriamiento del sistema, para el mejor aprendizaje de los estudiantes.



Recomendaciones

- Una posibilidad también es la de implementar un HMI para la recolección de datos de las diferentes variables que ayudaran para la realización de la curva de refrigeración en la gráfica del diagrama de Mollier
- El módulo está diseñado para el laboratorio de refrigeración por lo que los equipos están sobre dimensionados lo conveniente sería la construcción de una cámara con las medidas reales para los que fue dimensionado los equipos, para la simulación del sistema de transporte de refrigeración.
- El equipo consta con el control VX-950 plus, este controlador tiene varias aplicaciones dentro de los sistemas de refrigeración, por lo que sería lo ideal seguir con el estudio del elemento conjuntamente con la válvula de expansión electrónica y de esta manera poder seguir implementando el laboratorio de refrigeración.



GRACIAS



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA