

T
621.567
GRI

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DEL LITORAL**

INSTITUTO DE TECNOLOGIAS

**Programa de Tecnología en Mecánica
(PROTMEC)**

Proyecto tecnológico de graduación

TEMA:

“ Remodelación del taller de Refrigeración
Industrial del Programa de Tecnología en
Mecánica ”



BIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLOGICAS

Perteneciente a:

Adrián Fernando Grijalva Cevallos

Vigésimo Sexta promoción



1999



D-24520

ESPOL
1999-09-013

Guayaquil - Ecuador

Programa de Tecnología en Mecánica
(PROTMEC)

Proyecto tecnológico de graduación

T E M A:

“ Remodelación del taller de Refrigeración
Industrial del Programa de Tecnología en
Mecánica ”

Perteneciente a:

Adrián Fernando Grijalva Cevallos

Vigésimo Sexta promoción


PROMEDIO FINAL: _____



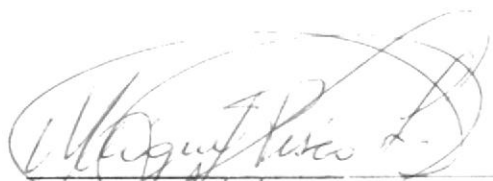
BIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS



BIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS



Director del proyecto



Coordinador del PROTMEC

Guayaquil - Ecuador

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto tecnológico de graduación, me corresponde exclusivamente y el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

Fernando Grijalva Cevallos



BIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLOGICAS

TABLA DE CONTENIDO



BIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

INTRODUCCIÓN	1
TÍTULO DEL PROYECTO	1
OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	1
METAS DEL PROYECTO	1
UNIDAD 1	2
CONCEPTOS GENERALES.....	2
UNIDAD 2	5
REFRIGERANTES.....	5
UNIDAD 3	8
CIRCUITO BÁSICO DE REFRIGERACIÓN.....	8
UNIDAD 4	11
ACCESORIOS MECÁNICOS UTILIZADOS EN LOS CIRCUITOS DE REFRIGERACIÓN.....	11
UNIDAD 5	13
CONSTRUCCIÓN DE UN PANEL DIDÁCTICO DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL.....	13
ESTIMACIÓN DE COSTOS.....	14
UNIDAD 6	17
PLANIFICACION GENERAL DEL PROYECTO.....	17
UNIDAD 7	19
PLANOS DE CONEXIÓN.....	19
ANEXOS	
GRAFICA PRESION ABSOLUTA Vs ENTALPIA.....	20
TABLA 1: BTU NECESARIOS PARA HERVIR UNA LIBRA DE REFRIGERANTE LIQUIDO	
TABLA 2: ESPECIFICACIONES DE TAMAÑO DE TUBOS DE COBRE COMUNES	

INTRODUCCIÓN

TITULO DEL PROYECTO

Remodelación del taller de Refrigeración Industrial del Programa de Tecnología en Mecánica.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

- ◆ Readecuar los equipos y las ayudas audiovisuales que se encuentran en el laboratorio existente.
- ◆ Diseñar y construir equipos didácticos donde se pueda verificar y comprobar correctamente el **ciclo básico de refrigeración**.

METAS DEL PROYECTO

- ◆ Que el Programa de Tecnología en Mecánica cuente con un laboratorio de Refrigeración Industrial acorde con los requerimientos de la Industria Ecuatoriana.
- ◆ Que el laboratorio genere recursos económicos para el Programa de Tecnología en Mecánica, por medio del dictado de cursos y/o seminarios que sean dictados en un futuro inmediato.
- ◆ Que el laboratorio sea una herramienta básica para la formación de futuros tecnólogos en la rama técnica de la Refrigeración industrial.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
DEL ECUADOR
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS

UNIDAD 1

CONCEPTOS GENERALES

1.1.- Calor.

Es una forma de energía. Termodinámicamente se define como energía en tránsito de un cuerpo a otro como resultado de una diferencia de temperaturas entre 2 cuerpos tal como se muestra en la figura 1.

1.2.- Frío.

Es un término relativo que se refiere a la carencia de calor en objeto o espacio.

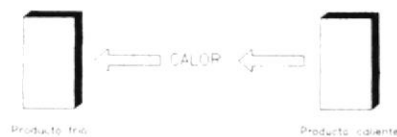


Figura 1: Energía en tránsito

1.3.- Energía Interna.

La energía interna de un cuerpo o de un fluido, es la suma de las energías cinética y potencial que contiene dicho cuerpo o fluido.

1.4.- Estados de la materia.

La materia puede existir en 3 diferentes fases o estados que a saber son:

- ◆ Como un sólido.
- ◆ Como un líquido; y
- ◆ Como un gas

1.5.- Temperatura.

Es una propiedad de la materia. Es una medida del nivel de energía interna que posee un cuerpo.

1.6.- Métodos de transferencia de calor.

La transferencia (figura 2) de calor ocurre de 3 diferentes maneras:

- ◆ Conducción.- Ocurre cuando la energía es transmitida por contacto directo entre las moléculas de dos o más cuerpos.
- ◆ Convección.- Ocurre cuando el calor se desplaza de un lugar a otro por medio de corrientes establecidas mediante un medio que fluye.
- ◆ Radiación.- Ocurre en la forma de movimiento ondulatorio similar a ondas ligeras en donde la energía se transmite de un cuerpo a otro sin necesidad de la intervención de la materia.

1.7.- Unidad Térmica Británica (BTU).

Se conoce como BTU a la cantidad de calor necesaria para cambiar la temperatura de una libra masa de agua a 1°F .

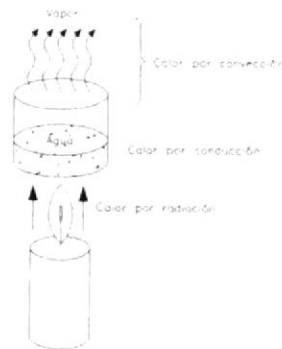


Figura 2: Métodos de transferencia de calor

1.8.- Calor específico.

El calor específico de cualquier sustancia es la cantidad de energía en BTU necesaria para producir un cambio de temperatura de 1°F a una libra de masa de dicha sustancia.

1.9.- Calor sensible y calor latente.

A la energía térmica que cause o produzca un cambio en la temperatura de una sustancia se le llama calor sensible, mientras que a la energía térmica que cause o produzca un cambio de fase (por ejemplo de fase sólida a fase líquida) de la sustancia se le llama calor latente.

1.10.- Temperatura de saturación.

Es la temperatura a la cual un fluido cambia de fase líquida a fase de vapor, o a la inversa. Un líquido a la temperatura de saturación se le llama líquido saturado y un vapor a la temperatura de saturación se le llama vapor saturado.

1.11.- Refrigeración.

Es la remoción de calor no deseado desde espacios u objetos seleccionados y su transferencia a otros espacios u objetos tal como se muestra en la figura 3.

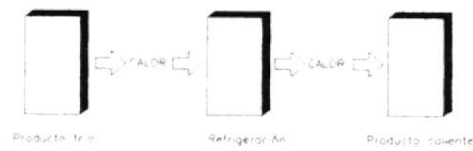


Figura 3: Flujo de calor en la Refrigeración



BIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

UNIDAD 2

REFRIGERANTES

Los refrigerantes (figura 4) son los fluidos vitales en los sistemas de refrigeración mecánica. Absorben el calor del lugar donde no se desea y lo trasladan a otro por la particularidad que tienen de hervir a muy bajas temperaturas.

En la selección y usos de un refrigerante en un proyecto específico y especializado, las siguientes características deben tenerse en consideración:

◆ Propiedades Químicas:

- Inflamabilidad.
- Explosividad.
- Toxicidad.
- Estabilidad.

◆ Propiedades físicas:

- Punto de ebullición.
- Punto de congelamiento.
- Volumen específico.
- Densidad.
- Presión crítica.
- Temperatura crítica.
- Contenido de calor latente.
- Miscibilidad con el aceite.
- Detección de fugas.

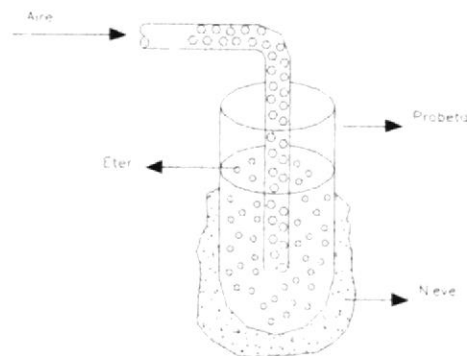


Figura 4: El éter se enfría al evaporarse con el aire

2.1.- CLASES DE REFRIGERANTES.

En la tabla 2.1 se muestran las diferentes clases de refrigerantes que se utilizan en la industria, de los cuales vamos a citar las características técnicas de los más utilizados en la industria ecuatoriana.

2.2.- Dicloro difluorometano (R-12).

Refrigerante muy popular, conocido como Freón 12, no es venenoso ni irritante. La concentración de más de 20% produce amnesia total y a más de 1000°F se descompone y forma un gas muy irritante.

No corroe ningún metal utilizado en la refrigeración, además de ser miscible con el aceite en cualquier proporción. Es inodoro en concentraciones de menos del 20% y se lo puede detectar fácilmente (fugas en el sistema) con agua jabonosa o con el detector de tipo llama.

TABLA 2.1
CLASES DE REFRIGERANTES UTILIZADOS POR LA INDUSTRIA

Designación	Nombre	Fórmula	Peso molecular	Punto de ebullición en °F
R-10	Carbontetracloruro	CCL_4	153.8	170.2
R-11	Tricloromonofluorometano	CCL_3F	137.4	74.8
R-12	Diclorodifluorometano	CCL_2F_2	120.9	-21.6
R-13	Monoclorotrifluorometano	$CCLF_3$	104.5	-114.6
R-20	Cloroformo	$CHCL_3$	119.4	142
R-21	Dicloromonofluorometano	$CHCLF_2$	102.9	48.1
R-22	Monoclorodifluorometano	$CHCLF_2$	86.5	-41.4
R-23	Trifluorometano	CHF_3	70.0	-117.9
R-32	Fluoruro de metileno	CH_2F_2	52.0	-61.4
R-111	Pentacloromonofluoroetano	CCL_3CCL_2F	220.3	279
R-113	Triclorodifluoroetano	CCL_2FCCLF	187.4	117.6
R-143	Trifluoroetano	CH_3CF_3	84	-53.5
R-717	Amoníaco	NH_3		-28
R-764	Dióxido de azufre	SO_2		14

En la tabla 2.2 se muestra la cantidad de BTU necesarios para hervir una libra de los refrigerantes más utilizados.

2.3.- Amoníaco (R-717)

Es el refrigerante de más utilización a nivel industrial. En contacto con el agua forma hidróxido de amonio que es peligroso para las personas, ya que puede arruinar los alimentos. El hidróxido de amonio no afecta al hierro a al acero, no así el bronce y el latón, los cuales se corroen con facilidad.

El amoníaco tiene muy baja solubilidad en el aceite, ya que es más ligero que el aceite. No arde con facilidad en el aire si no está caliente. A más de 1600°F se descompone y forma una mezcla explosiva.

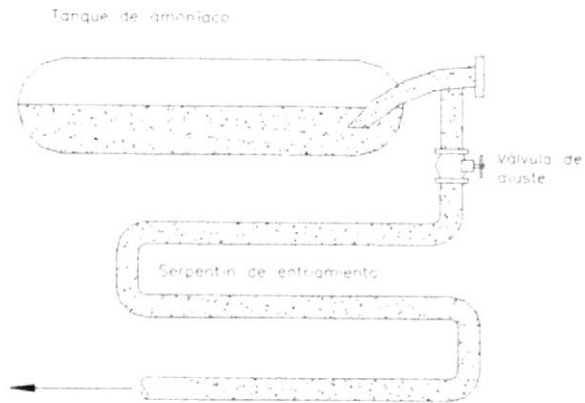


Figura 5: Aprovechamiento de la evaporación del refrigerante



BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL VALLE DE MÉXICO

UNIDAD 3

CIRCUITO BÁSICO DE REFRIGERACIÓN

Un circuito básico de refrigeración (figura 6) es un sistema que utiliza componentes mecánicos y eléctricos, para poder transferir calor de un objeto hacia otro como se mostró en capítulos anteriores.

Consta esencialmente de 4 componentes que son:

- ◆ Evaporador
- ◆ Compresor
- ◆ Condensador; y,
- ◆ Válvula de expansión



BIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

3.1.- Evaporadores.

El evaporador o serpentín de enfriamiento es la parte del sistema de refrigeración donde se retira el calor del producto, aire, agua o lo que deba enfriarse. Cuando el refrigerante entra en los pasajes del evaporador, absorbe calor de los productos que va a ser enfriados, y cuando absorbe este calor de la carga empieza a hervir y se vaporiza.

Existen diferentes tipos de evaporadores, los más utilizados se detallan a continuación:

- Evaporador tipo serpentín.
- Evaporador de placas.
- Evaporador de tubos.
- Evaporador tipo baudelot.

3.2.- Compresores.

Esta unidad tiene 2 funciones principales dentro del ciclo:

- Recibir y remover el vapor refrigerante desde el evaporador, de tal manera que la presión y la temperatura deseada se puedan mantener.
- Incrementar la presión del refrigerante a través del proceso de compresión y simultáneamente incrementar la temperatura del vapor de tal manera que pueda ceder su calor al medio refrigerante del condensador.

Existen 3 clases de compresores:

- Compresores alternativos.
- Compresores rotatorios.
- Compresores centrífugos.

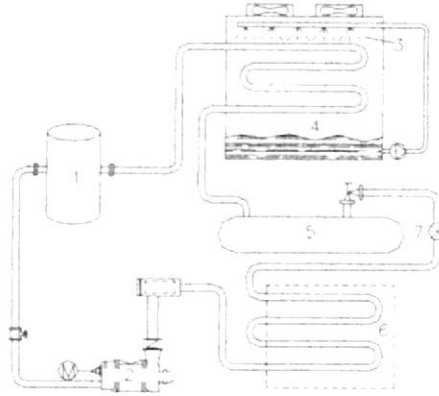


Figura 5: Circuito básico de refrigeración

- 1.- Separador de aceite (opcional).
- 2.- Compresor.
- 3.- Agua de enfriamiento.
- 4.- Condensador.
- 5.- Recibidor (opcional).
- 6.- Evaporador.
- 7.- Válvula de expansión.

3.3.- Condensadores.

Básicamente, el condensador es otra unidad de intercambio de calor, en el cual el calor es extraído del refrigerante por un medio condensante. Los condensadores pueden ser enfriados por aire, agua o por ambos.

3.4.- Controles del flujo del refrigerante.

Un componente fundamental de cualquier sistema de refrigeración es el control de flujo, o aparato de medición. Sus principales propósitos son:

- Permitir el flujo de refrigerante al evaporador a la rata necesaria para remover el calor de la carga.
- Mantener el diferencial de presión apropiado entre los lados de alta y baja del sistema de refrigeración.

Existen diferentes maneras de controlar el flujo del refrigerante. Las más utilizadas son:

- Válvula de expansión automática.
- Válvula de expansión termostática.
- Tubo capilar.

- Flotador en el lado de alta presión.
- Flotador en el lado de baja presión.

3.5.- Tubo capilar.

Es la forma más simple de controlar el flujo de refrigerante y generalmente el menos caro. No hay partes móviles que se desgasten o requieran reemplazo, ya que es un tubo de pequeño diámetro, de la longitud correcta, para la carga de refrigerante que deba manejar.

3.6.- Válvula de expansión termostática.

En la actualidad la casi totalidad de las válvulas de expansión utilizadas en la industria son del tipo termostáticas. Están equipadas con un tubo capilar y un bulbo sensor, los cuales transmiten a la válvula la relación de presión de la temperatura del vapor en la sección donde el sensor se localiza a la salida del evaporador. El aumento o disminución de la presión se transmite por el bulbo capilar hasta un diafragma en la válvula de expansión, la cual abre o cierra.

Para extraer el máximo calor con una libra de refrigerante, debe entrar al evaporador como líquido y salir como gas.

UNIDAD 4

ACCESORIOS MECÁNICOS UTILIZADOS EN LOS CIRCUITOS DE REFRIGERACIÓN

4.1.- Tuberías.

La elección del material con que se va a construir un circuito de refrigeración depende en gran medida del refrigerante que se vaya a utilizar.

Si el refrigerante es amoníaco (R-717), como se vio en el capítulo 2, toda la instalación debe ser de hierro o acero.

Para otros refrigerantes la tubería se hace de cobre, sin embargo el aluminio es usado ahora ampliamente para la fabricación de circuitos internos de los serpentines del evaporador y el condensador.

4.2.- Clasificación de los tubos de cobre.

El tubo de cobre tiene 3 clasificaciones que a saber son:

- K pared gruesa.
- L pared media.
- M pared delgada.

4.3.- Métodos para juntar tubos.

Estos pueden dividirse en 2 amplias categorías:

- Acoples mecánicos: accesorios acampanados, roscados o bridados que son semipermanentes y que pueden separarse en cualquier momento.
- Juntas al calor: accesorios soldados. Algunos accesorios para soldar son para conectar tubos a tubos y otros pueden tener una conexión en un extremo para tubería roscada.

4.4.- Indicadores de líquido.

Proporcionan un medio para determinar visualmente si el sistema tiene o no suficiente carga de refrigerante. Si el sistema tiene una carga insuficiente de refrigerante aparecerán burbujas, las cuales podrán verse con facilidad.

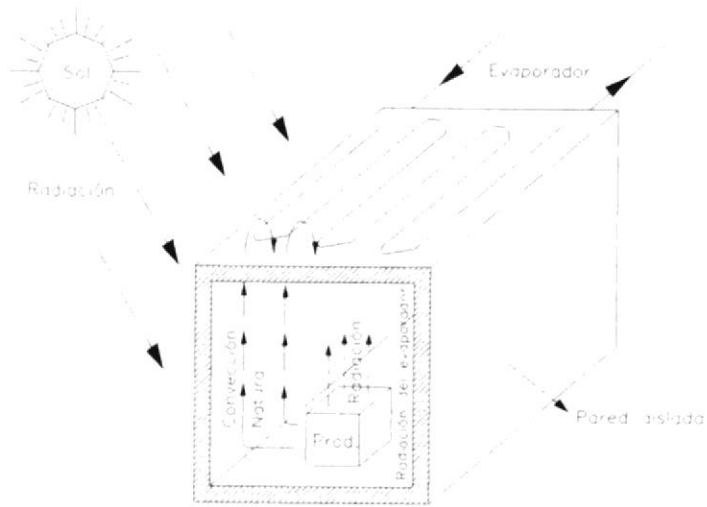


Figura 6: Cuarto frigorífico

4.5.- Filtros.

Deberán instalarse inmediatamente enfrente de todas las válvulas automáticas en todos los tubos de refrigerantes.

4.6.- Válvulas de paso manuales.

Pueden ser de tipo de globo o de ángulo. Tanto con las válvulas de globo como con las de ángulo se puede obtener estrangulamiento del refrigerante.



BIBLIOTECA
CIENCIAS TECNOLÓGICAS

UNIDAD 5

CONSTRUCCIÓN DE UN PANEL DIDÁCTICO DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL

El laboratorio de Refrigeración del Programa de Tecnología en Mecánica a la fecha, no tiene la infraestructura adecuada como para poder verificar de una manera más acertada el ciclo básico de refrigeración.

Empeñado en mejorarlo se procedió a la construcción de un panel didáctico en el que se pueda obtener datos técnicos, como presiones y temperaturas, del refrigerante utilizado en la instalación.

El panel consta esencialmente de una unidad condensadora hermética de $\frac{1}{4}$ de tonelada que trabaja con refrigerante freón 12, la cual funcionará con una serie de accesorios y componentes industriales que son utilizados en la industria (filtros, visores, mirillas de líquido, válvulas de carga, válvulas de paso, una válvula de expansión termostática de $\frac{1}{2}$ tonelada, etc..).

El panel consta de un bypast para poder funcionar tanto con una válvula de expansión termostática como con un capilar, el cual realizará las mismas funciones.

El circuito eléctrico es de 110 voltios. Consta de un interruptor y un termostato que controla la generación de frío de la cámara. Adicional a esto se coloca una pastilla de descongelamiento para el evaporador.

Adicional a esto, el laboratorio contará con más ayudas audiovisuales elaboradas de manera que sean de fácil comprensión y de un manómetro que servirá para que el profesor que dicte la cátedra, pueda realizar prácticas técnicas.

Espero que este proyecto sirva en el futuro a todos los estudiantes de la ESPOL.

ESTIMACIÓN DE COSTOS.

5.1.- Costos Directos.

Equipos o accesorios	Cant.	Un.	Costo en sucres	Total en sucres
Unidad condensadora hermética ¼ ton. R-12	1	U	930.000	930.000
Evaporador de ¼ ton.	1	U	200.000	200.000
Válvula de expansión termostática ½ ton. R-12	1	U	180.000	180.000
Capilar 0.6 mm de cobre	10	Pies	600	6.000
Filtro secador ½ ton. R-12	1	U	18.000	18.000
Mirilla de líquido 3/8" roscable	1	U	55.000	55.000
Válvula de paso de cobre 3/8" roscable	5	U	85.000	425.000
Válvula de carga de cobre 5/16" soldable	1	U	4.000	4.000
Válvula de carga de cobre soldable ¼"	1	U	4.000	4.000
Codos de cobre 3/8" soldables	23	U	3.500	80.500
Tee de cobre 3/8" soldable	5	U	7.000	35.000
Tuerca flare de cobre 3/8"	11	U	1.800	19.800
Tuerca flare de cobre ¼"	2	U	1.800	3.600
Tuerca flare de cobre ½"	1	U	2.000	2.000
Tubería de cobre de 3/8"	2	Pies	5.000	10.000
Tubería de cobre 5/16"	15	Pies	5.000	75.000
Varilla de soldadura de plata	10	U	1.400	14.000
Plancha de plywood 10 mm espesor	½	U	20.000	20.000
Perfil cuadrado de 1"	2	U	20.000	40.000
Plancha de fórmica blanca	½	U	30.000	30.000
Ángulo de aluminio de 10 mm	8	metros	1.500	12.000
Pernos, soldadura etc..				40.000
Termostato de refrigeradora	1	U	25.000	25.000
Interruptor conmutable de 3 vías	1	U	5.000	5.000
Cable No 16	15	metros	1.500	15.000
Cable concéntrico 2 en 1 No 16	2.5	metros	3.000	7.500
Enchufe 110V	1	U	4.000	4.000
Pastilla de descongelamiento	1	U	15.000	15.000

Total	2'275.500
-------	-----------

IVA	227.550
-----	---------

Total a pagar	2'502.940
---------------	-----------

Son dos millones quinientos dos mil novecientos cuarenta sucres

5.2.- Costos indirectos

Materiales utilizados	Cant.	Un.	Costo en sucres	Total en sucres
Lija fina 320	2	U	1.000	2.000
Pintura color negro	½	litro	5.000	5.000
Brocha de ½"	1	U	2.000	2.000
Diluyente	½	litro	2.000	2.000
Cinta aislante	1	U	25.000	25.000
Total				36.000
IVA				3.600
Total a pagar				39.600

Son treinta y nueve mil sucres

5.3.- Costos de Energía eléctrica

Costo de Energía = Potencia del equipo/1000 x tiempo x valor del kw/h.

Valor del kw/h industrial = 500 sucres

— Soldadora de 220 voltios, trabajando con 70 amperios, durante 8 horas.

$$\begin{aligned} \text{Costo de energía} &= 220/1000 \times 70 \times 8 \times 500 \text{ (sucres)} \\ &= 61.600 \text{ sucres} \end{aligned}$$

— Taladro de 110 voltios, de 5 amperios, durante 6 horas.

$$\begin{aligned} \text{Costo de energía} &= 110/1000 \times 6 \times 500 \text{ (sucres)} \\ &= 1.650 \text{ sucres} \end{aligned}$$

Costo total de Energía eléctrica = 61.600 + 1.650 (sucres) = 63.250 sucres



RIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

5.4.- Costos de Mano de obra.

Valor unitario de hora hombre = 5.000 sucres.

Número de horas de trabajo = 80 horas.

Valor total de horas hombre = 400.000 sucres.

5.5.- Costos varios.

Costo de elaboración del informe = 600.000 sucres.

Movilización = 200.000 sucres.

Total de costos varios = 800.000 sucres.

5.6.- Total General.

item	Valor en sucres
Costos directos	2'502.940
Costos indirectos	39.600
Costos de Energía eléctrica	63.250
Costos de mano de obra	400.000
Costos varios	800.000
Gran total general	3'805.790

UNIDAD 6

PLANIFICACION GENERAL DEL PROYECTO.

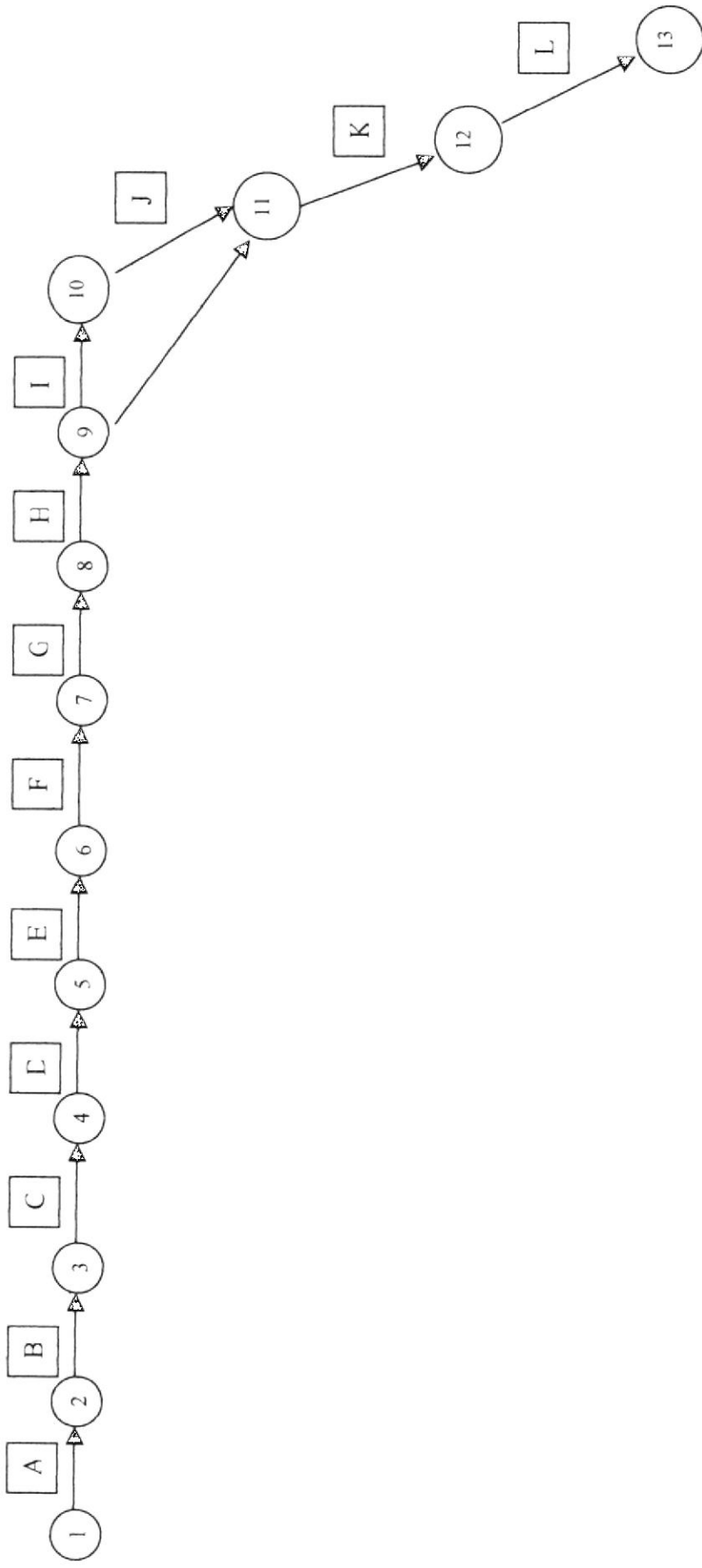
6.1.- Diagrama de barras de Gantt.

	Operaciones	Tiempo en Semanas																	
		1	2	3	4	5	6	7	E X	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Denominación del proyecto	■																	
2	Diseño del proyecto		■	■															
3	Estudio de costos				■	■													
4	Estudio de factibilidad					■	■	■											
5	Ejecución del informe preliminar	■	■	■	■	■	■	■	■										
6	Construcción de panel didáctico									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Confección de ayudas audiovisuales										■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	Arranque del panel																	■	■
9	Pruebas de funcionamiento																	■	■
10	Entrega del proyecto																		■
11	Ejecución del informe final										■	■	■	■	■	■	■	■	■
12	Planificación	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

6.2.- Diagrama PERT/CPM.

Actividad	Descripción de la actividad	Antecesora	Predecesora
A	Diseño del proyecto		B
B	Estudio de factibilidad	A	C
C	Aprobación del proyecto	B	D
D	Entrega del informe preliminar	C	E
E	Compra de materiales	D	F
F	Construcción de mesa para el panel	E	G
G	Instalación de accesorios del panel	F	H
H	Construcción de red de tuberías	G	I
I	Construcción de red eléctrica	H	J
J	Pruebas de funcionamiento	H,I	K
K	Entrega del proyecto	J	L
L	Entrega del informe final	K	

6.3.- Gráfico del Diagrama PERT/CPM.



UNIDAD 7

PLANOS DE CONEXIÓN

7.1.- Esquema de conexiones mecánicas.

7.2.- Esquema de conexiones eléctricas.

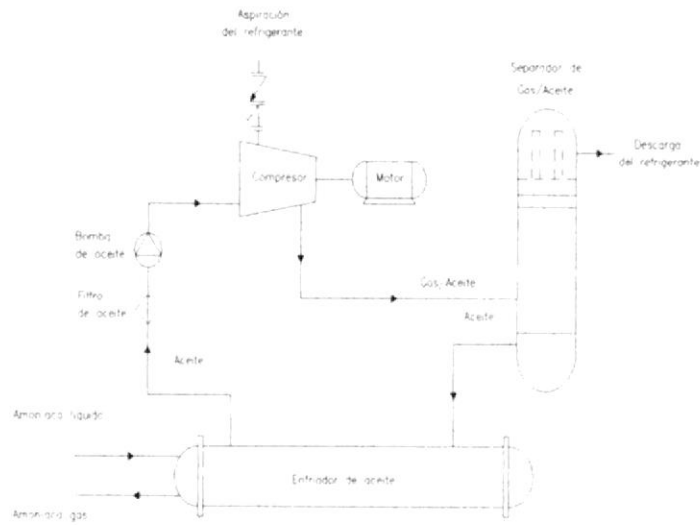


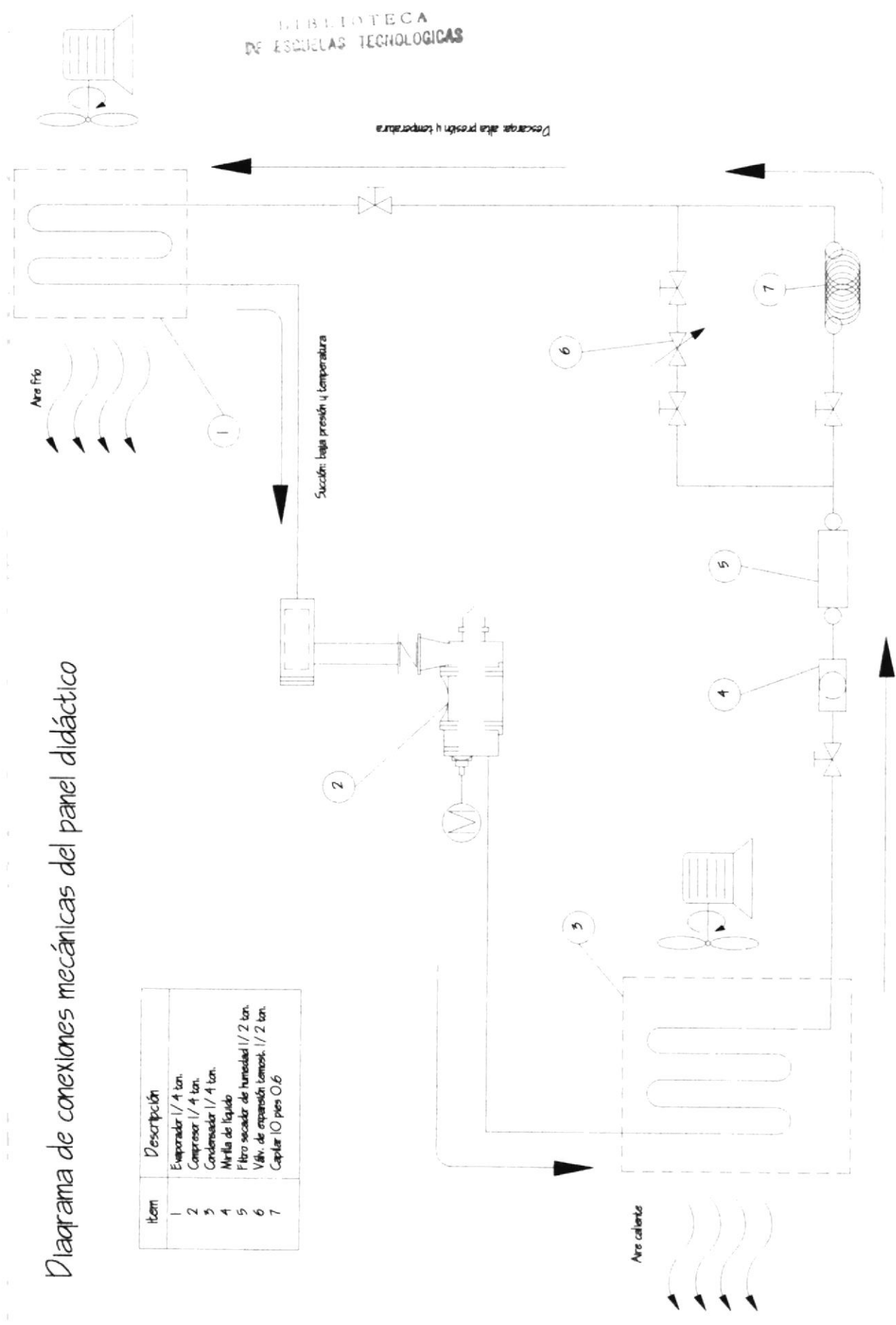
Figura 7: Sistema de lubricación de un circuito de amoníaco.



BIBLIOTECA DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

Diagrama de conexiones mecánicas del panel didáctico

Item	Descripción
1	Evaporador 1/ 4 ton.
2	Compresor 1/ 4 ton.
3	Condensador 1/ 4 ton.
4	Mirilla de líquido
5	Filtro secador de humedad 1/ 2 ton.
6	Válv. de expansión Lemnosk. 1/ 2 ton.
7	Capilar 10 pies 0.6



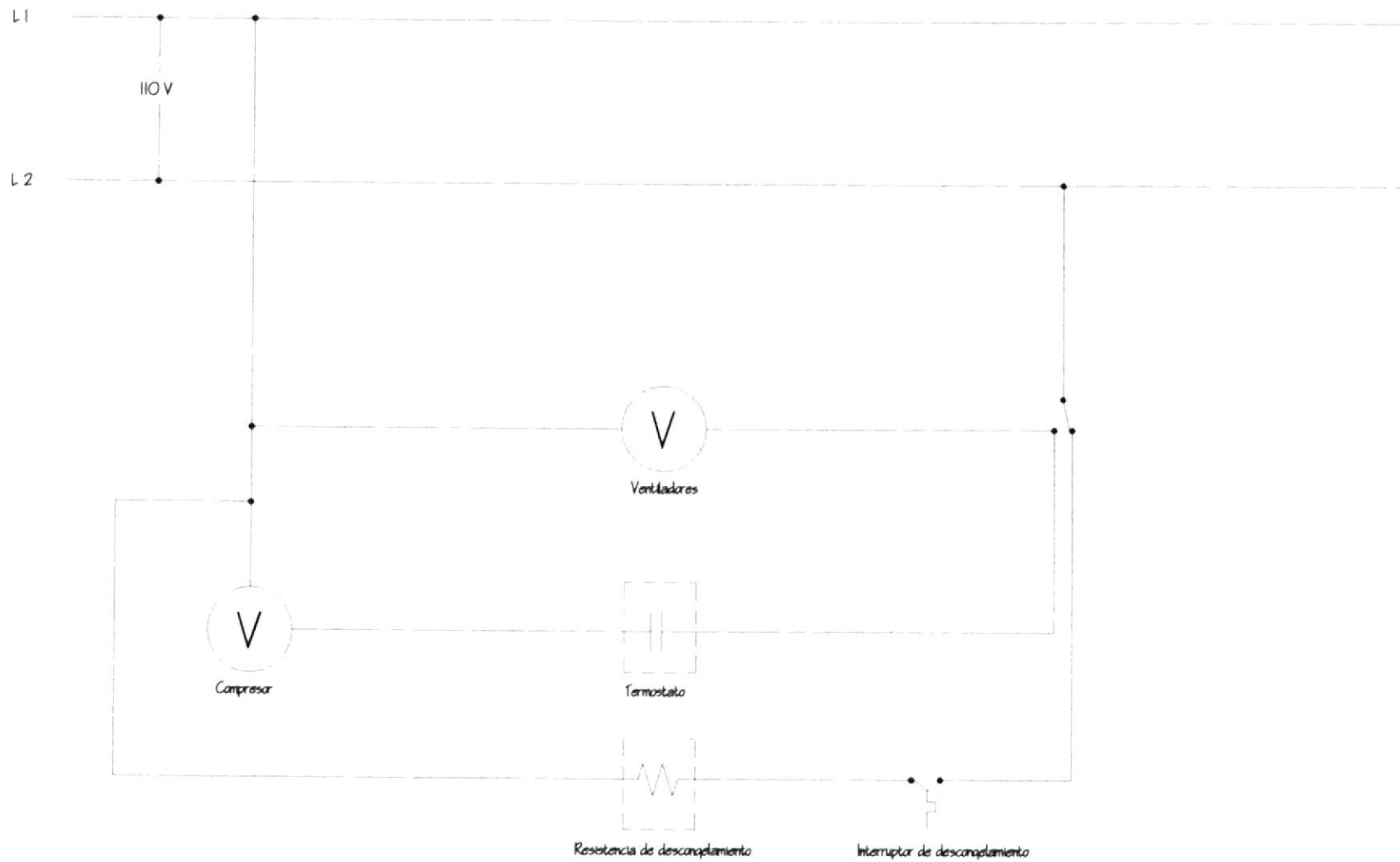


Diagrama de conexiones eléctricas del panel didáctico



BIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

A

n

e

x

o

s



BIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

Gráfico Presión abs. Vs. Entalpía

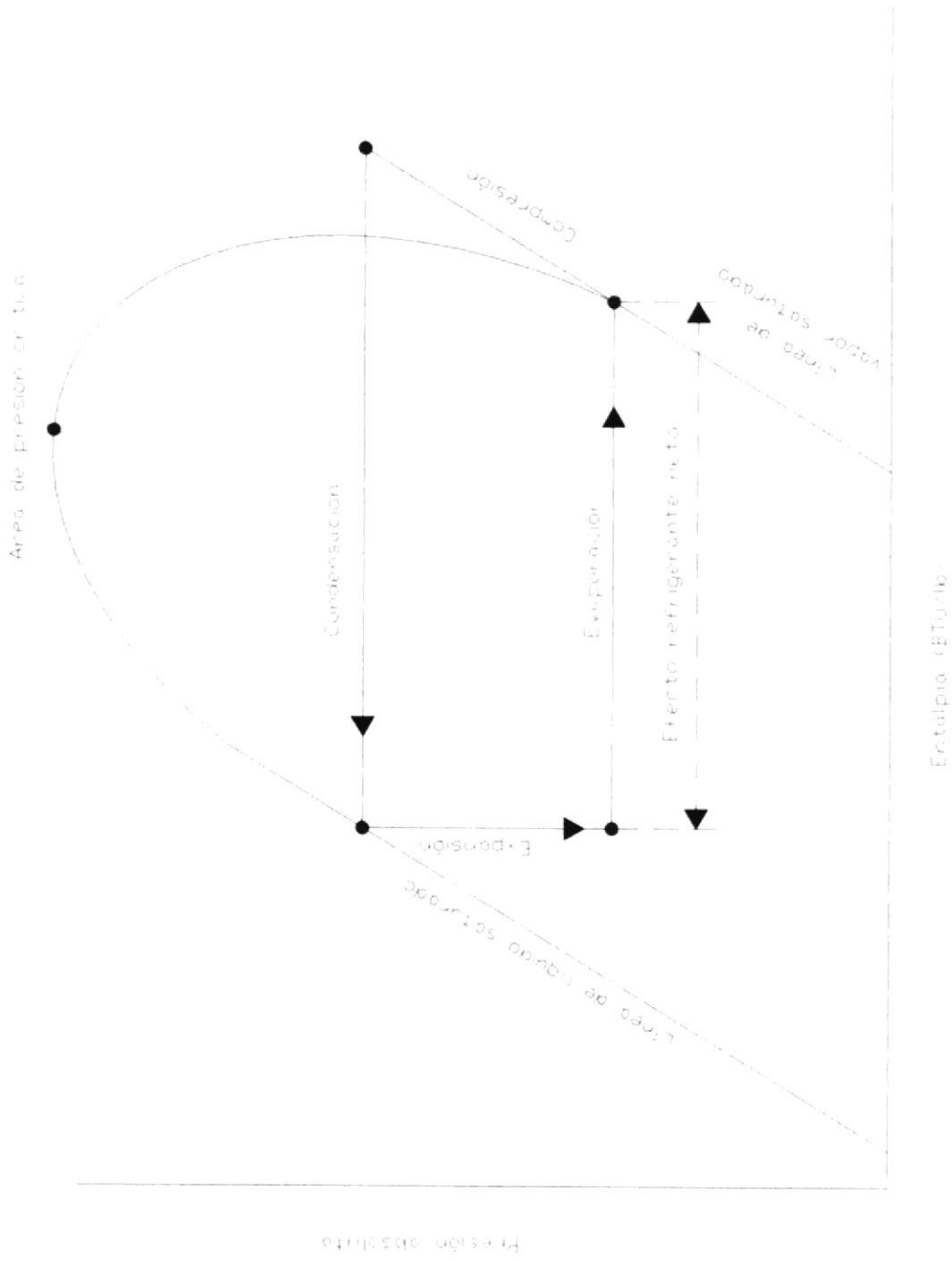


TABLA 1: BTU NECESARIOS PARA HERVIR UNA LIBRA DE REFRIGERANTE LIQUIDO.

Temp. en °F	Amoníaco	Cloruro de metilo	Dióxido de azufre	Dióxido de carbono	Freón 21	Freón 11	Freón 12	Freón 113
-40	598	190	178	137	114	87	73	....
-30	591	189	177	134	113	87	72	72
-20	585	186	175	129	113	86	71	72
-10	576	184	173	125	111	85	71	71
0	569	182	171	120	110	85	70	71
10	561	179	168	114	109	84	69	70
20	553	177	165	109	107	83	68	69
30	545	175	163	102	106	82	67	69
40	536	172	159	95	105	82	65	68
50	523	169	156	87	104	81	64	68
60	518	167	152	77	103	80	63	67
70	509	164	149	64	101	78	62	67
80	498	161	145	45	99	77	60	65
90	489	158	141	....	99	75	59	65
100	478	154	137	....	97	76	57	65

TABLA 2: ESPECIFICACIONES DE TAMAÑO DE TUBOS DE COBRE COMUNES.

Tipo	Diámetros		Espesor de pared en plg
	Exterior en plg	Interior en plg	
K	1/2	0.402	0.049
	5/8	0.527	0.049
	3/4	0.652	0.049
	7/8	0.745	0.065
	1 1/8	0.995	0.065
	1 3/8	1.245	0.065
	1 5/8	1.481	0.072
	2 1/8	1.959	0.083
	2 5/8	2.435	0.095
	3 1/8	2.907	0.109
3 5/8	3.385	0.120	
L	1/2	0.430	0.1982
	5/8	0.545	0.2849
	3/4	0.666	0.3621
	7/8	0.785	0.4518
	1 1/8	1.025	0.6545
	1 3/8	1.265	0.8840
	1 5/8	1.505	1.143
	2 1/8	1.985	1.752
	2 5/8	2.465	2.479
3 1/8	2.945	3.326	



BIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS