

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
ESCUELA DE MECANICA



**“RECONVERSION DE REFRIGERANTE R12 A R134a, EN EL PROCESO
PRODUCTIVO DE REFRIGERADORES DOMESTICOS.”**

Trabajo para optar al Título de:
Ingeniero Mecánico

Profesor Patrocinante:
Sr. Marcelo Paredes
Ingeniero civil Mecánico

NIBALDO ELIECER POBLETE JARAMILLO

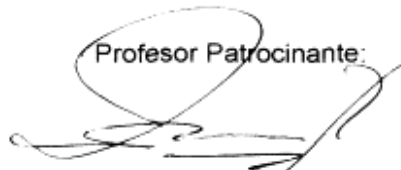
Valdivia – Chile

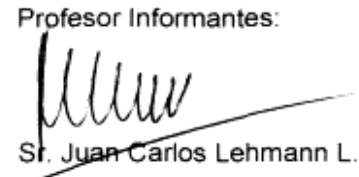
2004

El Profesor Patrocinante y Profesores Informantes del Trabajo de Titulación comunican al Director de la Escuela de Mecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería que el Trabajo de Titulación del señor:

Nibaldo Eliécer Poblete Jaramillo.

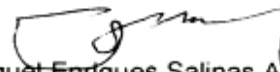
Ha sido aprobado en el examen de defensa rendido el día , como requisito para optar al Título de Ingeniero Mecánico. Y, para que así conste para todos los efectos, firman:

Profesor Patrocinante:

Sr. Marcelo Paredes
Ingeniero Civil Mecánico

Profesor Informantes:

Sr. Juan Carlos Lehmann L.
Ingeniero Civil Mecánico

Sr. Misael Fuentes
Ingeniero Mecánico

V°B° Director de Escuela


Sr. Miguel Enríques Salinas Aguilar
Ingeniero Mecánico

Al término de esta etapa, es un agrado dedicar este trabajo a mis padres, quienes fueron los que me apoyaron incondicionalmente en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme brindado la fortaleza para poder terminar esta etapa de mi vida y a mis padres por su apoyo durante todo el proceso de mi formación profesional.

INDICE

Capítulo	Pag.
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Propósito.....	5
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Metodología de Trabajo.....	6
 CAPITULO II	
REFRIGERANTES CFC's.....	7
2.1. Que son los CFC`s.....	7
2.2. Los CFC`s y la Capa de Ozono.....	8
2.2.1. La Capa de Ozono	8
2.2.2. Proceso de Destrucción del Ozono	9
2.2.3. Efectos de la Radiación Ultravioleta.....	11
2.3. Los CFC`s y el Aumento del Efecto Invernadero.....	12
2.3.1. Qué es el Efecto Invernadero.....	12
2.3.2. Efectos del Aumento de Efecto Invernadero.....	13
2.4. Protocolo Montreal.....	14
2.5. Situación de Chile.....	14
2.6. Situación de Sindelen.....	17
 CAPITULO III	
ANALISIS DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	19
3.1. Introducción.....	19
3.2. Necesidades de un sistema de refrigeración.....	19
3.3. Componentes de un sistema de Refrigeración.....	20

3.3.1. Compresor.....	20
3.3.2. Condensador.....	21
3.3.3. Evaporador.....	21
3.3.4. Elemento de Expansión.....	22
3.3.5. Intercambiador de Calor.....	24
3.3.6. Filtro Secador.....	24
3.3.7. Refrigerante.....	24
3.4. Análisis del Circuito de Refrigeración.....	26
3.4.1. Ciclo de Refrigeración Teórico.....	27
3.4.2. Ciclo de Refrigeración Real.....	30
3.4.3. Funcionamiento de la Unidad.....	32
 CAPITULO IV	
ANALISIS DEL REFRIGERANTE ALTERNATIVO.....	33
4.1. Introducción.....	33
4.2. Descripción del Refrigerante Alternativo.....	33
4.3. Comparación de R12 con R134a.....	36
4.3.1. Análisis de la Presión x Temperatura (R134a x R12).....	36
4.3.2. Capacidad de Refrigeración.....	37
4.4. Descripción del Aceite Poliol Éster.....	38
4.4.1. Higroscopicidad del Aceite Lubricante R134a.....	38
4.4.1.1. Propiedades Fisicoquímicas Básicas.....	38
4.4.1.2. Estabilidad Térmica Hidrolítica.....	39
4.5. Modificaciones en los Sistemas con R134a.....	40
4.5.1. Tuberías.....	40
4.5.2. Intercambiador de Calor.....	40
4.5.3. Tubo Capilar.....	41
4.5.4. Filtro secador.....	41
4.5.5. Carga de Gas Refrigerante.....	41
4.6. Cuidados en el Montaje.....	42
4.6.1. Higroscopicidad del Aceite.....	42

4.6.2. Residuos Incompatibles.....	42
4.6.3. Residuos Inmiscibles.....	42
4.65.4. Evacuación y Detección de fugas.....	43

CAPITULO V

CAMBIOS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	44
5.1. Introducción.....	44
5.2. Descripción de los Modelos RD300 SL y el RD360SL.....	44
5.2.1. Modelo RD300SL.....	44
5.2.2. Modelo RD360SL.....	45
5.3. Pruebas y Requerimientos de Ajuste al Nuevo Refrigerante..	46
5.3.1. Pruebas de Pull Down y Curva Característica del Sistema	46
5.3.2. Determinación de la carga de Refrigerante	48
5.3.2.1. Los Componentes del Sistema de Refrigeración.....	49
5.3.2.2. El Compresor.....	49
5.3.2.3. Medición de las Temp. del Gabinete y el Ambiente	49
5.3.2.4. Puntos de Medición de Temp. del Evaporador.....	50
5.3.2.5. Características de la Carga Correcta.....	52
5.3.2.6. Verificación de la Carga Determinada.....	52
5.3.3. Prueba de Operación con Termostato si “Carga”.....	53
5.3.4. Voltaje de Arranque Mínimo.....	54
5.4.- Elementos Utilizados en las Evaluaciones.....	55
5.4.1. Cámara de Prueba.....	55
5.4.2. Equipo de Carga para R134a.....	55
5.4.3. Equipo para realizar Vacío	56
5.4.4. Termocuplas (termopar).....	56
5.4.5. Equipo Recolector de Datos.....	56
5.5. Proceso de Evaluación (Proceso de caracterización).....	57
5.5.1. Análisis del equipo actual (R12).....	57
5.5.2. Análisis del equipo con R134a.....	61
5.5.2.1. Refrigerador RD300SL Cargado R134a.....	63

5.5.2.2. Refrigerador RD360SL Cargado R134a.....	64
5.5.3. Condiciones Definitivas.....	65
5.5. Comparación entre el Costo del Refrig. con R12 y R134a.....	65

CAPITULO VI

CAMBIOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL REFRIG.....	66
6.1. Introducción.....	66
6.2. Descripción del Proceso Productivo General.....	66
6.2.1. Bodega de Materias Primas e Insumos.....	66
6.2.2. Bodega de Aceros.....	67
6.2.3. Corte de Acero.....	67
6.2.4. Matrizado de la Chapa.....	67
6.2.5. Bodega de Crudos.....	67
6.2.6. Pintura.....	68
6.2.7. Proceso de Soldadura.....	68
6.2.8. Línea de Pre-Armado de Refrigeradores.....	68
6.2.9. Línea de Armado de Refrigeradores.....	70
6.2.10. Bodega de Productos Terminados.....	70
6.3. Sección de Proceso y Soldadura.....	72
6.3.1. Tubo Evaporador.....	74
6.3.2. Tubo Intercambiador de Calor.....	77
6.3.3. Tubo Calefactor.....	78
6.4. Area de Armado Final del Refrigerador.....	81
6.4.1. Proceso de Soldadura de Componentes.....	81
6.4.2. Vacío del Circuito de Refrigeración.....	82
6.4.3. Carga de Refrigerante.....	82
6.4.3.1. Funcionamiento de la Unidad.....	82
6.4.3.2. Sello Punto de Carga.....	83
6.4.4. Prueba de Funcionamiento.....	83
6.4.5. Control de Calidad Final.....	83
6.4.6. Cambios realizados al Armado Final de Refrigeradores....	84

6.5. Evaluación Proveedores.....	86
6.5.1. Exigencias de los proveedores.....	86
6.5.2. Desglose de proveedores de componentes de Sindelen...	87
6.6. Capacitación del Personal.....	88

CAPITULO VII

CONCLUSIONES.....	89
--------------------------	-----------

.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	91
--	-----------

ANEXOS.....	92
ANEXO N°1, Explosivo RD300SL	93
ANEXO N°2, Estructura RD300SL.....	94
ANEXO N°3, Circuito de Refrigeración RD300SL.....	96
ANEXO N°4, Explosivo RD360SL.....	97
ANEXO N°5, Estructura RD360SL.....	98
ANEXO N°6, Circuito de Refrigeración RD360SL.....	99

RESUMEN

En la actualidad las empresas de refrigeración se ven en la necesidad de cambiar sus refrigerantes actuales, ya que estudios acuciosos, han demostrado que estos gases refrigerantes dañan la capa de ozono, la cual es nuestro escudo protector de la radiación ultravioleta producida por el sol. A consecuencia de esto, la humanidad se ha visto en la obligación de crear leyes, las cuales fueron plasmadas en el Protocolo de Montreal, el cual es un acuerdo internacional que limita el consumo y producción de estos refrigerantes.

Dadas estas consideraciones ambientales y los plazos suscritos por Chile, obligaron a Sindelen a la implementación de un refrigerante ecológico en el proceso productivo con la finalidad de mantenerse vigente en el mercado.

Con este fin se describen detalladamente los efectos negativos que producen los refrigerantes actuales en el medio ambiente y analizamos las características de la alternativa.

Realizamos un levantamiento de la planta para determinar las zonas más vulnerables al nuevo proceso productivo, para adecuarla a las nuevas exigencias con la finalidad de obtener productos que cumplan con los estándares internacionales.

El nuevo refrigerante vuelve crítica algunas operaciones del proceso productivo, lo cual es minimizado con el nuevo layout del proceso (diagrama productivo) acompañado con procedimientos de trabajo claro. Para que el proceso de reconversión de refrigerante fuera exitoso, se partió de la base de capacitar a todo el personal involucrado en el proceso productivo.

SUMMARY

At the present time the refrigeration companies are seen in the necessity to change their present coolants, since diligent studies, have demonstrated that these cooling gases damage the ozone layer, which is our protective shield of the ultraviolet radiation produced by the sun. As a result of this, the humanity has seen itself in the obligation create laws, which were shaped in the Protocol of Montreal, which is an international agreement that limits the consumption and production of these coolants.

Given to these environmental considerations and the terms subscribed by Chile, they forced to Sindelen to the implementation of an ecological coolant in the productive process with the purpose of staying effective in the market.

With this aim the negative effects are described in detail that produce present coolants in the medio.ambiente and we analyzed the characteristics of the alternative.

We made a rise of the plant to determine the most vulnerable zones to the new productive process, to adapt it to the new exigencies with the purpose of obtaining products that fulfill the international standards.

The new coolant returns criticizes some operations of the productive process, which is diminished with new layout of the process (productive diagram) accompanied with procedures by clear work. So that the process of coolant reconversion was successful, it was left from the base to enable to all the personnel involved in the productive process.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Sindelen es una empresa del rubro metalmecánico liviano, que viene con una extensa trayectoria en la producción de artículos de línea blanca.

Los orígenes de Sindelen se remontan a 1946 y atraviesan por múltiples desafíos y oportunidades que la economía Chilena ha ofrecido desde entonces. La compañía Metalúrgica Montanari y Simonetti comenzó a operar como una pequeña empresa del sector metalmecánico, introduciendo desde un principio nuevas tecnologías en su rubro y suministrando piezas metálicas para la construcción. Esta producción se fue canalizando en la manufactura de puertas y ventanas, artículos que serían un apoyo importante para la renovación habitacional que vivía el país.

Hacia 1960, ya con mayores volúmenes de operación, la compañía estuvo en condiciones de abrir una línea de producción, orientada a proveer de piezas a las industrias armadoras de automóviles que surgían con fuerza en esos años.

Un año más tarde, la firma se convirtió en sociedad anónima, modificando su razón social por Cimet S.A.C. Este paso no sólo significó evolucionar a estructuras orgánicas y jurídicas más acordes con el desarrollo de la empresa, sino también incorporar las líneas que la identificarían definitivamente como compañía al servicio de los hogares chilenos. De este tiempo son las diversas estufas y calefactores que le darían a la empresa liderazgo absoluto en el rubro. Tanto así, que todavía las estufas Caluret y los calefactores Comet son sinónimos de calidad para muchas personas.

En el año 1976, Cimet se fusionó con Sindelen, una empresa con una prestigiada trayectoria en el mercado chileno de electrodomésticos y línea blanca.

A parte de reunir potencialidades complementarias, esta fusión institucional fue un claro ejemplo del proceso de apertura externa y modernización que vivía la economía chilena. La adaptación de la compañía a un mercado libre y altamente competitivo fue rápida. En corto tiempo, esta capacidad de respuesta logró consolidar diversas líneas de productos, que iban desde estufas a refrigeradores, además de lavadoras, cocinas y pequeños electrodomésticos.

En la década de los ochenta se dieron nuevos e importantes pasos, sobre todo en lo referente a abrir espacios en los mercados externos. En 1985 fue suscrito un contrato con Moulinex S.A., consorcio Francés de reconocida trayectoria en la fabricación de productos para el hogar. Moulinex aportó a la amplia gama de productos Cimetsindelen más de 60 artículos.

En 1993, y obedeciendo a razones de competitividad, modernización e imagen de marca, Cimetsindelen modificó definitivamente su razón social por la de Sindelen S.A.

Hoy en día, la compañía cuenta con mas de 100 productos diferentes y su calidad es ampliamente reconocida tanto en Chile como en el exterior. Por ello, Sindelen fue una de las empresas seleccionadas en participar en la Exposición Universal de Sevilla 1992.

Sindelen se ubica en el sector sur oriente de la ciudad de Santiago en una área de sesenta mil metros cuadrados donde aproximadamente 20.000 corresponden a instalaciones productivas y oficinas, FIGURA N°1.1. En este lugar trabajan alrededor de 500 personas entre personal productivo y administrativo.



FIGURA N°1.1. Instalaciones planta Sindelen.

El último producto que ha incorporado Sindelen ha sido el refrigerador doméstico. Sus producciones aumentaban con tasa creciente hasta el año 1996 en el cual hubo una fuerte baja en las ventas para todos los fabricantes de refrigeradores de Chile, debido, principalmente a la gran importación de productos asiáticos.

En respuesta a este aviso, Sindelen así como sus competidores nacionales han realizado grandes esfuerzos por permanecer en el mercado, innovando en nuevos productos y tecnologías. En el área de la innovación Sindelen ha sacado dos nuevos productos al mercado incorporando sistemas con mayor capacidad de Freezer, así como también tecnología No frost.

Desde el año 1997 a la fecha los refrigeradores han tenido un repunte en las ventas, pero con tasa de crecimiento inferior a las acostumbradas. Para conservar esta tendencia Sindelen tiene en la actualidad una planta de refrigeradores con dos líneas de producción que le permiten diferenciar en dos tamaños de productos y nueve modelos diferentes.

Otro importante aspecto considerado por la compañía es el relacionado con la protección del medio ambiente. Estudios acuciosos, realizados por muchos años han demostrado la necesidad de evitar el uso de productos que generen daños a nuestro medio ambiente. En el transcurso del tiempo se han dejado de usar materiales contaminantes en la industria, tales como Asbesto, plomo y otros. El área de refrigeración no ha estado ausente, en cuanto a los refrigerantes usados, los que afectan gravemente las capas de la atmósfera que nos protegen de las radiaciones solares. En este camino las grandes industrias han desarrollado gases alternativos, tanto para el sistema refrigerante, así como para la espuma de poliuretano, que sean degradables en un plazo más corto y que generen un daño mínimo al medio ambiente.

En consecuencia, la humanidad se ha visto en la obligación de crear leyes, las cuales fueron plasmadas en el Protocolo de Montreal el cual es un acuerdo internacional que limita, controla y regula la producción, el consumo y el comercio de sustancias depredadoras de la capa de ozono, el cual incluye a nuestro país. Para que esto se cumpla se han realizado, y se siguen

desarrollando estudios con la necesidad de encontrar refrigerantes alternativos, que cumplan con los requerimientos de refrigeración necesarios, uno de estos, son los HCF (R134a), este refrigerante es uno de los más compatibles con el R12, por lo cual es adecuado en la refrigeración doméstica.

Dadas estas consideraciones ambientales y los plazos suscritos por Chile en el Protocolo de Montreal y sus posteriores enmiendas obligaron a Sindelen a la implementación de un refrigerante ecológico en el proceso productivo de refrigeradores domésticos.

Este cambio tecnológico implica un trabajo a nivel organizacional, en donde todas las áreas trabajen en equipo para resolver los problemas que se presenten en el proceso de implementación del nuevo proceso productivo realizando los cambios que aseguren la calidad del producto, costos competitivos y un proceso de fabricación limpio y ordenado.

La compañía ha debido realizar grandes esfuerzos, para lograr la implementación del nuevo refrigerante, para generar un proceso productivo robusto que cumpla todas sus exigencias (adquiriendo los elementos necesarios, reacondicionando equipos existentes y capacitando a todo el personal involucrado), en el caso de Sindelen el refrigerante elegido fue el R134a, siguiendo la tendencia mundial y teniendo como base la experiencia de nuestros proveedores de compresores.

En definitiva, el desafío de Sindelen era mantenerse vigente en el mercado y mantener sus operaciones con tecnología de punta, con la finalidad de cumplir los estándares internacionales, lo cual ha sido asumido e interpretado por todos los niveles de la Organización.

1.2. Propósito

Preservar la producción de refrigeradores Sindelen, teniendo un proceso productivo que cumpla todos los estándares ambientales internacionales.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General

Definir todos los cambios que se producen en el proceso productivo de refrigeradores domésticos a través de la reconversión R12 a R134a.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Indicar los efectos nocivos, de utilizar los refrigerantes actuales y especificar las características y las necesidades de la alternativa encontrada.
- Describir el proceso productivo actual de refrigeradores, con la finalidad de conocer las falencias de la planta ante los requerimientos del nuevo refrigerante.
- Definir los cambios en el diseño del circuito de refrigeración en los refrigeradores modelo RD300SL y RD360SL (cambios y modificaciones de algunos componentes).
- Analizar los resultados de las pruebas de caracterización y comparar los comportamientos que se producen en el sistema de refrigeración, producto del refrigerante ecológico (R134a).
- Establecer los cambios en el proceso de Fabricación.
- Proponer mejoras en el control del proceso productivo actual de refrigeradores a través de órdenes de trabajo, normas de inspección, especificaciones de fabricación y de materiales.
- Comparar los costos involucrados entre un refrigerador en condiciones actuales, y uno cargado con el refrigerante alternativo.

1.4. Metodología de Trabajo

Con el fin de cumplir los objetivos planteados será necesario enmarcarse bajo la siguiente metodología.

- Para conocer los efectos nocivos, de utilizar los refrigerantes actuales, se recopilara información y se hará una descripción de estos. Posteriormente se indicaran las alternativas encontradas y las características del elegido, como refrigerante alternativo al R12 en la refrigeración domestica.
- Con el fin de conocer el proceso productivo actual de refrigeradores, se realizará una descripción de éste, para posteriormente analizar los cambios que se harán para cumplir con los requerimientos del nuevo refrigerante
- Para conocer los cambios en el diseño de circuito de refrigeración de los refrigeradores RD300SL y RD360SL primeramente se caracterizaran ambos modelos en condiciones actuales sometiéndolos a pruebas de Pull-Down y Ciclaje, con el fin de conocer claramente los requerimientos de refrigeración a cumplir con el refrigerante ecológico (R134a), Con posterioridad se realizará un análisis de los cambios, producto del nuevo refrigerante.
- Para establecer los cambios en el proceso de Fabricación, el cual parte de la premisa de la necesidad de capacitar a todo el personal involucrado en el proceso productivo, para lograr un cambio de mentalidad en todas las personas. Las variaciones en la construcción del refrigerador, esta centrada en la sección soldadura (nuevo lay Layout del proceso y comparación con el actual) y prearmado (determinar puntos críticos, generando procedimientos y instrucciones de trabajo), además se mencionaran las precauciones que se deben tomar en los puntos críticos de la sección armado final como son: soldadura de tuberías al compresor y vacío del circuito de refrigeración.
- Proposición de cambios para mejorar el actual proceso productivo, se basa principalmente en un sistema de control de proceso robusto, a través de normas de inspección, instrucciones de trabajo, especificaciones de fabricación y de materiales que aseguren un proceso de armado confiable.
- La valorización económica de los cambios será realizada considerando las inversiones que es necesario realizar.

CAPITULO II

REFRIGERANTES CFC`s

2.1. Que son los CFC`s

Los CFC`s son sustancias químicas sintéticas, que se encuentran en forma de gas, las cuales se derivan de los hidrocarburos saturados que se obtienen sustituyendo átomos de Hidrogeno por átomos de Cloro y Flúor, cuya molécula está formada por Cloro, Flúor y Carbono. Cuando un átomo de Cloro es sustituido por uno de Hidrogeno, el gas se llama HCFC y cuando todos los átomos de cloro son sustituidos por Hidrogeno, asume el nombre de HFC. [1] [2] [8].

CFC:	Hidrocarburos clorofluorados totalmente halógenos (sin átomos de hidrógenos en la molécula).
HCFC:	Hidrocarburos clorofluorados parcialmente halógenos (uno varios átomos de hidrogeno en la molécula).
FC:	Hidrocarburos fluorados, que además del carbono sólo tiene flúor en la molécula (sin átomos de cloro).
HFC:	Hidrocarburos fluorados parcialmente halógenos que además de flúor tienen átomos de hidrogeno en la molécula (sin átomos de cloro).

Comúnmente utilizados como propelentes de aerosoles, los CFC`s son también utilizados en la fabricación de espuma (poliuretano), la limpieza de componentes electrónicos y principalmente en la industria de la refrigeración como gases enfriados o refrigerantes.

Los CFC`s parecían ser los gases ideales, ya que cumplían todos los requisitos para su utilización.

- Estabilidad Química y Térmica
- Adecuadas Propiedades Físicas y Termodinámicas
- Miscibilidad con Productos Lubricantes
- No Inflamables
- No Tóxicos
- Posibilidad de Fabricación a Escala Industrial
- Precio de Venta Razonable

Sin embargo la primera voz de alerta provino de un trabajo publicado en 1974 por los científicos Sh. Rowland y M. Molina de la Universidad de California, quienes pusieron de manifiesto que los clorofluorcarbonos (CFC`s) usados en refrigeración, aire acondicionado y fabricación de espumas plásticas, eran los responsables de la rápida destrucción de ozono. Muchos años han pasado y trabajos realizados con posterioridad han confirmado y aportado nuevas evidencias sobre el rol de los átomos de cloro y bromo en la secuencia de reacción química que destruye el ozono.

2.2. Los CFC`s y la Capa de Ozono

2.2.1. La Capa de Ozono

La Capa de Ozono es una especie de velo gaseoso de densidad muy débil que rodea la tierra. La molécula de Ozono (O_3), se forma cuando las moléculas de oxígeno absorben parte de la radiación ultravioleta proveniente del sol, ocasionando la separación de las moléculas en dos átomos de oxígeno, estos átomos a su vez se adhieren con otras moléculas de oxígeno, formando así el ozono, compuesto por tres átomos de oxígeno. Aproximadamente un 90% del Ozono de la tierra está en una capa natural por encima de la superficie terrestre conocida como estratósfera, ubicada entre 10 y 50 Km. por encima de

la superficie terrestre, como se ve en la FIGURA N°2.1. La parte mas densa de esta capa se sitúa a una altitud de unos 25 Km. Si estuviese sometida a la misma presión que la que se registra al nivel del suelo, la capa de ozono tendría un grosor de apenas 3 mm. Su principal función, en lo que se refiere a la vida terrestre, es filtrar las radiaciones ultravioletas nocivas de la luz solar, la gradual formación de la capa de ozono es lo que ha permitido que se desarrolle la vida en la tierra, por lo tanto no es difícil imaginar las consecuencias catastróficas que tendría para el hombre y todos los ecosistema del planeta un deterioro grave de nuestro escudo protector.



FIGURA N°2.1, Ubicación del ozono

2.2.2. Proceso de Destrucción del Ozono

Los CFC's son compuestos muy estables (pueden tener una vida media mayor de 120 años). Por lo tanto, cuando son liberados a la atmósfera, no son degradados y alcanzan la estratosfera. Es en este lugar, donde son irradiados por la luz UV y se descomponen rápidamente para liberar átomos de Cloro, los cuales comienzan una cadena de reacciones fotoquímicas que interfieren con el ozono estratosférico, teniendo como consecuencia la destrucción de este último. Se estima que un átomo de cloro, antes de ser neutralizado, puede

destruir 100.000 moléculas de ozono. La FIGURA N°2.2 muestra en forma simplificada el proceso de degradación del ozono.

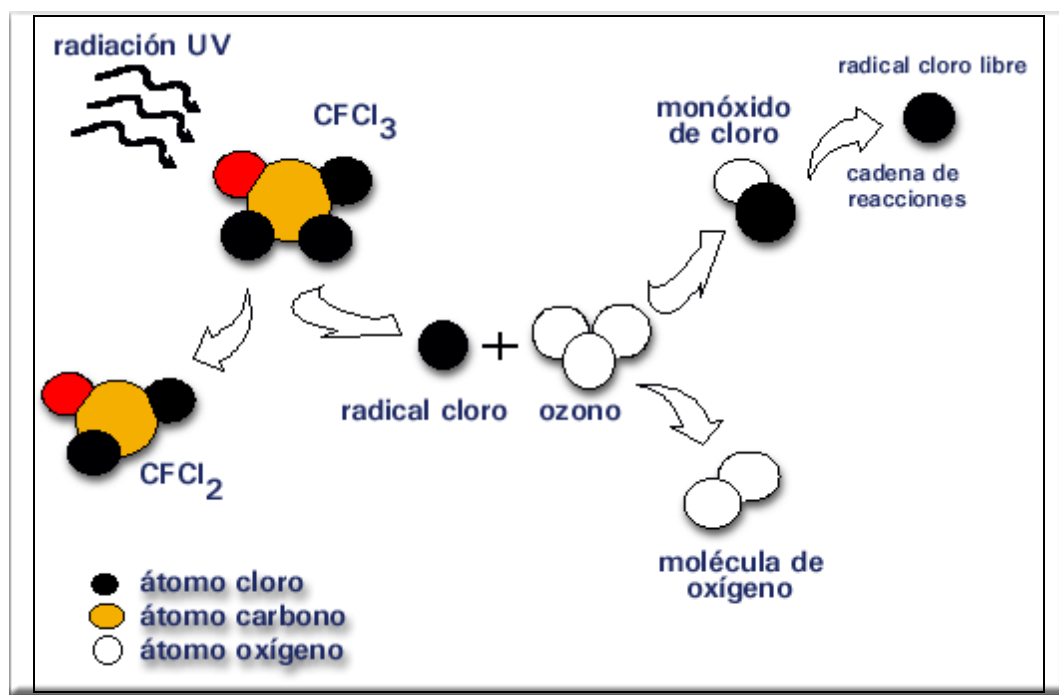


FIGURA N°2.2, Mecanismo de la Destrucción del Ozono

Otro punto interesante de aclarar a la opinión pública, es que el esfuerzo que hoy día se realiza para frenar la producción de CFC`s, tendrá sus efectos en el mediano y largo plazo. En efecto, se calcula que aunque el consumo y producción de estas sustancias se eliminara hoy, posiblemente el restablecimiento de los niveles normales de ozono tomaría a lo menos un par de décadas, esto debido a que la estabilidad molecular y el período de vida media de los CFC`s es extremadamente alto. En la FIGURA N°2.3 se pueden observar los promedios de vida en la atmósfera de CFCs y HCFC más comunes.

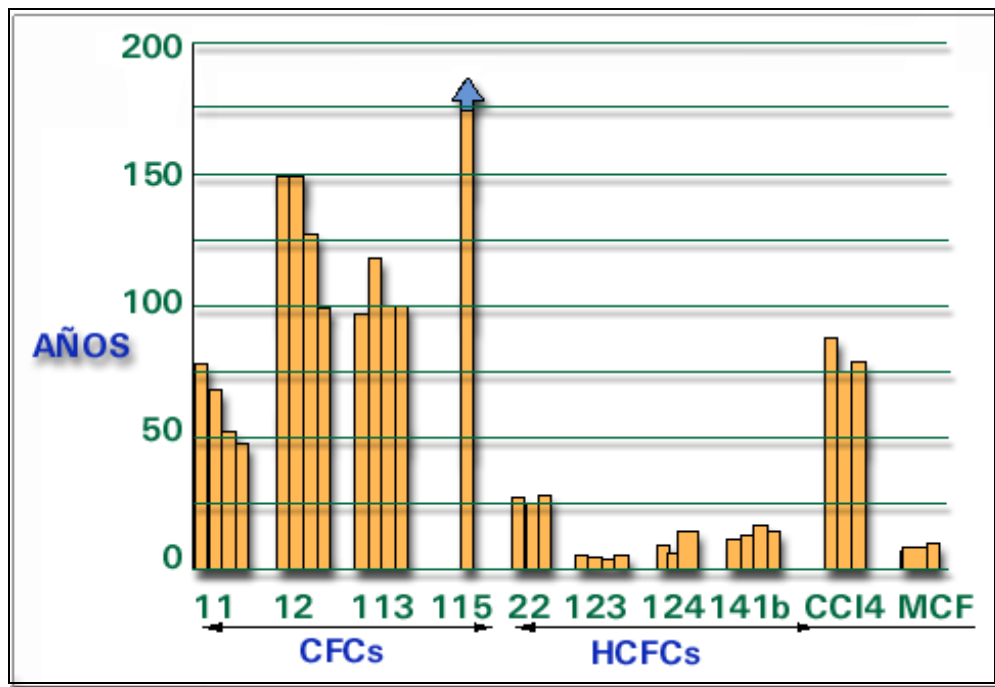


FIGURA N°2.3: Períodos de vida media de Clorofluorcarbonos en la Atmósfera.

2.2.3. Efectos de la Radiación Ultravioleta

Son conocidos y han sido largamente investigados los efectos sobre la salud humana derivada de la sobre exposición a esta radiación, los que van desde:

- Mayores incidencias de cáncer a la piel;
- Cataratas a la vista;
- Debilitamiento del sistema inmunológico;
- Hasta mutaciones del sistema genético.

También son ampliamente conocidos los efectos que esta radiación tiene sobre nuestros ecosistemas:

- Disminución de fitoplancton y larvas de peces cercanas a las superficies de las aguas;
- Afecta el crecimiento de las plantas y su proceso de fotosíntesis.

Es decir, estamos frente a un problema de salud pública, además del otro de protección de nuestros recursos naturales, tan necesarios para el desarrollo de las futuras generaciones, además estamos frente a un problema que el ser humano ha provocado.

2.3. Los CFC`s y el Aumento del Efecto Invernadero

2.3.1. Qué es el Efecto Invernadero

Dentro de un invernadero la temperatura es más alta que en el exterior porque entra más energía de la que sale, por la misma estructura del habitáculo, sin necesidad de que empleemos calefacción para calentarlo.

En el conjunto de la Tierra se produce un efecto natural similar de retención del calor gracias a algunos gases atmosféricos. La temperatura media en la Tierra es de unos 15°C y si la atmósfera no existiera sería de unos -18°C. Se le llama efecto invernadero por similitud, porque en realidad la acción física por la que se produce es totalmente distinta a la que sucede en el invernadero de plantas.

El efecto invernadero hace que la temperatura media de la superficie de la Tierra sea 33°C mayor que la que tendría si no existieran gases con efecto invernadero en la atmósfera.

El efecto invernadero se origina porque la energía que llega del sol, al proceder de un cuerpo de muy elevada temperatura, está formada por ondas de frecuencias altas que traspasan la atmósfera con gran facilidad. La energía remitida hacia el exterior, desde la Tierra, al proceder de un cuerpo mucho más frío, está en forma de ondas de frecuencias mas bajas, y es absorbido por los gases con efecto invernadero. Podríamos decir, de una forma muy simplificada, que el efecto invernadero lo que hace es provocar que la energía que llega a la Tierra sea "devuelta" más lentamente, por lo que es "mantenida" más tiempo junto a la superficie y así se mantiene la elevación de temperatura.

Se estima que diecinueve mil millones de toneladas de CO₂ son lanzados anualmente a la atmósfera, resultante de la quema de carbón, aceite, gasolina y madera. La concentración de CO₂ ha aumentado aproximadamente 10% durante los últimos 35 años. Los CFC's contribuyen con 15% para el efecto invernadero, el CO₂ con 60%, el CH₄ con 20% y otros gases con 5%.

2.3.2. Efectos del Aumento de Efecto Invernadero

La cuestión crítica es que la liberación sucesiva de gases produciendo el efecto invernadero aumentaría la temperatura mediana de nuestro planeta, causando una ampliación de áreas secas y aumento del nivel del mar resultante del derretimiento de la capa de hielo polar.

En el CUADRO N°2.1 podemos identificar el potencial de agotamiento del ozono (ODP) y el potencial de calentamiento del efecto invernadero (GWP) de varios refrigerantes, tomando como referencia el CFC 11.

CUADRO N°2.1, Efectos Potenciales de algunos Refrigerantes sobre la Atmósfera.

Producto	O.D.P.	G.W.P.
CFC-11	1,0	1,0
CFC-12	1,0	3,0
CFC-113	0,9	1,3
CFC-114	0,8	3,8
CFC-115	0,4	7,5
HCFC-123	0,02	0,02
HCFC-124	0,02	0,10
HCFC-141b	0,15	0,15
HCFC-142b	0,06	0,36
HCFC-22	0,05	0,34
HFC-134a	0,0	0,25
HFC-152a	0,0	0,05
HFC-125	0,0	0,58

2.4. Protocolo de Montreal

El Protocolo de Montreal es un acuerdo internacional que limita, controla y regula la producción, el consumo y el comercio de sustancias depredadoras de la capa de ozono. El número total de países partes del Protocolo, comprometidos formalmente a cumplir con sus disposiciones, es de 155.

La constatación de que ciertos productos químicos dañan la Capa de Ozono estratosférico, hizo que Naciones Unidas convocara a la Reunión de Viena, de la cual se emitió un documento que sería la base para las posteriores reuniones de Montreal, Londres y Copenhagen. Como resultado, en la actualidad se tienen los documentos conocidos como Protocolo de Montreal (1987) y sus subsecuentes Enmiendas de Londres (1990) y Copenhagen (1992).

Los países participantes se han dividido según el consumo per cápita de estas sustancias. Aquellos países subdesarrollados, que es el caso de Chile, cuyo consumo es inferior a 0.3 Kg./Hab., tienen 10 años de gracia para cumplir las obligaciones impuestas por el acuerdo y además tienen el derecho a acceder a los recursos del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, para financiar los costos incrementables asociados a la conversión tecnológica. El CUADRO N°2.2.

CUADRO N°2.2, Fechas de término de Consumo

	Países desarrollados	Países en vías de desarrollados
CFC	01/01/96	01/01/06
HCFC	01/01/20	01/01/40

2.5. Situación de Chile

La situación de nuestro país no están compleja, por cuanto la totalidad de las sustancias dañinas para la Capa de Ozono utilizadas en el mercado nacional, son producidas en el extranjero. Esto significa que la eliminación de estas sustancias conlleva el cambio tecnológico o modificación de los procesos productivos que las utilizan. Dado que la producción de estas substancias ha cesado en los países desarrollados y eventualmente cesará a nivel mundial, el

recambio tecnológico se convierte en una necesidad vital para nuestro sector productivo.

Nuestro país se encuentra realmente afectado por la disminución de la capa de ozono que se registra sostenidamente a nivel mundial. El hemisferio Norte muestra una disminución paulatina acumulada del 5% (respecto del año 1982), mientras que en el hemisferio Sur decae aproximadamente un 7%. Esta magnitud promedio, no es igual en todas partes, pues existen regiones, como la comprendida entre Puerto Montt y la Península Antártica en que la disminución acumulada estimativa sería de alrededor del 13%.

Las cifras indican que Chile tiene un bajo consumo (< 0.12 kg/hab, excluido el Bromuro de Metilo) y ponen en evidencia que los CFC-11 y CFC-12 son las sustancias más utilizadas en el país.

Las cifras de consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono (ODS), por sector de actividad se muestran en la FIGURA N°2.4.

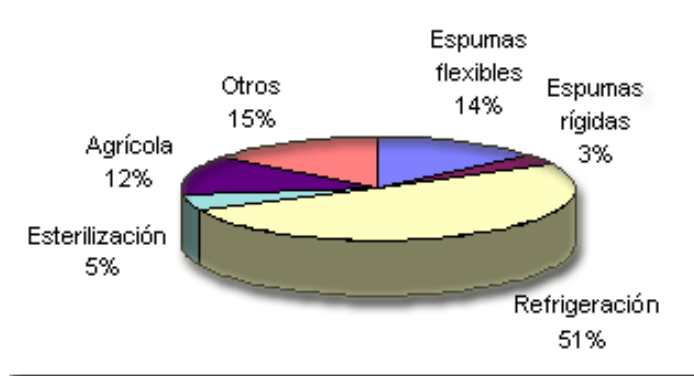


FIGURA N°2.4, Distribución de consumo de CFC's por sector, adaptado de Chile (Consultora GERENS, 1995).

Nuestro país también se ha suscrito a las posteriores enmiendas de este Protocolo, realizadas en:

- Londres (1990),
- Copenhague (1992),
- Montreal (1997) y
- Beijing (1999).

Las cuales han sido ratificadas y son, por lo tanto, ley de la República. Donde los compromisos adquiridos por Chile, se pueden resumir de la siguiente forma:

- El 01/07/1999 no se podrán importar más de 835 toneladas/año de CFC.
- El año 2002 el máximo para Halones será 2,83 toneladas/año y de bromuro de metilo será de 290 toneladas.
- El año 2005 con una reducción adicional del 50% para las importaciones de CFC.
- El año 2010, eliminación completa de los CFC.
- Hasta finalizar con la eliminación de las SAO (sustancias agotadoras del ozono) más importantes el año 2015.

La firma del Protocolo de Montreal, permitió a nuestro país obtener recursos financieros internacionales, con el objeto de dar cumplimiento a nuestros compromisos de reducción y eliminación de SAO en el país, a través de las diferentes actividades desarrolladas por CONAMA y contenidas en el Programa de Protección de la Capa de Ozono, las que son:

- Desarrollar una política con respecto al tema ozono.
- Informar de la situación del país ante las diferentes instancias del Protocolo de Montreal.
- Coordinar al sector público y privado en la consecución de las metas establecidas en el convenio internacional y lograr que parte importante de la industria haya reconvertido sus procesos de producción de bienes y servicios, a través del sistema de incentivos económicos a la reconversión tecnológica (TECFIN).
- La realización de campañas de difusión y capacitación y otras actividades demostrativas de alternativas a estas sustancias.

Desde 1995 hasta la fecha, CONAMA ha financiado más de 30 proyectos de reconversión de empresas, permitiendo a Chile la eliminación de aproximadamente 450 toneladas de CFC, lo que ha significado la entrega de incentivos por un monto aproximado de US\$ 2.9 millones.

2.6. Situación de Sindelen

Para evaluar el consumo actual de R12 de Sindelen, se toma como base seis modelos de refrigeradores CUADRO N°2.3. Posteriormente se hace una evaluación del consumo a futuro en tres periodos, de acuerdo a niveles de producción proyectado por Sindelen para los próximos años.

CUADRO N°2.3, Características de Refrigeradores Sindelen

Modelo	Alto	Ancho	Profundidad	Puertas	R12(Grs.)
RD300SL	100	55	57	1	80
RD330SL	122	55	57	1	90
RD360SL	138	55	57	2	125
RD400SL	160	55	57	2	150
RD450SL	162	60	60	2	148
RD500SL	162	60	60	2	155

En el CUADRO N°2.4, se expresa el consumo histórico R12 en los últimos cinco años.

CUADRO N°2.4, Consumo histórico de R12 en Kilogramos

NIVEL DE PRODUCCIÓN						
AÑO	RD300SL	RD330SL	RD360SL	RD400SL	RD450SL	RD500SL
1997	560,32	991,08	2147,50	1090,61	-	-
1998	645,44	1211,58	2547,50	1139,10	255,74	36,89
1999	557,04	881,82	2644,63	2172,30	890,66	431,52
2000	462,96	1121,04	2759,63	667,95	1543,93	687,89
2001	429,36	1000,08	3116,25	270,26	1220,86	688,46

De a cuerdo a la producción proyectada para los próximos 3 años, considerando la misma tecnología sin proyecto de conversión. El consumo de R12 en kilogramo sería el que se indica en el CUADRO N°2.5.

CUADRO N°2.5, Proyección de consumo de R12 en Kilogramos

NIVEL DE PRODUCCIÓN						
AÑO	RD300SL	RD330SL	RD360SL	RD400SL	RD450SL	RD500SL
2003	590,4	1222,3	2742,4	1982	1814,8	977,2
2004	631,7	1307,9	2934,4	2121	1941,8	1045,6
2005	663,3	1373,3	3081,1	2227	2038,9	1097,9

En el CUADRO N°2.6 expresa un resumen del consumo histórico de R12, expresado en kilogramos, tomando como referencia estos seis refrigeradores.

CUADRO N°2.6, Histórico del consumo de R12 en Kilogramos

AÑO	R12
1997	4789,51
1998	5836,25
1999	7577,97
2000	7243,40
2001	6725,27

En el CUADRO N°2.7, se expresa un resumen del consumo en kilogramos de R12 proyectado a tres años, considerando los seis modelos de refrigeradores, sin proyecto de conversión.

CUADRO N°2.7, Proyección del consumo de R12 en Kilogramos

AÑO	R12
2001	6725,27
2002	8027,18
2003	9329,1
2004	9982,4
2005	10481,5

El aumento del consumo de refrigerante R12 a sido producto del aumento del volumen productivo de refrigeradores por parte de Sindelen.

CAPITULO III

ANALISIS DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

3.1. Introducción

En el presente capítulo se describe el proceso de refrigeración analizando todos sus componentes y conceptos que lo provocan. Posteriormente se hace un análisis teórico y real de un circuito de refrigeración. [2] [3].

3.2. Necesidades de un sistema de refrigeración

Ciertos alimentos necesarios para nuestra subsistencia, tales como carnes, pescados, frutas, mantecas y otros, como así también algunos medicamentos especiales, corren peligro de deteriorarse a breve plazo, si se los mantiene a temperatura ambiente.

Con el objeto de preservarlos de tal contingencia y conservarlos en buenas condiciones es necesario recurrir a la refrigeración, mediante el empleo de hielo natural o artificial, a fin de crear y mantener temperaturas adecuadas a la finalidad propuesta.

El empleo de la refrigeración puede satisfacer las necesidades siguientes:

- Enfriamiento de bebidas y alimentos haciéndolos mas agradables.
- Conservación de alimentos y medicamentos susceptibles de descomponerse, pues la refrigeración habilita al hombre para crear condiciones de temperatura que retarden o detengan la evolución de ciertos microorganismos que tienen la propiedad de dañar dichos productos.
- Establecer sistemas de control de temperatura para fines domésticos, industriales y comerciales.
- Acondicionamiento del aire, para mejorar condiciones de vida y de trabajo.

3.3. Componentes de un sistema de Refrigeración

3.3.1. Compresor

La misión del compresor es la de aspirar el gas que proviene del evaporador y transportarlo al condensador aumentando su presión y temperatura, hay del tipo:

- Herméticos
- Alternativo
- Rotativo
- Tornillo
- Centrífugos
- Scroll

En refrigeración domestica los compresores usados son los del tipo hermético, en los cuales, tanto el motor como el compresor están dentro de la misma carcasa y son inaccesibles, como se muestra en la FIGURA N°3.1.



FIGURA N°3.1 Compresor Hermético.

3.3.2. Condensador

El condensador tiene la función de poner en contacto los gases que provienen del compresor con un medio para licuarlo.

Una parte de condensador tiene la función de quitar el calor sensible (1/6 parte), cuando llegamos a la temperatura de condensación ya no podemos enfriar más y empezamos a condensar. (4/6). Para poder condensar ha de haber 10°C de diferencia entre la temperatura de condensación y el medio condensable.

El condensador suele ser un 30% más grande que el evaporador pero si este fuera demasiado grande no tendríamos suficiente presión de alta y no podríamos empujar el líquido hacia el evaporador.

La capacidad del condensador es la cantidad de calor que es capaz de extraer al refrigerante, si disminuimos la temperatura de condensación el condensador podrá ser más pequeño. También nos modifica la capacidad del condensador la relación de compresión, o la diferencia de presión entre la baja y la alta, cuando más alta sea la temperatura de condensación más grande deberá ser el condensador para la misma potencia frigorífica. Por ejemplo si tenemos dos cámaras de la misma potencia frigorífica pero de diferentes temperaturas aumentaría la capacidad del condensador al aumentar la relación de compresión.

La diferencia de temperatura entre el invierno y el verano afecta negativamente en los condensadores de aire, ya que en invierno tendremos menos presión de alta. Para compensar esto es necesaria una regulación de condensación (ventiladores, etc.).

3.3.3. Evaporador

El evaporador es el lugar de la instalación donde se produce el intercambio térmico entre el refrigerante y el medio a enfriar.

3.3.4. Elemento de Expansión

La misión de los elementos de expansión es la de controlar el paso de refrigerante y separar la parte de alta con la de baja, los diferentes tipos de elementos de expansión son:

- Tubo capilar;
- Válvula de expansión termostática;
- Válvula de expansión automática;
- Válvula de flotador en alta presión;
- Válvula de flotador en baja presión;
- Válvula electrónica.

La selección del dispositivo puede de expansión debe llevar en consideración diversos factores como:

- Costo,
- Facilidad de instalación,
- Espacio disponible,
- Características de funcionamiento,
- Tamaño del sistema, etc.

La selección del dispositivo puede ser una tarea aun más difícil, porque además de considerar diversos factores, la definición final solo se obtiene a través de ensayos, para elegir entre un tubo capilar y una válvula de expansión, se debe considerar la comparación hecha en el CUADRO N°3.1.

CUADRO N°3.1, Comparación entre un Tubo Capilar y una Válvula de Expansión.

VENTAJAS	
TUBO CAPILAR	VÁLVULA DE EXPANSION
Barato	Varía la restricción de acuerdo con las reacciones del sistema
Instalación simple	Proporciona mejor rendimiento al sistema
Compacto	Facilidad de selección de modelo y aplicación.
Ideal para equipos pequeños (refrigeradores domésticos).	Necesaria en sistema de gran tamaño
DESVENTAJAS	
Restricción al pasaje de refrigerante constante	Instalación mas compleja
No proporciona el mejor rendimiento del sistema	Ocupa espacio mayor
Difícil de determinar dimensiones definitivas	No ecualiza las presiones del sistema en la parada del compresor
No recomendado para sistema de gran tamaño	

En el proceso productivo de refrigeradores domésticos que es el caso de Sindelen, se utiliza como elemento de expansión el tubo capilar, cuando el refrigerante líquido entra dentro de este, se produce una estrangulación, produciendo aumento de velocidad del refrigerante, disminución de la presión y proporcionalmente una baja en la temperatura.

3.3.5. Intercambiador de Calor

El intercambiador simplemente pone en contacto la tubería de aspiración y la de líquido en contracorriente de manera que incrementamos el recalentamiento y el subenfriamiento.

Va colocado lo más cerca posible del evaporador, la línea de líquido se aísla una vez pasado el intercambiador. En los sistemas con capilar se provoca un intercambio entre la línea de líquido y la aspiración para evitar que el gas se expanda antes de llegar al evaporador.

3.3.6. Filtro Secador

El filtro secador ejerce dos funciones de suma importancia para el funcionamiento adecuado de un sistema de refrigeración.

- Retiene partículas de suciedad que se encuentren en el circuito, las cuales podrían causar obstrucciones o daños a las partes mecánicas del compresor.
- Absorbe la humedad residual del circuito que no haya sido removida por el vacío, evitando todos los daños que causaría en el sistema, como: la formación de ácidos, corrosión, aumento de presiones, congelamiento con consecuente obstrucción de la tubería, etc.

El filtro debe ser instalado en la posición vertical con la salida hacia abajo. Cuando esta posición no sea posible, se puede instalar en posición horizontal, pero jamás debe ser instalado en la vertical con la salida hacia arriba.

3.3.7. Refrigerante

El refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia. Un refrigerante ideal debe cumplir las siguientes propiedades:

- Ser químicamente inerte hasta el grado de no ser inflamable, ni tóxico, ni explosivo, tanto en estado puro como cuando esté mezclado con el aire en determinada proporción.
- No reaccionar desfavorablemente con los aceites o materiales empleados en la construcción de los equipos frigoríficos.
- No reaccionar desfavorablemente con la humedad, que a pesar, de las precauciones que se toman, aparece en toda instalación.
- Su naturaleza será tal que no contamine los productos almacenados en caso de fuga.
- El refrigerante ha de poseer unas características físicas y térmicas que permitan la máxima capacidad de refrigeración con la mínima demanda de potencia.
- La temperatura de descarga de cualquier refrigerante siempre disminuye a medida que baja la relación de compresión. Por lo tanto, deseamos que la temperatura de descarga sea la más baja posible para alargar la vida del compresor.
- El coeficiente de conductancia conviene que sea lo más elevado posible para reducir el tamaño y costo del equipo de transferencia de calor.
- La relación presión-temperatura debe ser tal que la presión en el evaporador para la temperatura de trabajo sea superior a la atmosférica, para evitar la entrada de aire y de humedad en el sistema en caso de fuga.
- Temperatura y presión crítica, lógicamente el punto de congelación deberá ser inferior a la temperatura mínima de trabajo.
- Finalmente ha de ser de bajo precio y fácil disponibilidad.

3.4. Análisis del Circuito de Refrigeración

El análisis de sistemas de refrigeración normalmente es realizado de forma comparativa o intuitiva, pero existen herramientas que podrían también darnos una idea generalizada del comportamiento de los sistemas de refrigeración.

Estamos hablando de los diagramas P (Presión) x H (Entalpía). El diagrama P-H de la FIGURA N°3.2 permite obtener varios datos sobre el sistema de refrigeración, tales como: Capacidad de refrigeración necesaria, determinar las fases del gas refrigerante a lo largo del circuito de refrigeración, entre otras.

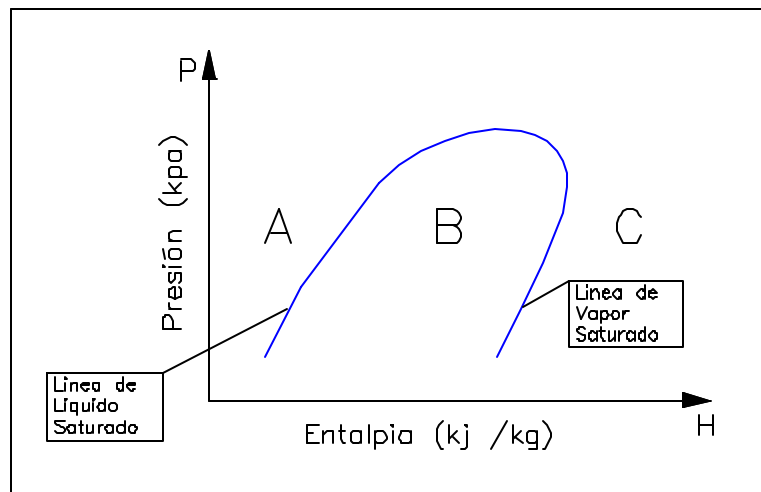


FIGURA N°3.2 Diagrama Típico P-H y sus Particularidades

En la Región “A”, el gas refrigerante se encuentra en estado líquido subenfriado. En la región “B”, entre las líneas de líquido saturado y vapor saturado, el refrigerante se encuentra en cambio de fase, o sea, esta pasando de la fase líquida a la fase gaseosa.

Cuando más próximo estemos de la línea de vapor saturado, tendremos más refrigerante en el estado de vapor y menos en el estado líquido y, por fin, tenemos la región “C”, donde el gas refrigerante se encuentra totalmente en el estado gaseoso, que llamamos de vapor sobrecalentado.

Sobre las líneas de líquido saturado tenemos solamente refrigerante en el estado líquido y sobre la línea de vapor saturado se tiene solamente refrigerante en estado de vapor.

Para analizar un sistema de refrigeración es importante no olvidarse nunca de tres principios:

1. Gases refrigerantes absorben calor en cambios de estado, líquido a gaseoso (evaporación) y liberan calor cuando sucede la transformación de vapor a líquido (condensación);
2. El calor fluye del cuerpo más caliente a uno más frío;
3. Para cada gas refrigerante existe un diagrama P-H específico.

3.4.1. Ciclo de Refrigeración Teórico

Antes es necesario plantear las características, del ciclo teórico, viendo cada etapa del ciclo en cuestión. El diagrama de flujo (FIGURA N°3.3) y diagrama de ciclo (FIGURA N°3.4), se presenta a continuación.

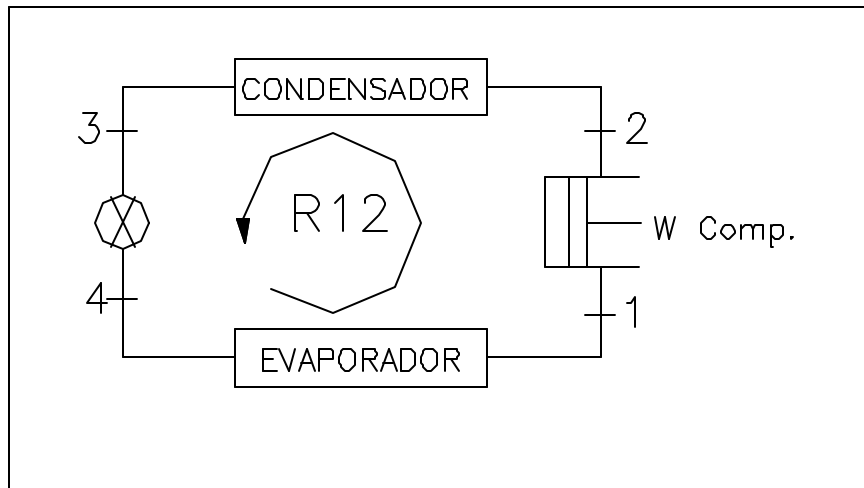


FIGURA N°3.3 Diagrama de Flujo Teórico

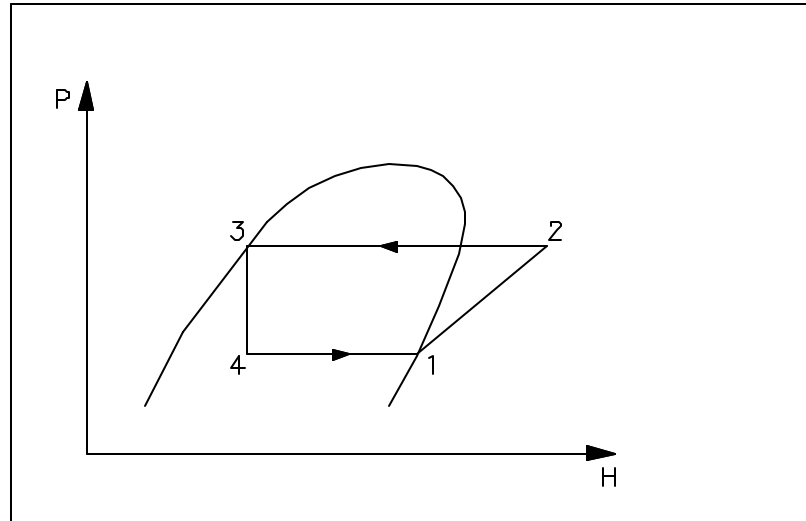


FIGURA N°3.4 Diagrama de Ciclo Teórico

A partir del punto 4, el refrigerante absorbe calor del medio a refrigerar, este efecto se logra a través del evaporador.

En este proceso, a medida que el refrigerante absorbe calor a baja temperatura (-23°C), comienza a evaporarse, cambiando el título de vapor, hasta llegar a la condición de $X=1$.

Este efecto se consigue a presión y temperatura constante, en este caso el efecto refrigerante es:

$$Q_L = h_1 - h_4$$

Donde

Q_L : Efecto refrigerante (kcal./kg.).

h_1 : Entalpía a la entrada del evaporador (kcal./kg.).

h_4 : Entalpía a la salida del evaporador (kcal./kg.).

Luego el vapor se dirige al compresor (hermético de tipo alternativo), el que lo comprime y le eleva la temperatura hasta descargarlo al condensador. Este trabajo teóricamente es a entropía constante y no considera perdidas de potencia. Su valor se expresa como:

$$W_{CT} = h_2 - h_1$$

Donde

W_{CT} : Efecto refrigerante (Kcal./kg.).

h_2 : Entalpía a la salida del compresor (Kcal./kg.).

h_1 : Entalpía a la entrada del compresor (Kcal./kg.).

Una vez que el refrigerante sale del compresor, lo toma el condensador, el cual entrega una superficie de transferencia al aire, que permite que el fluido Freón 12 entregue su calor al medio condensante (aire). Esta condensación se produce a presión constante, donde una parte de ésta disminuye de temperatura hasta la condición de vapor saturado seco, punto desde el cual la condensación continúa a temperatura constante hasta llegar a convertirse en líquido saturado. El calor entregado por el refrigerante al aire exterior es:

$$Q_H = h_2 - h_3$$

Donde

Q_H : Calor de condensación (Kcal./kg.).

h_2 : Entalpía a la entrada del condensador (Kcal./kg.).

h_3 : Entalpía a la salida del condensador (Kcal./kg.).

Finalmente el refrigerante pasa por el tubo capilar, en el cual se baja la presión a entalpía constante, para volver luego al evaporador.

3.4.2. Ciclo de Refrigeración Real

Analizando el diagrama de flujo real, se ve el comportamiento del sistema; el diagrama de flujo (FIGURA N°3.5) y diagrama de ciclo (FIGURA N°3.6), se presentan a continuación.

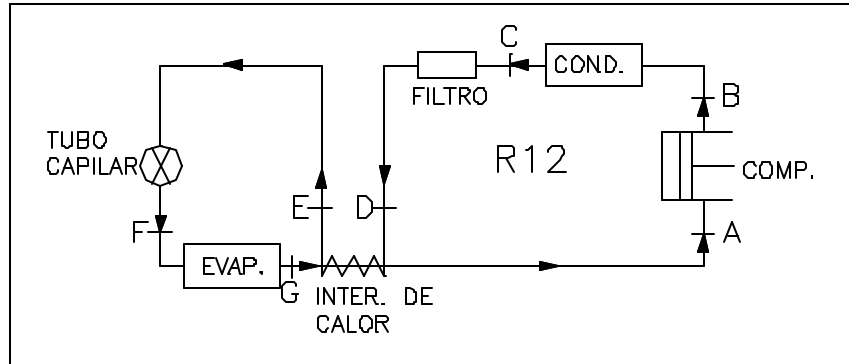


FIGURA N°3.5 Diagrama de Flujo Real

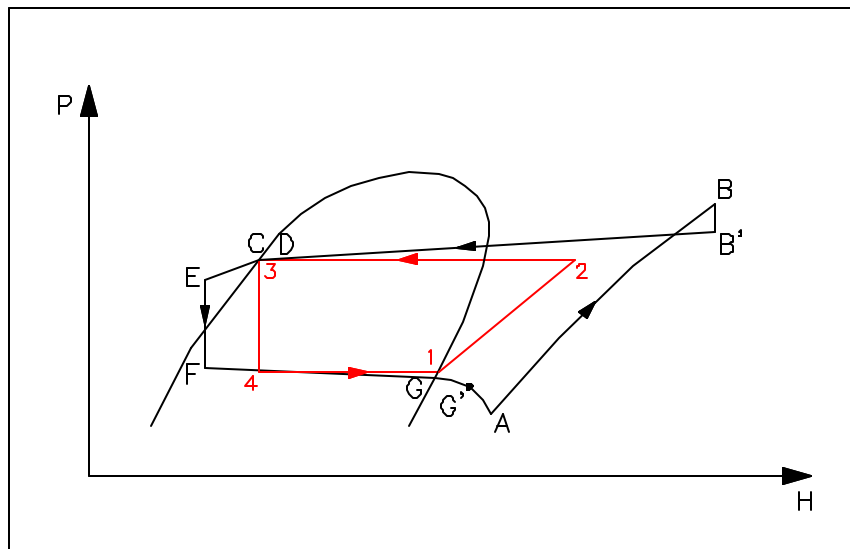


FIGURA N°3.6 Diagrama de Ciclo Real

Del grafico P-h y diagrama de flujo real, se puede definir la secuencia de los siguientes procesos.

Proceso F-G

Representa la absorción de calor por parte del refrigerante al medio, existe una caída de presión debido a la fricción dentro del serpentín evaporador.

Proceso G-G'

Representa la caída de presión que sufre el vapor de succión al pasar por la línea de succión del evaporador al compresor.

Proceso G'-A

Es la caída de presión que sufre el vapor de succión al pasar por las válvulas de succión y pasajes del compresor y cilindro.

Proceso G-A

Sobrecalentamiento del vapor con el intercambiador de calor, (con caída de presión).

Proceso A-B'

Representa el trabajo de compresión. Se observa que el vapor se comprime a una presión superior a la presión de condensación (P_B). Esto es para impulsar el vapor fuera del cilindro, a través de las válvulas de descarga contra la presión de condensación y contra la presión adicional ocasionada por los resortes de aplicación en las válvulas de descarga.

Proceso B-B'

Representa la caída de presión para vencer la abertura de las válvulas de descarga contra la carga del resorte y obligar al vapor a salir a través de las válvulas de descarga.

Proceso B'-D ó B'-C

Condensación del vapor con una caída de presión por fricción en la tubería (serpentín).

Proceso E-F ó C-4

Estrangulación del líquido y expansión hasta la entrada del evaporador. Proceso de Entalpía constante.

3.4.3. Funcionamiento de la Unidad

A partir de la entrada del compresor el vapor eleva su presión mediante el compresor; luego lo toma el condensador que le quita el calor al refrigerante hasta C. La posible humedad que pueda tener el refrigerante, lo absorbe el filtro de secado. Posteriormente el refrigerante pasa por un intercambiador de calor que lo sub-enfria, (también sobrecalienta el vapor de la salida del evaporador).

El refrigerante es estrangulado y baja su presión mediante el tubo capilar. El refrigerante a baja presión es tomado por el evaporador; éste absorbe calor desde el medio (aire freezer). Este evaporador trae un expansor incorporado que aumenta su volumen para permitir un mejor funcionamiento del motocompresor.

Finalmente y antes de volver al compresor, el vapor es sobrecalentado, mediante el intercambiador de calor, produciendo un enfriamiento útil. Nótese que esta vez el efecto del refrigerante será considerado como:

$$Q_L = h_A - h_F$$

Donde

Q_L : Efecto refrigerante (kcal./kg.).

h_A :(kcal./kg.).

h_F : (kcal./kg.)

CAPITULO IV

ANALISIS DEL REFRIGERANTE ALTERNATIVO

4.1. Introducción

En el capítulo cuatro se realiza un análisis del refrigerante alternativo y se compara con el Freón 12. Posteriormente se hace un seguimiento a todas los componentes de refrigeración que sufren cambios producto del nuevo refrigerante. [1] [2] [8]

4.2. Descripción del Refrigerante Alternativo

Después de muchos años de investigación y pruebas surgieron nuevos refrigerantes, alternativos al R12 en la refrigeración domestica, para el proceso de sustitución tenemos las siguientes opciones:

- Substitución por R134a (HFC);
- Substitución por R600, (Isobutano);
- Retrofit para Blends (R401A, R401B, R409A, R406A),

La búsqueda no fue fácil, ya que el sustituto del R12 además de poseer una eficiencia similar a esté, debería cumplir con el perfil de condiciones exigidas a los agentes frigoríficos como:

- Incombustibilidad
- Favorables propiedades fisiológicas (no toxico)
- Estabilidad química y térmica
- Adecuadas propiedades físicas y termodinámicas
- Miscibilidad con productos lubricantes
- Posibilidad de fabricación a gran escala
- Precio de venta razonable,

Como era lógico esta vez se sumaban las propiedades “ecológicas”, o sea, inerte a la capa de ozono y con poco o nula influencia sobre el efecto invernadero, como podemos ver en los siguientes tópicos.

- Los HFC, no poseen cloro en su fórmula, como el R134a es un fluido del tipo HFC que no posee átomos de cloro en su fórmula química, condición esencial para no destruir la capa de ozono.
- El R134a posee un factor potencial de destrucción de la capa de ozono (ODP), igual a cero, condición esencial para ser un fluido ecológicamente aceptable.
- Su factor de calentamiento de la tierra (GWP), es 0,26 mucho menos que el factor del R12 que es de 3,2.
- No es inflamable.
- Posee niveles de toxicidad aceptables.
- Aplicaciones de baja y media temperatura.

Las características ecológicas del R134a mencionadas en los tópicos anteriores se basan en estudios realizados hasta la fecha, los cuales pueden ser cuestionados a futuro debido que el refrigerante R134a es producto sintético.

En el caso Sindelen como la sustitución se realiza al proceso productivo de refrigeradores domésticos se eligió como alternativa el refrigerante R134a, siguiendo la tendencia mundial de los fabricantes de refrigeradores domésticos y de compresores, utilizando como guía su experiencia.

Sindelen fue asesorado principalmente por la industria fabricante de compresores Tecumseh y la de refrigeradores domésticos Electrolux.

La selección del R134a como sustituto del R12 trajo como consecuencia inmediata, la búsqueda de nuevos aceites lubricantes por parte de los fabricantes de compresores, ya que el R134a, al contrario de R12, es un gas polar y, como tal, inmiscible con algunos aceites lubricantes sintéticos (alquibenzénico) y el nafténico mineral tradicionalmente usado. El aceite encontrado para ser utilizado en los compresores cargados con R134a es el aceite Poliol Ester, el cual obliga a realizar los mayores cambios en el nuevo proceso productivo. En el CUADRO N°4.1, se muestran algunas propiedades físicas y termodinámicas del R134a.

CUADRO N°4.1, Propiedades Físicas y Termodinámicas del R134a

Formula Química	CH ₂ F-FCF ₃
Denominación Química	Tetrafluoretano
Masa Molar (gr/mol)	102,3
Punto de Ebullición a 1.03 bar	-26,5
Temperatura Critica (°C)	101,15
Presión critica Abs. (bar)	40,64
Densidad Critica (kg/l)	0,508
Densidad del Liquido a:	
20°C (kg/l)	1,226
20°C (kg/l)	1,147
Densidad de Vapor Saturado a:	
20°C (kg/l)	27,91
20°C (kg/l)	50,27

4.3. Comparación de R12 con R134a

El CUADRO N°4.2 muestra algunas propiedades del R12 y del R134a, datos con los que podemos comenzar a establecer las primeras comparaciones entre ambos agentes refrigerantes. Las características termodinámicas son establecidas a partir de las siguientes características:

- Temperatura de Evaporación -15°C
- Temperatura de Condensación 30°C

CUADRO N°4.2, Comparación de R12 con R134a.

Datos	R12	R134a
Formula Química	CCl_2F_2	CH_2FCF_3
Presión de Evaporación (psi) / (kg/cm^2)	11,8 / 0,83	9,1 / 0,64
Presión de Condensación (psi) / (kg/cm^2)	93,3 / 6,56	97 / 6,87
Densidad del Vapor Saturado a -15°C (kg/m^3)	0,6859 / 10,9869	0,5128 / 8,2142
Densidad del Liquido Saturado a 30°C (kg/m^3)	80,7 / 1292,7	74,3 / 1190,2
Calor Latente de Vaporización a -15°C (btu/lb) / (kcal/Kg)	68,2 / 37,9	89,3 / 49,6

4.3.1. Análisis de la Presión x Temperatura (R134a x R12).

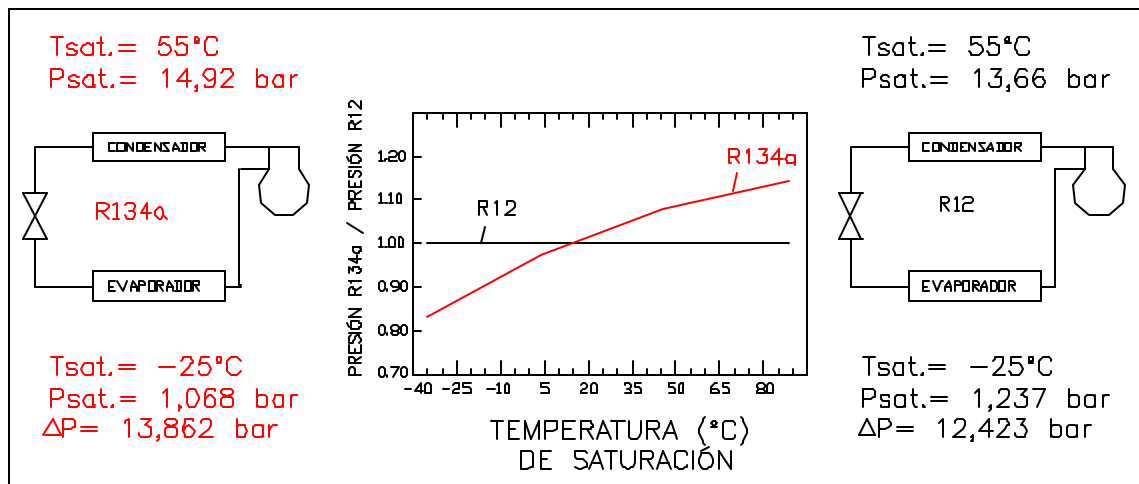


FIGURA N°4.1, Análisis de Presión versus Temperatura de Saturación

Al realizar el análisis basándonos en el gráfico de presión versus temperatura de saturación de la FIGURA N°4.1, podemos definir lo siguiente.

- Para temperaturas de saturación menores de 20°C, la presión de saturación del R134a es menor que la del R12.
- Para temperaturas de saturación mayores de 20°C, La presión de saturación del R134a es mayor que la del R12.
- Sistemas con R134a funcionan con mayor diferencial de presión entre el lado de alta (condensador) y el de baja (evaporador).

4.3.2. Capacidad de Refrigeración

El efecto Volumétrico es, el cociente entre la diferencia de entalpía específica en el evaporador y el volumen específico del refrigerante en la succión del compresor.

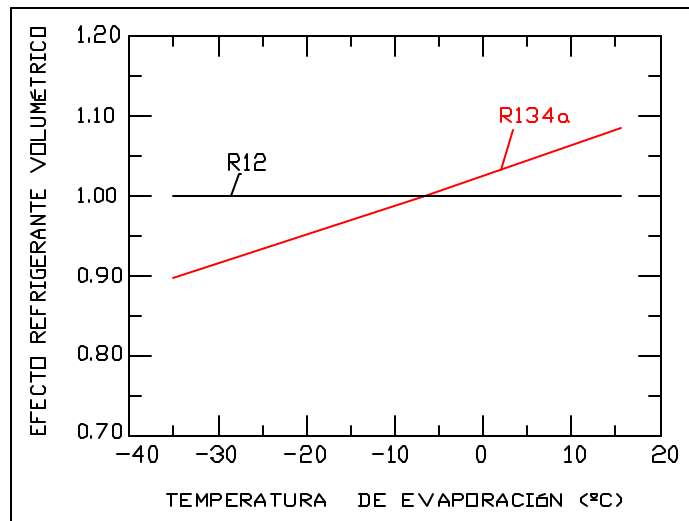


FIGURA N°4.2, Efecto Refrig. Volumétrico Versus Temperatura de Evap.

De la FIGURA N°4.2, la cual grafica el efecto de refrigerante volumétrico versus temperatura de evaporación podemos definir lo siguiente.

- En aplicaciones (Baja presión) LBP ($<-7^{\circ}\text{C}$), el efecto refrigerante volumétrico del R134a es menor que el R12, considerando compresor con el mismo desplazamiento.
- En aplicaciones (Alta presión) HBP ($>-7^{\circ}\text{C}$), el efecto refrigerante volumétrico del R134a es mayor que el R12, considerando compresor con el mismo desplazamiento.

4.4. Descripción del Aceite Poliol Éster

El aceite poliol éster posee algunas características diferentes en relación a los aceites Mineral y Alquilato, hasta entonces utilizados en los compresores para fluidos refrigerantes de los tipos CFC y HCFC. Ya que este tipo de aceite es el mas adecuado para la utilización con fluidos HFC, como el R134a, vamos ahora conocer sus calidades y algunas de sus características indeseables.

- La miscibilidad del aceite con el refrigerante R134a es la condición esencial para que pueda ser utilizado como agente lubricante, ya que debe garantizar el retorno del aceite al compresor durante su funcionamiento. La miscibilidad de la mezcla R12+ aceite minerales es mayor que la de R134a + poliol éster.

4.4.1. Higroscopicidad del Aceite Lubricante R134a

La higroscopicidad del aceite es la capacidad que tiene de absorber agua, el Poliol Ester es aproximadamente 100 veces más higroscópico que los aceites convencionales.

4.4.1.1. Propiedades Fisicoquímicas Básicas

Las propiedades fisicoquímicas se enumeran a continuación.

- Miscibilidad con R134a < -35°C;
- Punto de ignición < los aceites minerales y sintéticos;
- Viscosidad = a los aceites minerales y sintéticos.

Estas son las propiedades que caracterizan, la afinidad de un producto con el agua. Los aceites ésteres presentan una alta capacidad de absorber agua comparados con el aceite mineral sintético, FIGURA N°4.3.

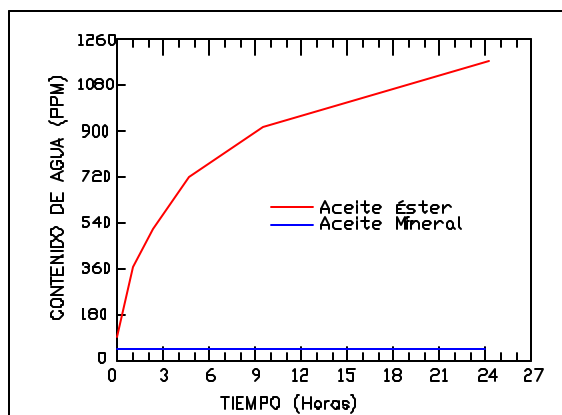


FIGURA N°4.3, Capacidad de absorber agua por los aceites.

4.4.1.2. Estabilidad Térmica Hidrolítica

Evalúa la reversibilidad de la reacción del aceite éster cuando esta en contacto con el agua o si estuviera sobrecalentado, FIGURA N°4.4.

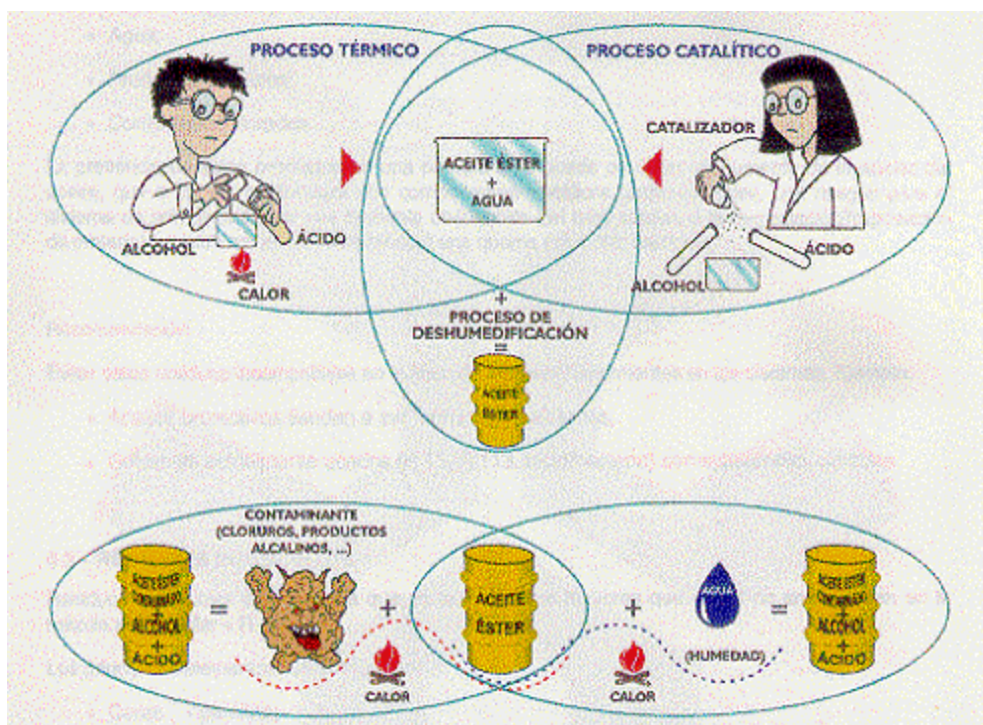


FIGURA N°4.4, Estabilidad Térmica del aceite Poliol Éster

La estabilidad o reversibilidad del proceso depende:

- Del tipo de alcohol (pureza, calidad);
- Del tipo de ácido carboxílico;

- Del proceso de fabricación;
- Del uso o no de aditivos y catalizadores.

En resumen podemos decir que una vez que el Poliol Éster haya adsorbido humedad es muy difícil extraerla o eliminarla, por lo tanto el vacío toma una mayor importancia en este tipo de refrigerante, ya que el agua diluida en el aceite, reacciona químicamente, transformándose en ácidos y alcoholes, los cuales, además de todos los efectos ya conocidos, todavía tienen la característica especial de atacar específicamente el aislamiento del motor del compresor.

4.5. Modificaciones en los Sistemas con R134a

4.5.1. Tubería

- Acero, cobre y aluminio son totalmente compatibles con el R134a y con el aceite éster.
- Caucho natural, butyl y vitons, forman ampollas y se hinchan en presencia del R134a, no siendo por lo tanto recomendados.
- Caf, nylon y neopreno, son compatibles con el uso de R134a.

4.5.2. Intercambiador de calor

- Usualmente se puede utilizar el mismo componente proyectado para R12.
- Especial atención con relación a la limpieza de los componentes del sistema. Ellos deben estar libres de productos incompatibles con el R134a y el aceite éster (silicona, parafina, otras grasas y ceras).

4.5.3. Tubo Capilar

Necesidad Teórica de reducir el caudal en 10 – 15% para mantener la misma eficiencia del sistema. [2]

4.5.4. Filtro secador

Con el surgimiento de los diversos fluidos refrigerantes alternativos, varias opciones de filtros secadores fueron desarrolladas. El CUADRO N°4.3, indica la aplicación de los filtros secadores mas conocidos en relación al fluido refrigerante.

CUADRO N°4.3, Aplicación de filtros secadores en relación a los refrigerantes.

Refrigerantes	Tela	Silica	XH5	XH6	XH7	XH9	Universal
R22-CA	X	-	-	-	-	-	X
R12-R22-R502	-	X	X	X	X	X	X
R134a	-	-	-		X	X	X
R404A/R507	-	-	-	X	X	X	X
Blends	-	-	-	-	-	X	X
R600, R290	-	-	X	X	X	X	X

- Por la diferencia de tamaño de las moléculas del R12 y R134a es necesario sustituir el filtro secador. Se recomienda el uso de filtros con desecante XH7 o XH9.
- La cantidad de desecante debe ser 20% mayor. Este incremento es debido a la menor capacidad de absorción de agua del XH7 y la mayor higroscopicidad del aceite éster.

4.5.5. Carga de gas refrigerante

En sistemas de refrigeración que no sufran alteraciones en sus componentes, la carga de R134a podrá ser de 5 – 10% menor. [2]

4.6. Cuidados en el Montaje.

4.6.1. Higroscopicidad del Aceite

Para evitar la entrada excesiva de humedad en el compresor, los tubos deben ser mantenidos tapados, Los tapones de goma sólo deberán ser removidos en el momento de la soldadura de los tubos al sistema (máximo 15 minutos).

4.6.2. Residuos Incompatibles

Los residuos incompatibles son aquellos que pueden actuar sobre el aceite éster provocando una reversibilidad en la reacción, la cual formó el aceite.

Los principales elementos incompatibles son:

- Agua;
- Productos alcalinos;
- Compuestos clorados.

La presencia de estos productos en una primera fase puede provocar un aumento de la acidez del aceite, que a su vez reaccionará con componentes metálicos formando sales, con riesgos para el sistema de refrigeración por una probable obstrucción del tubo capilar, o la degradación/fragilización de materiales aislantes del motor llevando a una quema del motor eléctrico.

4.6.3. Residuos Inmiscibles

Los residuos inmiscibles son aquellos que en temperaturas mayores que -35°C no se disuelven en la mezcla aceite éster + R134a.

Los principales elementos inmiscibles son:

- Ceras;
- Parafinas;
- Grasas;
- Siliconas.

Estos productos sometidos a altas temperaturas como las encontradas en el compresor y en el condensador, pueden disolverse en el aceite éster y en el refrigerante R134a y viajar por el circuito de refrigeración. En los puntos de baja temperatura como en el evaporador y en la salida del tubo capilar ocurre una separación/solidificación de estas sustancias, con la posibilidad de obstrucción del tubo capilar.

4.6.4. Evacuación y Detección de fugas

Se recomienda realizar vacío por ambos lados de los sistemas hasta alcanzar un nivel igual o inferior 0.6mbar.

Los equipos de carga y evacuación deben ser reservados con exclusividad para el R134a fin de evitar la contaminación por residuos clorados. La posibilidad de ocurrir intercambio entre equipos para R12 y R134a debe ser evitada.

Los detectores de fugas de gases clorados, actualmente usados en sistemas de R12, no son eficientes con el R134a, por lo tanto se pueden utilizar los siguientes sistemas.

- Detectores de Hidrogeno, el cual consiste en presurizar el sistema con la mezcla de H+Ni, es un sistema muy eficiente producto que la molécula de hidrogeno es muy chica y además no es inflamable.
- Sistemas infrarrojos (no son eficiente).
- Espectrómetro de masa (son de muy alto costo).
- Pero lo más eficiente es probar estanqueidad, antes de cargar el refrigerante.

CAPITULO V

CAMBIOS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

5.1. Introducción

Para hacer el análisis de los cambios que sufre el sistema de refrigeración de los refrigeradores, producto de la reconversión de R12 a R134a, utilizaremos dos modelos de refrigeradores de frío directo, los cuales son el RD300 SL y el RD360SL. [2] [4] [5] [7]

5.2. Descripción de los Modelos RD300 SL y el RD360SL.

Ambos modelos son refrigeradores de frío directo lo cual significa que el aire en el interior se mueve por convección natural, teniendo la ventaja de no deshidratar los alimentos.

5.2.1. Modelo RD300SL.

El modelo RD300SL es un refrigerador monopuerta y está compuesto por todas las piezas que se visualizan en el explosivo ANEXO N°1 y se describen en su estructura ANEXO N°2.

Los componentes del circuito de refrigeración y recorrido del refrigerante, están descritos claramente en el ANEXO N°3, donde además se visualizan todos los puntos de uniones soldadas.

Las temperaturas de trabajo de este modelo son de -12°C y 5°C en la zona media del gabinete inferior. Después del congelador, la zona más fría del Refrigerador es la que se encuentra sobre el cristal de la bandeja vegetales, y ésta es entonces la zona indicada para colocar las carnes de consumo diario.

El sistema no cuenta con descongelamiento automático por lo que está provisto de una bandeja de descongelación que permite recoger el agua cuando se descongela manualmente. La bandeja además permite regular el paso del frío hacia la parte inferior:

En el CUADRO N°5.1, se encuentra la ficha técnica del refrigerador modelo RD300SL trabajando con R12.

CUADRO 5.1, Ficha Técnica del Refrigerador Modelo RD300SL.

FICHA TECNICA RD300SL		
Compresor	Modelo	TECUMSEH
	Ref.	AZ1355DS
	Voltaje	220V
Capilar	Largo	2600mm
	Diametro	0,68mm
	Caudal	4,13 a 4,15 Lts/min.
Refrigerante	Freón	R12
	Carga	80Grs.
Termostato	Modelo	ROBERTSHAW
	Ref.	RC92343-2
	Posición Max.	-25°C
	Posición Min.	-4,8°C

5.2.2. Modelo RD360SL.

El modelo RD360SL es un refrigerador de dos puertas, la zona inferior es el conservador y la superior el congelador. Este modelo está compuesto por todas las piezas que se visualizan en el explosivo ANEXO N°4 y se describen en su estructura ANEXO N°5.

Los componentes del circuito de refrigeración y recorrido del refrigerante, están descritos claramente en el ANEXO N°6, donde además se visualizan todos los puntos de uniones soldadas.

Las temperaturas de trabajo de este modelo son de -18°C y 5°C en la zona media del gabinete inferior. Después del congelador, la zona más fría del Refrigerador es la que se encuentra sobre el cristal de la bandeja vegetales, y ésta es entonces la zona indicada para colocar las carnes de consumo diario.

El sistema cuenta con descongelamiento automático para el conservador dado que cuenta con un calefactor eléctrico que opera cuando el compresor está detenido. El freezer se debe descongelar manualmente cuando la capa de escarcha en las paredes del freezer supere los tres milímetros de espesor.

El congelador sirve para conservar congelados los alimentos que comercialmente vienen así, o para congelar alimentos frescos o cocidos.

En el CUADRO N°5.2, se encuentra la ficha técnica del refrigerador modelo RD360SL trabajando con R12.

CUADRO 5.2, Ficha Técnica del Refrigerador Modelo RD360SL

FICHA TECNICA RD360SL		
Compresor	Modelo	TECUMSEH
	Ref.	TW1380AS
	Voltaje	220V
Capilar	Largo	2040mm
	Diametro	0,68mm
	Caudal	4,6 a 4,9 Lts/min.
Refrigerante	Freón	R12
	Carga	125Grs.
Termostato	Modelo	Ranco
	Ref.	K59L1929
	Posición Max.	-25°C
	Posición Min.	-15°C

5.3. Pruebas y Requerimientos de Ajuste al Nuevo Refrigerante

5.3.1. Pruebas de Pull Down y Curva Característica del Sistema.

La prueba pull down se define como la evaluación del sistema a máxima capacidad en condiciones estándar, sin la intervención del termostato. Para realizar la prueba Pull Down primero se debe estabilizar el sistema (presión y temperaturas) en cámara normalizada por 8 horas, cuando todo está en régimen, parte la prueba a 220volt y temperatura de 32°C o la que sea definida. El refrigerador trabaja el 100% del tiempo aproximadamente 8 horas hasta que las presiones y temperaturas estén estables.

Las evaluaciones del sistema que es necesario realizar son las siguientes:

- El diferencial de temperatura entre la entrada y la salida del evaporador no debe ser superior a 2°C, para dejar esta carga de refrigerante como definitiva.
- Las temperaturas del aire evaporador tienen estrecha relación con las temperaturas de evaporación. Para el modelo de una puerta se debe lograr como mínimo -12°C y para el modelo de dos puertas -18°C.
- La temperatura media de condensación no debe exceder 60°C (70°C) bajo la carga máxima ni 50°C (60°C) en condiciones estables a una

temperatura ambiente de 32°C (43°C). Sin embargo, para alcanzarse una vida útil razonable del compresor la temperatura de condensación debe ser mantenida lo mas baja posible (ideal 15°C más alta que la temperatura ambiente).

- d) La diferencia entre la temperatura de condensación media y la temperatura de salida del condensador indica si el tubo capilar ha sido escogido correctamente y el volumen del condensador es suficiente en relación a la carga de refrigerante. La carga debe ser tal que el evaporador sea utilizado completamente cuando el sistema esté en equilibrio (punto a).
- e) Una buena medida del subenfriamiento alcanzado la define el diferencial de temperatura entre el capilar a la entrada del filtro y el condensador medio. Diferencias del orden de los 2°C indicarían que el objetivo se ha logrado.
- f) Un punto importante de controlar es la temperatura del intercambiado de calor a la salida desde el mueble del refrigerador, este punto es muy sensible dado que en condiciones de baja temperatura ambiente 10°C podría presentar condensación. Para prevenir esta situación se debe medir este punto asegurándose que la temperatura no sea más de 5°C inferior al ambiente.
- g) Una vez que se han revisado todas las zonas críticas se deben evaluar las temperaturas interiores del sistema, analizando si cumplen con los valores de diseño.
- h) El compresor es el componente que más trabaja en condiciones extremas por lo que es muy importante conocer el valor de la temperatura alcanzada en sus bobinas (arranque y marcha). Para controlarlas se utiliza el método de la resistencia basado en el incremento del valor de la resistencia eléctrica de los conductores de las bobinas en relación con el incremento de la temperatura. Como máximo las bobinas no deberían superar los 130°C.

- i) En general la evaluación se realiza en condiciones estables para asegurarse que todas las temperaturas incluyendo las interiores, sean satisfactoria, además de asegurar que el sistema está siendo utilizado efectivamente.

Antes de realizar la prueba de Pull Down definitiva, se deben realizar varios pruebas de este tipo (4 o 5), para definir la carga adecuada de refrigerante (carga ideal cubre por completo el evaporador), para asegurar que no exista retorno de liquido al compresor, temperaturas bajas que generen condensaciones o temperaturas internas muy calientes.

En la prueba de Pull Down se miden las presiones de alta y baja, con el fin de validar sus límites evaluando las condiciones de operación del sistema.

Posteriormente en las pruebas de ciclaje el tema de las presiones alcanza un valor relevante, dado que los compresores utilizados son de bajo torque de partida y sólo pueden arrancar cuando las presiones están ecualizadas. Si las presiones no se han ecualizado y el sistema trata de partir, actuará el protector térmico, lo que en muchas ocasiones puede ser confundido con un ciclaje normal por termostato.

5.3.2. Determinación de la carga de Refrigerante

Determinar la carga de refrigerante correcta de un sistema de refrigeración con tubo capilar es fundamental ya que si tiene muy poca carga de refrigerante, la superficie del evaporador no será utilizada completamente y si está sobrecargado, la línea de succión puede congelarse, pudiendo la humedad ser introducida en el aislamiento del gabinete, reduciendo la capacidad de arranque y operación del sistema de refrigeración.

Para la determinación de carga de refrigerante se parte cargando el sistema con una carga un 10% más baja que la carga ideal estimada. Luego se realiza una prueba Pull Down y se evalúan los puntos antes descritos. Posteriormente se procede a cargar el sistema con un 5% más de carga, proceso que se repite cuatro veces. Una vez que se cuenta con la información

de las cuatro pruebas se analiza la información y se procede a cargar el sistema con la carga escogida repitiendo el ensayo. Los resultados deben ser coherentes con los obtenidos en las pruebas preliminares.

La cantidad de carga del refrigerante inicialmente es determinada por los siguientes parámetros:

5.3.2.1. Los Componentes del Sistema de Refrigeración.

El volumen interno del evaporador es muy importante, pero el volumen del condensador y las dimensiones del tubo capilar también deben ser considerados.

5.3.2.2. El Compresor

Un compresor con una carga grande de aceite requiere más carga de refrigerante que un compresor con una carga pequeña de aceite. Cuando es usado junto a un sistema de refrigeración dado, un compresor con baja capacidad requiere una carga de refrigerante mayor que uno con alta capacidad.

5.3.2.3. Medición de las Temperaturas del Gabinete y del Ambiente

El Volumen de Carga correcto es establecido a temperatura constante del gabinete y a temperatura constante del ambiente. La temperatura del gabinete es medida en el centro geométrico del gabinete por medio de un termopar mantenido en una pieza de cobre cilíndrica de 25 gramos de peso FIGURA N°5.1. La temperatura ambiente es calculada como el promedio aritmético de 3 mediciones tomadas a 100 mm desde los centros geométricos de los dos lados y de la parte delantera del gabinete. Estas temperaturas pueden ser medidas con termómetros. Si son usados termopares, un bloque de cobre como el descrito arriba debe ser usado. Todas las mediciones deben ser hechas con una exactitud de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y con instrumentos graduados para lecturas de 0.1°C .



FIGURA N°5.1, Termopar en el Centro del Gabinete

5.3.2.4. Puntos de Medición de Temperatura del Evaporador

Las temperaturas de la superficie del evaporador son medidas por medio de termopares que son soldados como muestra la figura N°5.2.

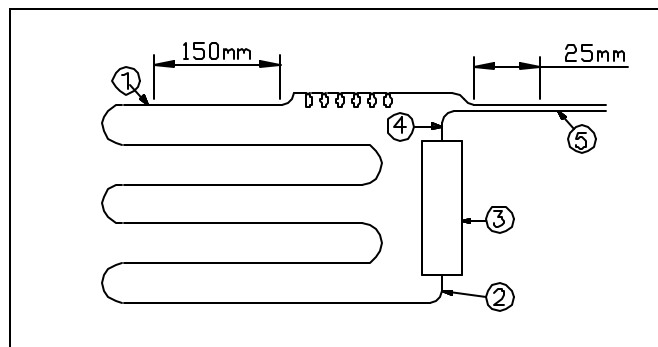


FIGURA N°5.2, Termopar en Evaporador

- Temperatura en el evaporador a aproximadamente 150mm desde la entrada del evaporador (t_1);
- Temperatura en el evaporador delante del acumulador de succión (t_2);
- Temperatura en el acumulador de succión (t_3);
- Temperatura en la línea de succión para control del límite de congelación. La temperatura es medida entre la salida del acumulador de succión y la entrada del intercambiador de calor (t_3);

- Temperatura en el intercambiador de calor medida enfrente del tubo capilar a 25mm desde la entrada del intercambiador de calor.

Es importante que los puntos de medición sean colocados de modo que la transferencia de calor desde la entrada del refrigerante no influya en las mediciones a la salida del evaporador. Esto es especialmente importante en el caso de evaporador “Roll-Bond”(refrigerador modelo RD300SL). En este tipo de evaporador el acumulador de succión es una sección en forma de panel. En algunos evaporadores, todo el sistema de canal o una gran parte de él, es en forma de panel. En evaporadores de este tipo, puede ser realmente un problema determinar donde colocar el termopar t2. En tales casos, debe estimarse la posición correcta calculándose, por ejemplo, el 25% de la superficie del evaporador como acumulador de succión (refrigerador modelo RD300SL). Por otra parte, el punto de medición t2 puede ser omitido, pero es mejor evitar esta solución, porque este punto de medición es significativo para determinar el volumen de carga correcto. En evaporadores de un tubo, donde el tubo capilar está dentro de la línea de succión que es el caso del refrigerador RD360SL, los puntos de medición pueden, en principio, ser colocados como se muestra en evaporadores de dos tubos, pero la posición de los puntos de medición t4 y t5 dependen mucho del modo cómo el sistema esté montado en el gabinete. Como los puntos de medición tienen el propósito principal de dar información sobre dónde la línea de congelación está, para evitarse que la humedad entre en el aislamiento, es mejor colocar el punto de medición t5, donde el tubo de succión entra en el aislamiento, y el t4 a distancias iguales desde los t5 y t3. Con el objeto de obtener resultados de mediciones correctas debe haber buen contacto entre el punto de medición y el termo-elemento. Se recomienda cubrir el punto de medición y el termo-elemento, por ejemplo, con masilla, para evitar la influencia de la circulación de aire en el punto de medición.

5.3.2.5. Características de la Carga Correcta

- En los evaporadores de tubo doble, las temperaturas en los puntos de medición t_1 y t_2 deben ser lo más próximas posible. Debe haber diferencia en las temperaturas en los puntos de medición t_1 y t_3 siendo el gas sobrecalentado de 4 a 7°C. Una diferencia de temperatura de 25 a 35°C debe ser lograda entre los puntos de medición t_5 y t_3 , temperaturas variables en el punto de medición t_5 indican sobrecarga y el punto de medición t_4 en la línea de succión es usado para verificar la línea de congelación.
- En los evaporadores de un tubo (modelo RD360SL) se espera que las condiciones de temperatura en el circuito del evaporador (puntos de medición t_1 , t_2 y t_4) sean la misma del evaporador de doble tubo porque estas condiciones indican utilización del evaporador. La diferencia de temperatura entre los puntos de medición t_3 y t_4 así como entre t_3 y t_5 salvaguarda contra el ingreso de humedad en el aislamiento y debe ser escogida apropiadamente. En este tipo de evaporador, sin embargo, una carga menor, con un sobrecalentamiento aumentado posteriormente a través del circuito del evaporador, no da ninguna protección contra retorno de líquido durante el arranque, en caso de operación del termostato. Así, puede ser necesario aumentar el largo del tubo de succión dentro del gabinete para evitar las consecuencias. Luego, es recomendable, en los evaporadores de un tubo, verificar las condiciones de temperatura en el punto de medición t_5 mientras el gabinete es operado con termostato y con la carga escogida.

5.3.2.6. Verificación de la Carga Determinada

El volumen de carga que ha sido encontrado debe ser verificado, evacuándose el sistema y, luego, recargándolo con el volumen de carga calculado, verificando de nuevo las lecturas de temperatura en el sistema. Después que volumen de carga haya sido validado, una prueba debe ser llevada a cabo en un gabinete acabado; por ejemplo, una prueba de

enfriamiento para asegurarse que el sistema es eficiente con el volumen de carga escogido.

5.3.3. Prueba de Operación con Termostato “Sin Carga”

La prueba de operación con termostato sin carga se lleva a cabo a la temperatura ambiente estipulada con el termostato en la posición necesaria. Antes de la recolección de los datos, el sistema debe funcionar por un periodo suficiente de tiempo para obtenerse las temperaturas y ciclos estabilizados. El compartimiento del congelador no debe ser cargado con paquetes de prueba.

La base de evaluación es la siguiente:

- a) Los requisitos estandarizados en cuanto a las temperaturas internas del gabinete son exhibidos en el CUADRO N°5.3.
- b) Como mínimo en una posición del termostato, la temperatura del gabinete debe estar de acuerdo con los valores indicados en el CUADRO N°5.3.
- c) El porcentaje obtenido del tiempo de funcionamiento, el número de períodos de funcionamiento por hora, así como las temperaturas obtenidas dan una indicación sobre la utilización apropiada de la capacidad del compresor, y sobre la selección correcta de las características del termostato y posición del bulbo.
- d) La presión máxima de evaporación y la presión mínima de condensación, durante el período de pausa del compresor deben ser iguales o lo suficiente cercanas para que el compresor arranque sin problemas.
- e) Después del arranque del compresor, en cada período de funcionamiento, la temperatura obtenida es evaluada en la línea de succión la cual no debe ser inferior a la temperatura ambiente, con el objeto de evitar la condensación del vapor de aire del agua del ambiente, en condiciones ambientales de mucha humedad, sobre el 80%, este punto es muy critico.

CUADRO N°5.3, Temperaturas Estandarizadas del Gabinete

Tipo de Clima	Temperatura Ambiente	Temperatura del Gabinete
SN SUB TEMPERADO	10°C y 32°C	Temperatura mediana < 5°C 10°C > t1, t2, t3 > 0°C Temperatura mediana del congelador < -18°C
N TEMPERADO	16°C y 32°C	
ST SUB TROPICAL	18°C y 38°C	Temperatura mediana < 7°C 10°C > t1, t2, t3 > 0°C Temperatura mediana del congelador < -18°C
T TROPICAL	18°C y 43°C	

5.3.4. Voltaje de Arranque Mínimo

La prueba de voltaje de arranque mínimo se realiza de acuerdo a lo siguiente:

- El refrigerador presenta presiones equilibradas y temperatura igualada a la temperatura ambiente especificada, la cual debe ser definida de acuerdo con el tipo de equipo.
- Después del primer arranque del compresor con un voltaje por debajo de los 90% del voltaje nominal, el voltaje se reduce gradualmente en arranques posteriores. Esto debe ser hecho hasta que el voltaje de arranque mínimo sea obtenido.
- Antes de cada nuevo arranque, el sistema debe quedarse estable durante el periodo necesario para obtener la condición de prueba inicial.

La evaluación se basa Normalmente, en un sistema proyectado correctamente, el compresor arranca al 90% de voltaje nominal. Sin embargo, dependiendo de las características del sistema, el compresor puede arrancar a voltajes inferiores.

5.4. Elementos Utilizados en las Evaluaciones

5.4.1. Cámara de Prueba.

Es una cámara estabilizada a 32°C o la temperatura requerida, FIGURA N°5.3.



FIGURA N°5.3, Cámara de Prueba

5.4.2. Equipo de Carga para R134a.

El equipo de carga utilizado en el laboratorio es un equipo portátil marca RM800, modelo CV-6. FIGURA N°5.4, fácil de transportar.



FIGURA N°5.4, Equipo de Carga

5.4.3. Equipo para realizar Vacío (bomba de vacío)

El equipo para realizar vacío FIGURA N°5.5, es el mismo que se utiliza actualmente en la línea de producción R12, el cual va hacer reacondicionado para R134a, cambiando todos sus accesorios, mangueras, retenes, lubricantes, etc. Son bombas marca Leybold de 4 CFM.

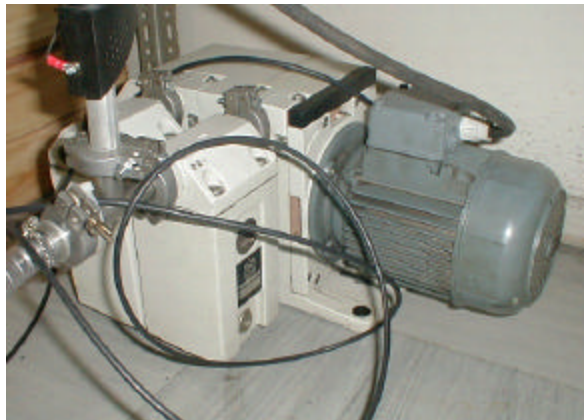


FIGURA N°5.5, Equipo de Vacío

5.4.4. Termocuplas (termopar)

Las termocuplas son preparadas con pesos de cobre de 25 gramos y en cantidades como sea necesario, normalmente se utilizan del orden de 20 a 22 termopares por cada producto a testear.

5.4.5. Equipo Recolector de Datos, FIGURA N°5.6.

El equipo recolector de datos es marca FLUKE, el cual permite barrer todas las termocuplas por una unidad del tipo programable, dependiendo del tipo de prueba esta puede ser de 10 segundos a 1 minuto aproximadamente.



FIGURA N°5.6, Equipo Recolector de Datos

5.5. Proceso de Evaluación (Proceso de caracterización).

El proceso de evaluación consiste en analizar el refrigerador con el nuevo refrigerante, caracterizarlo previamente en las condiciones actuales.

5.5.1. Análisis del equipo actual (R12).

El análisis del equipo actual consiste en caracterizar los refrigeradores, para saber con certeza como funcionan, haciendo un barrido de temperaturas por todo el circuito de refrigeración y el interior del refrigerador (conservador y congelador), siendo sometidos a las siguientes pruebas ya descritas.

- Prueba de Pull Down;
- Voltaje de arranque mínimo;
- Operación con termostato “sin carga”, en los puntos de graduación del termostato.

Como ya especificamos los equipos necesarios para llevar a cabo la evaluación, el CUADRO N°5.4, indica la posición donde fueron ubicadas las termocuplas en los modelos utilizados como muestra. Además en los diagramas del sistema de refrigeración de los refrigeradores de prueba, RD300SL y RD360SL, ubicados en los ANEXOS N°5 y N°6 respectivamente se indica precisamente la ubicación de las termocuplas que van en el circuito de refrigeración.

CUADRO N°5.4, Temperaturas Evaluadas.

Termopar	RD300SL	RD360SL
1	Freezer Superior	Freezer Superior
2	Centro Freezer	Centro Freezer
3	Freezer Inferior	Freezer Inferior
4	Promedio Freezer	Promedio Freezer
5	Ent. Evaporador	Ent. Evaporador
6	Salida Evaporador	Salida Evaporador
7	Conservador Superior	Conservador Superior
8	Conservador Medio	Conservador Medio
9	Conservador Inferior	Conservador Inferior
10	Promedio Conservador	Promedio Conservador
11	Recipiente Verduras	Recipiente Verduras
12	Descarga Comp.	Descarga Comp.
13	Ent. Condensador	Ent. Condensador
14	Medio Condensador	Medio Condensador
15	Sal. Condensador	Sal. Condensador
16	-----	Sal. Tubo Calefactor
17	Entrada Capilar	Entrada Capilar
18	Salida Rubatex	Salida Rubatex
19	Succión Compresor	Succión Compresor
20	Carcaza Sup. Compresor	Carcaza Sup. Compresor
21	Ambiente	Ambiente

En el modelo RD300SL el termopar 16 esta en blanco porque este refrigerador no lleva tubo calefactor.

Después de un periodo de 12 horas, promedio, por prueba para cada modelo de refrigerador, sé evalúa la información y se desarrolla una planilla de reconversión por modelo de refrigerador. En este caso las planillas de reconversión son para los modelos RD300SL y RD360SL indicadas en los CUADRO N°5.5 y CUADRO N°5.6 respectivamente.

PLANILLA DE RECONVERSIÓN R-12 A R134-a

Modelo de Artefacto

RD300

Compressor

Refrigerante	Modelo	Cap. (BTU/h)	Potencia (W)
R12	AZ1365	474,7	
R134a	THE1930YS	270	78

Prod. Orig. R12	Prod. Orig. R134a	Prod. 134a Modif. 1	Prod. 134a T° bulbo	Prod. 134a Modif. 3	Prod. 134a Modif. 4
Carga (Grs)	Carga (Grs)	Carga (Grs)	Carga (Grs)	Carga (Grs)	Carga (Grs)
80	80	70	80		
Capilar	Capilar	Capilar	Capilar	Capilar	Capilar
Diam (mm)	Diam (mm)	Diam (mm)	Diam (mm)	Diam (mm)	Diam (mm)
0,88	0,88	0,88	0,88		
Largo (mm)	Largo (mm)	Largo (mm)	Largo (mm)	Largo (mm)	Largo (mm)
2800	2800	2800	2800		
Caudal (Lts/min)	Caudal (Lts/min)	Caudal (Lts/min)	Caudal (Lts/min)	Caudal (Lts/min)	Caudal (Lts/min)
4,13-4,15	4,13-4,16	4,13-4,16	4,13-4,16		

Punto	Temperatura (° C)					
1 Freezer Superior	-25,7	-19,1	-17,5	-17,5		
2 Centro Freezer	-27,4	-20,4	-19,3	-19,3		
3 Freezer Inferior	-28,4	-21,8	-20,0	-20,4		
Promedio Freezer	-27,2	-20,2	-18,9	-19,3		
4 Ent. Evaporador	-32,1	-24,4	-23,3	-23,8		
5 Salida Evaporador	-30,2	-22,9	-20,8	-20,0		
6 Conservador Superior	-7,5	-1,1	0,2	-1,1		
7 Conservador Medio	-8,2	-2,7	-0,7	-1,7		
8 Conservador Inferior	-8,8	-3,6	-1,5	-2,4		
Promedio Conservador	-8,2	-2,0	-0,7	-1,7		
9 Recipiente Verduras	-1,2	3,3	4,8	-23,4		
10 Descarga Comp	99,2	82,2	85,3	78,1		
11 Ent. Condensador	87,1	74,4	76,7	64,6		
12 Medio Condensador	53,7	40,9	50,4	50,4		
13 Sal. Condensador	52,6	47,6	50,3	50,5		
14 Sal. Tubo Calefactor						
15 Entrada Capilar	50,8	44,4	48,1	48,4		
16 Salida Rubatex	32,4	28,3	31,2	30,4		
17 Succión Compresor	54,6	47,2	49,0	49,4		
18 Carcasa Sup. Compresor	98,8	82,3	85,4	84,4		
19 Ambiente	32,1	31,1	31,5	31,8		

● ● ● T° de bulbo.

PLANILLA RECONVERSIÓN R-12 A R134-a

Modelo de Artefacto

360 SL

Compresor

Refrigerante	Modelo	Cap. (BTU/h)	Potencia (W)
R12	TW1380AS	696,66	
R134a	THC1366VS	560 BTU/h	139

Prod. Orig. R12	Prod. Orig. R134a	Prod. 134a Modif. 1	Prod. 134a Modif. 2	Prod. 134a Modif. 3	Prod. 134a Modif. 4	Prod. 134a Modif. 4
Carga (Grs)	Carga (Grs)	Carga (Grs)	Carga (Grs)	Carga (Grs)	Carga (Grs)	Carga (Grs)
128	128	116	116	105	95	85
Capilar	Capilar	Capilar	Capilar	Capilar	Capilar	T*bulbo
Diam. (mm)	Diam. (mm)	Diam. (mm)	Diam. (mm)	Diam. (mm)	Diam. (mm)	Diam. (mm)
0,66	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Largo (mm)	Largo (mm)	Largo (mm)	Largo (mm)	Largo (mm)	Largo (mm)	Largo (mm)
2040	2830	2830	3130	3130	3130	3130
Caudal (Lts/min)	Caudal (Lts/min)	Caudal (Lts/min)	Caudal (Lts/min)	Caudal (Lts/min)	Caudal (Lts/min)	Caudal (Lts/min)
4,65	4,65	4,65	4,4	4,4	4	4,4

Punto

Temperatura (°C)

1 Evaporador Superior	-22,7	-20,4	-21,3	-20,7	-21,5	-24,4	-21,5	-22,0
2 Centro Fregio	-26,0	-22,9	-24,1	-23,6	-24,5	-24,4	-24,5	-25,0
3 Fregio Inferior	-24,6	-24,6	-25,8	-25,4	-26,3	-26,4	-26,3	-26,8
Promedio Fregio	-25,6	-22,6	-23,7	-23,2	-24,1	-24,4	-24,1	-24,6
4 Ent. Evaporador	-25,4	-21,6	-23,0	-24,4	-24,7	-24,3	-24,3	-24,4
5 Salida Evaporador	-28,5	-24,1	-24,9	-22,6	-23,3	-23,6	-23,0	-23,4
6 Condensador Superior	-1,6	-0,1	-1,4	-0,6	-1,2	-1,4	-1,0	-1,6
7 Condensador Medio	-2,5	-0,8	-2,1	-1,1	-2,0	-2,3	-1,9	-2,2
8 Condensador Inferior	-5,6	-3,8	-5,1	-4,1	-5,0	-4,8	-4,8	-5,1
Promedio Condensador	-3,2	-1,6	-2,9	-1,9	-2,9	-2,6	-2,6	-2,9
9 Refrigerante Ventosas	5,0	6,3	3,6	4,3	2,5	2,8	4,2	24,3
10 Descarga Corriente	108,0	97,6	97,8	98,6	96,0	97,6	90,7	97,1
11 Ent. Condensador	97,9	87,7	87,3	89,6	87,7	86,8	85,9	86,4
12 Medio Condensador	53,6	50,5	49,4	51,5	49,6	49,6	50,6	49,3
13 Sal. Condensador	52,4	49,7	48,7	50,5	48,8	47,4	48,5	48,5
14 Sal. Tubo Capilar	52,1	49,4	48,6	50,5	48,9	47,6	48,3	48,3
15 Entrada Capilar	48,0	47,2	47,2	49,8	48,3	47,9	37,8	47,7
16 Salida Capilar	18,8	8,4	20,8	19,1	21,6	23,2	23,3	23,3
17 Succión Compresor	42,1	33,6	39,0	35,9	37,3	38,3	48,2	43,7
18 Carga Sub. Compresor	92,8	91,7	90,8	94,2	92,8	92,8	92,8	92,8
19 Ambiente	33,1	31,2	31,0	31,9	31,5	31,5	31,5	31,5

● ● ● T* de bulbo.

5.5.2. Análisis del equipo con R134a

Antes de comenzar las pruebas usando el R134a, debemos escoger el compresor R134a correcto para cada modelo (con la misma capacidad de refrigeración del compresor R12), en esta decisión se usa la asesoría del proveedor (TECUMSEH) debido a su gran experiencia en el tema. En el caso de filtro secador se usaba uno compatible con R134a, Una vez cambiado el compresor, se prueba el refrigerador en las condiciones iniciales (misma carga y largo de capilar), pero debe ser un refrigerador nuevo nunca antes usado con R12 o uno cuyo circuito fue cuidadosamente limpiado con gas R134a barriendo restos de aceite. Este análisis se realiza siguiendo la siguiente secuencia.

- Prueba de Pull Down;
- Operación de termostato “sin carga”.
- Comparar los resultados obtenidos con las pruebas de R12 y con los requisitos descritos en el punto 5.2.2 (Pruebas y Requerimientos del Proceso de Ajuste al Nuevo Refrigerante) y proyectar nuevamente el sistema (las veces que sea necesario);
- Determinación de la carga de refrigerante;
- Pull down con la carga de refrigerante nueva;
- Voltaje de arranque mínimo;
- Operación con termostato sin carga.

Al ajustarse el nuevo sistema al uso del R134a, los puntos principales se deben considerar en la nueva planificación del sistema son:

- Temperatura de evaporación y condensación en condición estable durante la prueba de Pull Down deben ser iguales o inferiores a los valores obtenidos con el sistema R12;
- El consumo de energía y el tiempo de Pull Down para alcanzar una cierta temperatura del gabinete deben ser iguales o inferiores al sistema con R12 o de acuerdo con un nuevo parámetro de aprobación.

- La temperatura de condensación (medio condensador) no debe superar 15°C sobre la temperatura ambiente, para garantizar el intercambio de calor con el ambiente.
- La temperatura a salida Rubatex no puede ser muy baja, porque de lo contrario se formará hielo en el lugar, por lo tanto cuando el refrigerador este ciclando normalmente el hielo se descongelará provocando derrame de agua en la parte trasera del refrigerador.
- La temperatura de entrada del capilar debe ser alrededor de dos grados menos que la temperatura media del condensador asegurando al subenfriamiento del refrigerante.
- La temperatura de salida del calefactor debe ser muy similar a la entrada del capilar.
- La temperatura de succión del compresor no puede ser muy alta de lo contrario estamos llegando al compresor con gas sobrecalentado, provocando bajo rendimiento del compresor, además la temperatura no puede ser muy baja porque podríamos llegar con liquido, lo ideal es una temperatura muy similar al funcionamiento con R12.
- La temperatura de descarga del compresor debe ser menor o igual a 120°C, porque sobre esta temperatura hay riesgo de carbonización del aceite en las válvulas del compresor causando su obstrucción.

La nueva planificación del sistema requiere principalmente un ajuste del tubo capilar y de carga, ya que se puede variar la temperatura cambiando la presión lo que se logra al:

- Variar el flujo (Carga de refrigerante) y largo del capilar;
- Aumentar o disminuir las presiones (variar largo o diámetro del capilar).

Como este es un análisis comparativo, los resultados obtenidos en el proceso de caracterización del equipo (funcionamiento con R12), son la base para la evaluación de las posteriores pruebas.

5.5.2.1. Refrigerador RD300SL Cargado R134a

Para poder cargar el refrigerador RD300SL con R134a primeramente se selecciona un modelo de compresor con características similares al utilizado con R12 (AZ1355) eligiendo el modelo THB1330YS.

En la planilla de reconversión ANEXO N°5.5 se detallan las pruebas realizadas con cada modificación efectuada al refrigerador y sus resultados, los que se analizan en la misma secuencia que fueron hechas.

Primera Prueba (Prod. Orig. R134a); En esta evaluación el refrigerador fue probado en las condiciones actuales, observando los resultados de la planilla se puede decir, que el refrigerador está un poco más caliente, pero en esta condición funciona bien, producto, que el compresor que tenía anteriormente estaba sobredimensionado.

Segunda Prueba (Modif. 1); Aquí se genera la primera y única modificación en este modelo la cual consistió en disminuir la carga de 80 a 70 gramos, y el refrigerador quedo en general mas caliente. La temperatura del conservador medio subió demasiado en comparación con la temperatura del refrigerador trabajando con R12. Además la temperatura a la salida del rubatex es alta por lo tanto indica que falta carga de refrigerante.

Al final se eligió dejar el refrigerador funcionando con las características definidas en la primera prueba.

5.5.2.2. Refrigerador RD360SL Cargado R134a

Para cargar el refrigerador RD360SL con R134a se seleccionó el compresor modelo THC1365YS.

En la planilla de reconversión ANEXO N°5.6 se detallan las pruebas realizadas con cada modificación efectuada al refrigerador y sus resultados, los que se analizarán en la misma secuencia que fueron hechas.

Primera Prueba (Prod. Orig. R134a); en esta evaluación el refrigerador fue probado en las condiciones actuales, observando los resultados de la planilla se puede decir, que el refrigerador está demasiado caliente en el conservador y freezer, además la temperatura a la salida del rubatex es muy baja provocando formación de hielo en el lugar, esto indica que el equipo está sobrecargado. Claro que se modificó el diámetro del capilar, pero esencialmente para evitar obstrucciones.

Segunda Prueba (Modif. 1); Aquí se genera la primera modificación la cual consistió en disminuir la carga en 10 gramos, quedando la temperatura promedio del freezer muy alta.

Tercera Prueba (Modif. 2); Basándose en la segunda prueba se modificó el largo del capilar de aumentándolo en 300 milímetros (disminución del caudal en 5.38%).

Los resultados indicaron la temperatura promedio del conservador baja, en comparación con el refrigerador trabajando con R12.

Cuarta Prueba (Modif. 3); Al refrigerador anterior se le disminuye la carga en 10 gramos (105 gramos).

El Refrigerador funciona en un rango de temperaturas apropiadas.

Quinta Prueba (Modif. 4); Tomado como base la anterior prueba, se modificó la carga dejándola en 95 gramos, los resultados fueron satisfactorios porque las temperaturas quedaron muy similares al refrigerador con R12.

Si se compara las temperaturas promedio freezer y conservador del refrigerador funcionando con R12 y R134a se puede decir que son muy similares. Por lo tanto se escogió esta alternativa.

5.5.2.3. Condiciones Definitivas

Después de del análisis comparativo ambos refrigeradores quedaron funcionando en las condiciones mostradas en el CUADRO N°5.7.

CUADRO N°5.7, Condiciones definitivas de Funcionamiento

Componentes	RD300SL	RD360SL
Compresor	THB1330YS	THC1365YS
Carga (Grs)	80	95
Diametro de Capilar (mm)	0,68	0,75
Largo de Capilar (mm)	2600	3130
Caudal (Lts/min)	4,13-4,16	4,4

5.6. Comparación de Costo del Refrigerador con R12 y R134a.

La comparación de los costos del refrigerador con R12 y R134a sólo está centrada en los componentes del circuito de refrigeración ya que son estos los cuales sufren modificaciones, en el CUADRO N°5.8, se visualiza la variación de los componentes que se modificaron en el refrigerador modelo RD360SL. Los valores indicados en el CUADRO N°5.8, son sólo referenciales, pero el general refrigerador aumenta su costo en 5%. Podríamos decir que la inversión para llevar a cabo la reconversión es baja, pero la gran inversión va por el lado del proceso fabricación y los equipos para ejecutarla.

CUADRO N°5.8, Valores referenciales en pesos de la variación de los componentes

Componentes	R12	R134a
Compresor	15000	18000
Condensador	No Varia	No Varia
Filtro	No Varia	No Varia
Evaporador	No Varia	No Varia
Intercambiador de Calor	No Varia	No Varia
Placa de Refrigeración	No Varia	No Varia
Calefactor	No Varia	No Varia
Refrigerante	1000	1200
Capilar	500	550

CAPITULO VI

CAMBIOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL REFRIGERADOR

6.1. Introducción

En este capítulo analizaremos el proceso de fabricación del refrigerador centrándose principalmente en las dos áreas más críticas al cambio (Sección de Proceso y Soldadura, Armado Final de Refrigerador), y dar a conocer sus modificaciones. Posteriormente conoceremos las medidas tomadas para garantizar la calidad de los componentes adquiridos a terceros, terminando con un análisis de lo importante que era capacitar al personal para una buena evolución del nuevo proceso. [1] [6]

6.2. Descripción del Proceso Productivo General.

La fabricación de refrigeradores en las instalaciones de Sindelen, comparte recursos en las primeras etapas del proceso productivo con el resto de los productos que aquí se fabrican. Los recursos compartidos corresponden a todos los procesos relacionados con el conformado de la chapa (Chapistería), y Planta de pintura. Por otro lado existe una etapa del proceso productivo que es de exclusivo uso de la fabricación de Refrigeradores y que recibe el nombre de línea de Refrigeradores. La línea de refrigeradores a su vez, está compuesta por dos líneas paralelas que fabrican productos de distintos litrajes. De este modo se reconoce la Línea 60 con refrigeradores de 350 litros o superiores y la Línea 55 con refrigeradores desde 180 a 300 litros.

Con el fin de aclarar esta situación, se describen a continuación cada uno de los procesos asociados a la fabricación del refrigerador:

6.2.1. Bodega de Materias Primas e Insumos.

Es el lugar donde se almacenan todos los artículos, materiales y materias primas utilizadas en alguna etapa del proceso productivo, aquí se pueden encontrar materiales como soldaduras, tuberías de cobres, tuberías de acero, tuberías de aluminio, solventes, piezas y partes de artefactos fabricadas por proveedores y algunos componentes importados.

6.2.2. Bodega de Aceros.

Es donde se almacenan planchas, bobinas y flejes de acero con distintas especificaciones, tales como aceros electrogalvanizados, aceros para embutidos moderados, aceros aptos para enlozar, aceros de calidad comercial para diversas aplicaciones, aceros inoxidable y en variados espesores dependiendo de su aplicación.

6.2.3. Corte de Acero.

En esta etapa se obtienen los desarrollos de acero necesarios para abastecer otras etapas del proceso productivo. Este proceso se desarrolla con una serie de guillotinas que trabajan en batch.

6.2.4. Matrizado de la Chapa.

En este proceso se dispone de una serie de prensas con diversas capacidades (Tonelajes) y características (excéntricas e hidráulicas). Con estas máquinas es posible conformar piezas de acero con procesos como: recortado, estampado, embutido, plegado, perforado y una variedad de procesos particulares. Esta etapa del proceso se abastece con materiales que han sido previamente cortados en la etapa de corte de acero o en procesos continuos con flejes de acero.

Por lo general, debido a la necesidad de compartir recursos, estos equipos trabajan en batch de productos, por lo que es necesario estar constantemente cambiando las herramientas.

6.2.5. Bodega de Crudos.

En esta bodega se almacenan en forma transitoria todas las piezas que han sido fabricadas en batch en las secciones anteriores (Matrizado de la chapa). Este almacenamiento transitorio, sirve de pulmón o acumulador que tiene la finalidad de equilibrar, las necesidades continuas de materiales de las líneas de producción con las producciones por batch que se generan en la sección de matrizado de la chapa. Los niveles de stock de los distintos

materiales que en esta bodega se almacenan, están definidos por una relación entre el tamaño físico de la pieza, la velocidad de requerimiento y la carga de la máquina o las máquinas donde es posible instalar el herramental necesario para su producción. En base a estas condiciones se define un nivel o punto de reorden que activa el requerimiento de material a la sección anterior.

6.2.6. Pintura.

La planta de pintura corresponde a una planta de pintura en polvo electrostática que trabaja en un proceso en línea. Su producción debe abastecer a las líneas de armado de todos los artículos producidos en la fabrica, por esta razón la programación de sus operaciones se realiza en batch de piezas que son enviadas en forma inmediata a las líneas de producción.

6.2.7. Sección de Proceso y Soldadura.

En esta etapa del proceso productivo se fabrican todas las tuberías que componen el circuito de refrigeración como lo son:

- Tubo Evaporador
- Intercambiador de Calor
- Tubo Calefactor

Actualmente es la etapa productiva más crítica en el proceso productivo con el nuevo refrigerante (R134a) producto que aquí se fabrican componentes que están en contacto directo con el nuevo refrigerante y el aceite lubricante del compresor. Además este proceso no es realizado en línea, lo cual aumenta más la criticidad.

6.2.8. Línea de Pre-armado de Refrigeradores.

La línea de Pre-armado de Refrigeradores, es el punto de inicio de la producción del refrigerador, ya que de aquí en adelante los procesos son de su exclusividad. En esta parte del proceso se manufactura el mueble y la puerta del refrigerador, En la FIGURA N°6.1, se describe el flujograma de esta etapa.

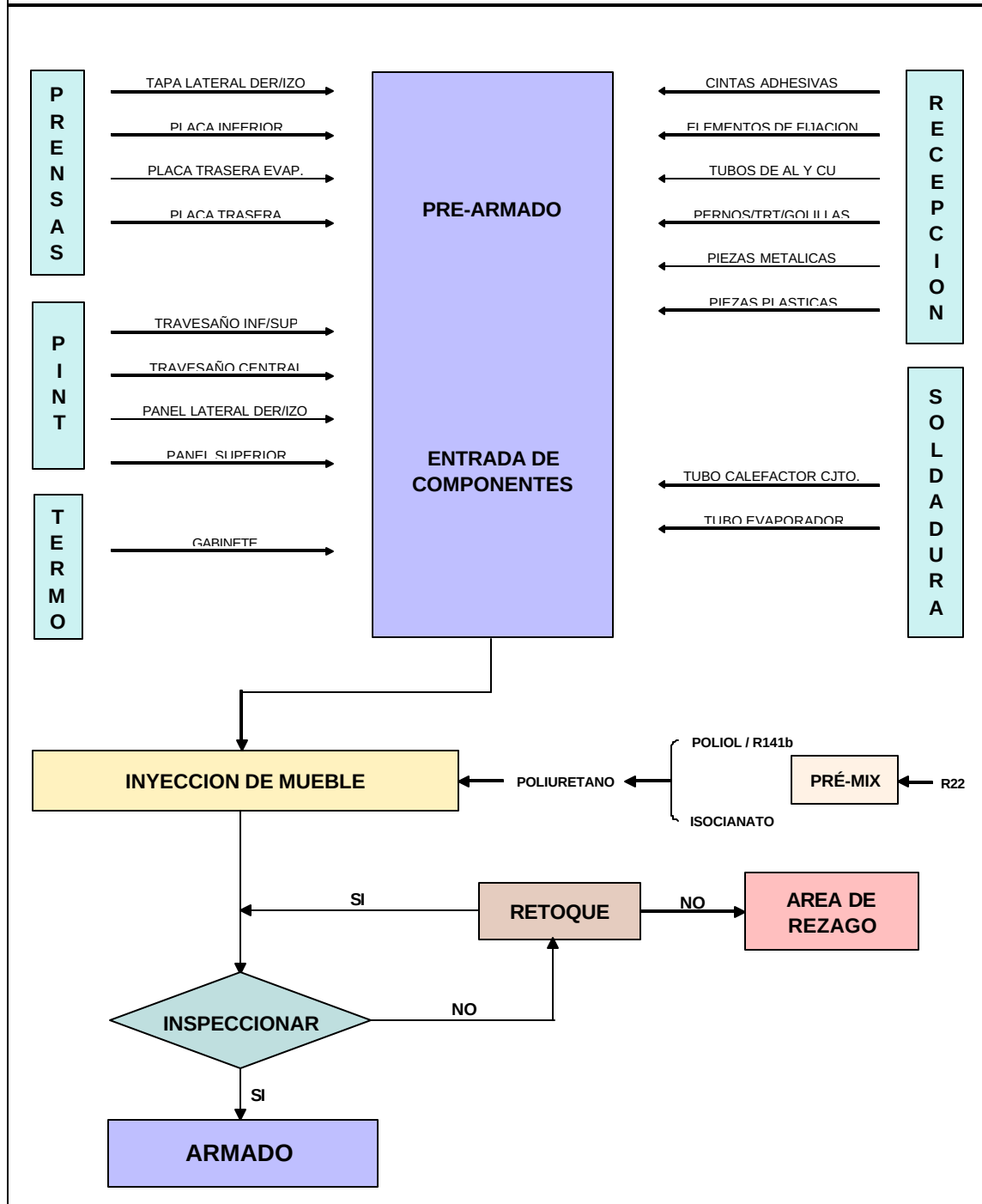


FIGURA N°6.1, Flujoograma del Proceso de Pre-Armado RD

6.2.9. Línea de Armado de Refrigeradores.

El proceso de armado del refrigerador consiste en el ensamblaje de todas las partes y piezas que irán constituyendo el refrigerador como un equipo funcional, FIGURA N°6.2. El ensamblaje es un proceso realizado en línea sobre una correa transportadora con ciclos de detención y marcha. Además de incorporar partes y piezas en el mueble, se van adicionando en forma progresiva una serie de elementos que forman parte del sistema de refrigeración donde la totalidad de las operaciones es realizada por operarios en forma manual. En esta etapa del proceso se requiere de una fuerte capacitación, debido a la complejidad de las operaciones.

En esta etapa se realiza el proceso de carga de refrigerante el cual es ejecutado por un operario, con la asistencia de equipos de vacío y carga de refrigerante de alta tecnología. En esta etapa se incorpora el refrigerante al sistema y se sella dejándolo cerrado.

En Resumen esta etapa junto con la de proceso de soldadura son las más vulnerables a la hora de la reconversión, por lo tanto sufren los mayores cambios, los cuales son descritos más adelante.

6.2.10. Bodega de Productos Terminados.

La bodega de productos terminados recibe los refrigeradores y el resto de los productos ya embalados y listos para ser almacenados transitoriamente y distribuidos finalmente.

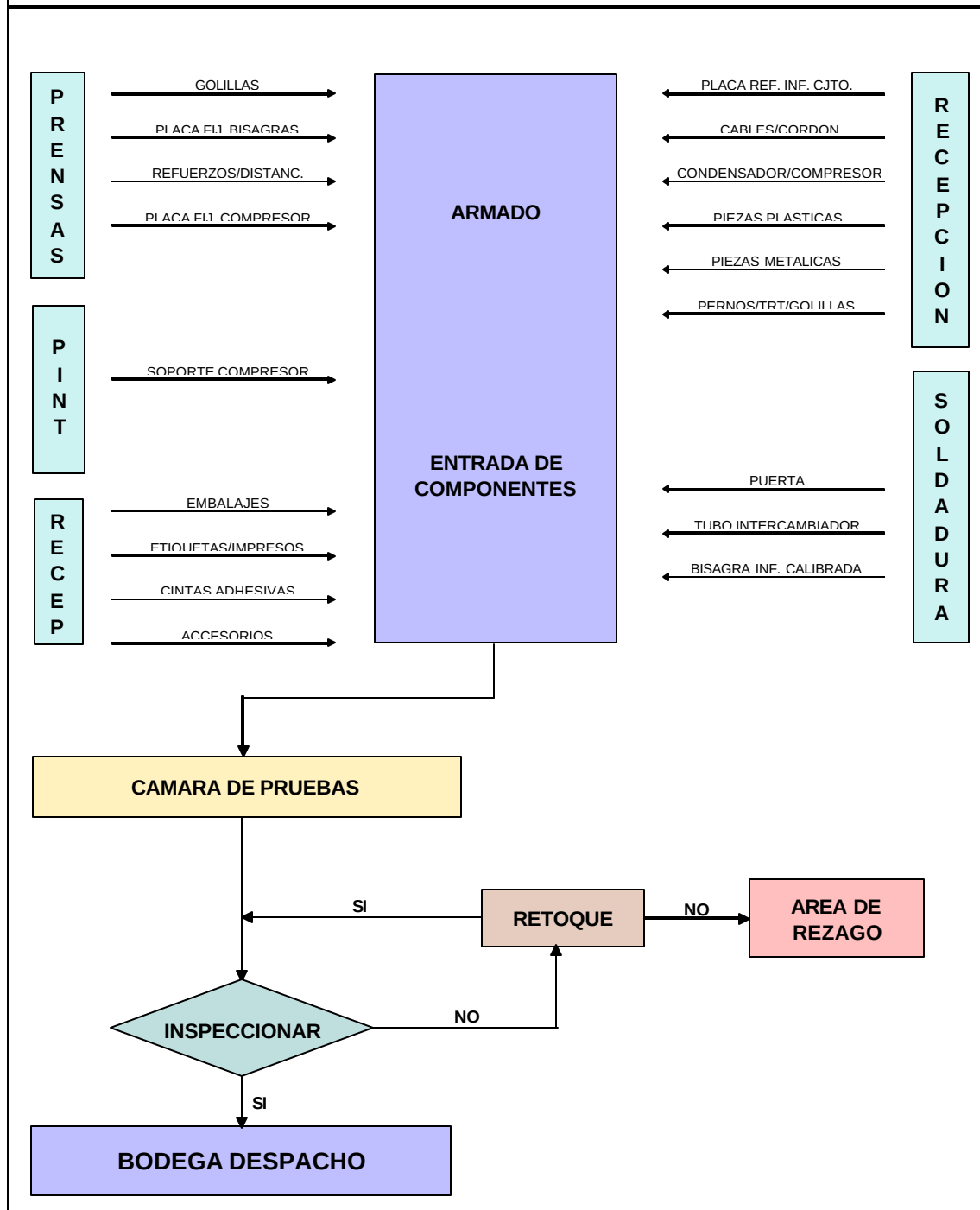


FIGURA N°6.2, Flujograma del Proceso de Armado Final RD

6.3. Sección de Proceso y Soldadura

Como se indico en la descripción, este lugar es al área más crítica en el proceso de reconversión, porque aquí se desarrollan todos los componentes del circuito de refrigeración que se fabrican en Sindelen.

En la actualidad este proceso es desarrollado por bach, lo cual produce desorden en el uso de los materiales y acumulación de producto terminado en el área. Por lo tanto para poder cumplir con las exigencias del nuevo refrigerante se partió de la premisa de redefinir todo el Layout del proceso de soldadura y transfórmalo en un proceso continuo (Fabricación en línea), en la FIGURA N°6.3, se visualiza esquemáticamente el nuevo layout de la zona de proceso y soldadura (Fabricación de Tubería).

Para tener un proceso robusto se confeccionara diagramas de flujo para cada producto para comprender la secuencia de las operaciones de fabricación y la relación entre las mismas, para lo cual se utiliza la siguiente simbología, FIGURA N°6.4.

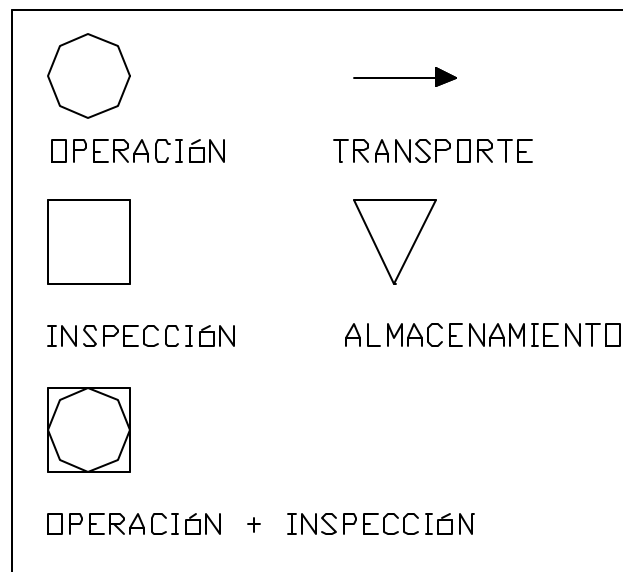


FIGURA N°6.4, Simbología de los diagramas de flujo.

Para un mejor desglose del área analizaremos individualmente los componentes aquí fabricados, evaluando sus condiciones actuales de fabricación y las mejoras realizadas.

LAYOUT ESQUEMATICO DE SOLDADURA ZONA FABRICACION DE TUBOS.

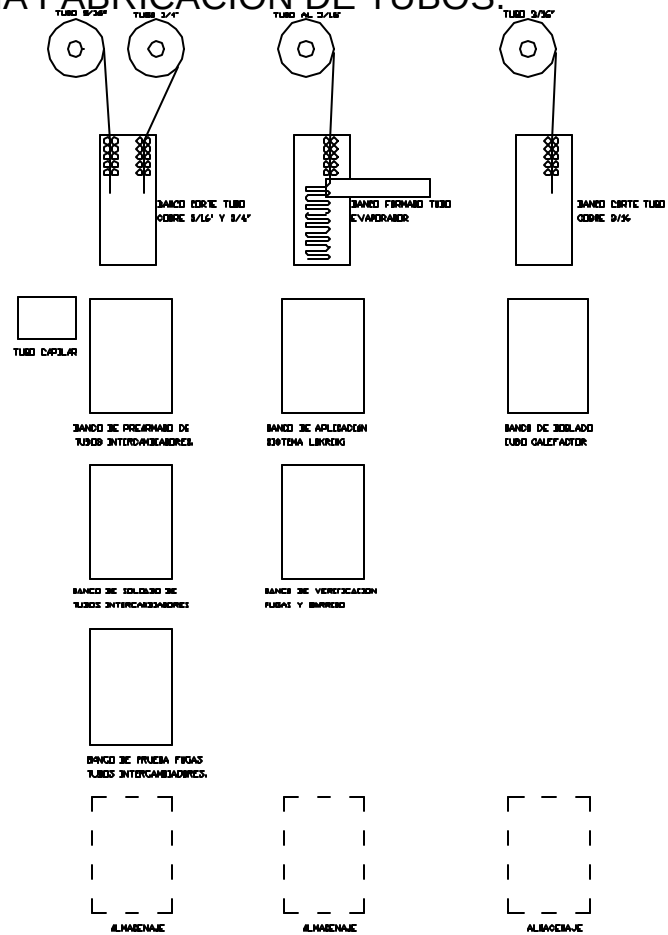


FIGURA N°6.3, Nuevo Layout esquemático de la zona de proceso y soldadura

6.3.1. Tubo Evaporador

En la actualidad en la confección de tubo evaporador no existe un diagrama de flujo claro de proceso, la situación es más grave aún por la falta de normas de inspección e instrucciones de trabajo.

Al hacer un recorrido por el proceso actual encontramos los siguientes problemas y se indican las medidas aplicadas.

El tubo de cobre de diámetro 5/16" por 200mm de largo, está almacenado en cantidades muy grande y con extremidades abiertas que permiten el ingreso de humedad FIGURA N°6.5, para lo cual se sugirió almacenarlos en bolsas plásticas de 20 unidades que serán selladas.



FIGURA N°6.5, Tubería con extremidades abiertas.

Equipos con fugas de aceite, por ejemplo; herramienta Lokring y Equipo de expandido tubos, FIGURA N°6.6, para evitar se solicito al área de mantenimiento realizar evaluación y plan de mantenimiento de ambos equipos.



FIGURA N°6.6, Equipos con Fugas de Aceite

En resumen para evitar productos terminados con extremidades abiertas a la atmósfera se crearon normas de inspección por el lado del Área de Control de Calidad asesorados por Ingeniería.

El cambio del Layout en proceso fabricación del tubo evaporador no era suficiente para asegurar la calidad final del producto, la cual se fortaleció con el diagrama de flujo del proceso, desde la tubería en rollo hasta el producto terminado, FIGURA N° 6.7.

En el diagrama de flujo, no sólo se detalla los pasos del proceso de fabricación del evaporador, sino que se indican claramente los lugares críticos que se deben controlar y la forma consumir el producto.

El diagrama especifica que el proceso se controla en lotes de producción previamente identificados, de esta forma se puede conocer la fecha de fabricación, componentes y personal involucrado, en el caso del punto N°4, las bolsas de tubos deben llevar fechador, de forma de ser consumidas bajo un sistema FIFO.

FABRICACION DEL TUBO EVAPORADOR

PUNTOS DE REVISIÓN DE FUGAS

TODO EL PROCESO SE CONTROLA EN LOTES DE PRODUCCION PREVIAMENTE IDENTIFICADOS, DE ESTA FORMA SE PUEDE CONOCER LA FECHA DE FABRICACION, COMPONENTES Y PERSONAL INVOLUCRADOS. EN EL CASO DE L ALMACENAMIENTO N°4, LAS BOLSAS DE TUBOS DEBEN LLEVAR FECHADOR, DE FORMA DE SER CONSUMIDAS BAJO UN SISTEMA FIFO.

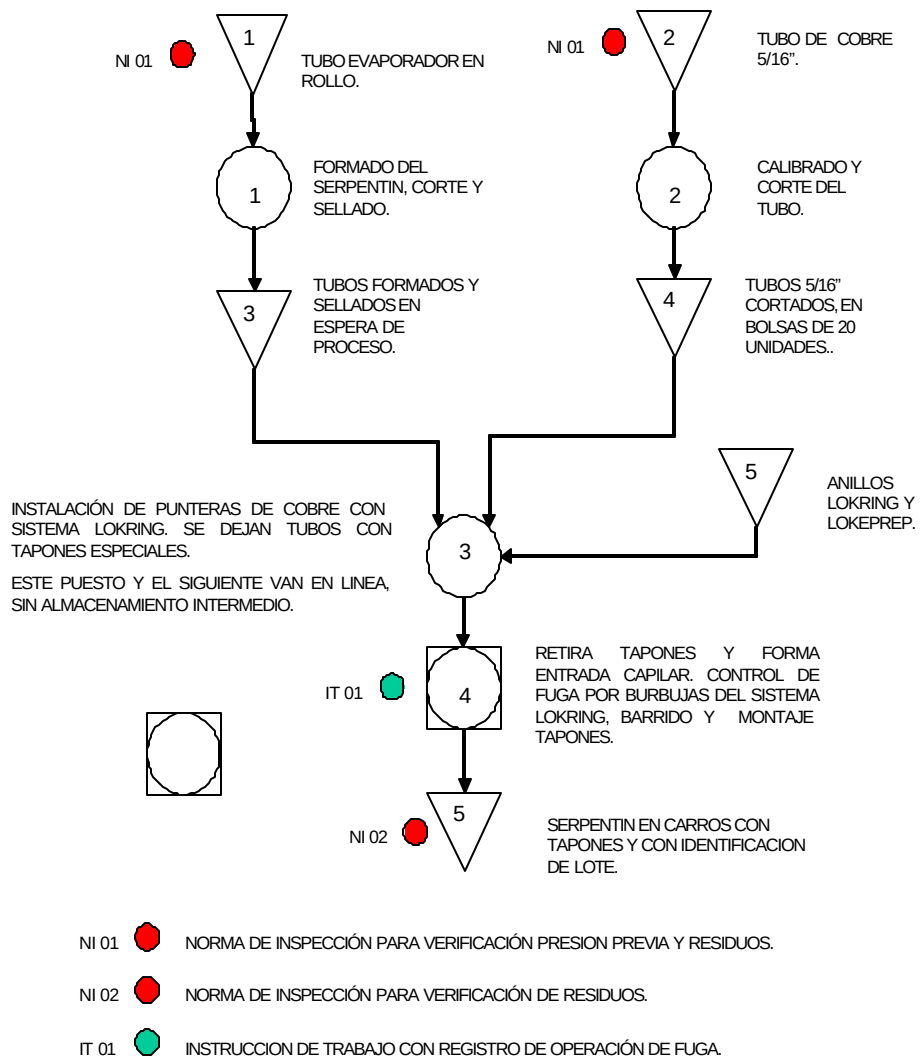


FIGURA N°6.7, Diagrama de Flujo del proceso de fabricación del tubo Evaporador.

6.3.2. Tubo Intercambiador de Calor

El tubo Intercambiador de calor está compuesto por el capilar y el tubo de cobre de 5.16”.

Actualmente el proceso de fabricación del tubo intercambiador de calor no tiene un diagrama de flujo claro tampoco un sistema de control robusto.

Al hacer un recorrido por el proceso actual se encontraron los siguientes problemas y se indican las medidas tomadas.

El almacenaje del tubo capilar no era el adecuado, porque al estar en contacto con el suelo puede tener problemas de residuos sólidos y solubles, para lo cual se fabricaron atriles adecuados.

Los tapones eran reutilizados, para lo cual se busco una alternativa económica que pudiera ser desechable. Además nuevamente se repite situación del producto anterior, encontrando producto, terminado con extremidades abierta a la atmósfera FIGURA N°6.8, a través de las normas de inspección y compromiso del personal se debieron evitar estas situaciones.



FIGURA N°6.8, Producto Terminado con extremidades abiertas a la atmósfera.

Repitiendo la misma fórmula anterior se confeccionó el diagrama de flujo, del proceso con el mismo grado de exigencia, FIGURA N°6.9.

El diagrama de flujo del intercambiador de calor indica que el proceso se controla en lotes de producción previamente identificados, de esta forma se puede conocer la fecha de fabricación, componentes y personal involucrado, en el caso del almacenamiento N°8 y N°9, las bolsas de tubos deben llevar fechador, de forma de ser consumidas bajo un sistema FIFO.

6.3.3. Tubo Calefactor

Si se compara la confección de tubo calefactor con los demás productos es el mas simple, pero actualmente es punto muy conflictivo principalmente porque la tubería de cobre diámetro 3/16" y espesor 0.75mm que se utiliza para su fabricación no viene presurizada, ya que se obtiene mediante el proceso extrusión por lo tanto viene en tiras de 15metros de largo. Para evitar esta situación se homologó un tubo con costura del mismo diámetro de 0.5mm de espesor que viene presurizado en rollos de 1000metros.

Manteniendo la formula y con la finalidad de darle una mayor robustez al proceso de fabricación del tubo calefactor dando como resultado una mayor calidad producto final, se confecciono un diagrama flujo FIGURA N°6.10.

Todo el proceso se controla en lotes de producción previamente identificados, de esta forma se puede conocer la fecha de fabricación, componentes y personal involucrado, para que sean consumidos bajo un sistema FIFO.

FABRICACION DEL TUBO INTERCAMBIADOR DE CALOR PUNTOS DE REVISIÓN DE FUGAS.

TODO EL PROCESO SE CONTROLA POR LOTES DE PRODUCCION PREVIAMENTE IDENTIFICADOS, DE ESTA FORMA SE PUEDE CONOCER LA FECHA DE FABRICACION, COMPONENTES Y PERSONAL INVOLUCRADOS. EN EL CASO DEL ALMACENAMIENTO N°8 Y 9, LAS BOLSAS DE TUBOS DEBEN LLEVAR FECHADOR, DE FORMA DE SER CONSUMIDAS BAJO UN SISTEMA FIFO.

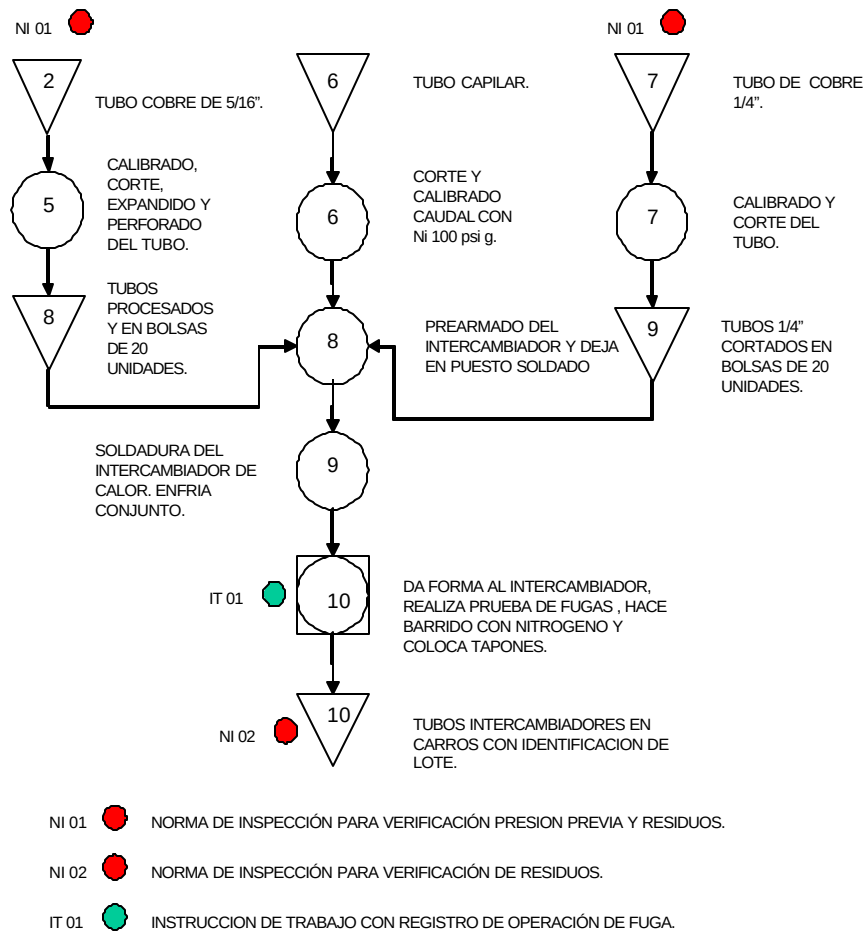


FIGURA N°6.9, Diagrama de Flujo del proceso de fabricación del tubo Intercambiador de Calor.

FABRICACION DEL TUBO CALEFACTOR PUNTOS DE REVISIÓN DE FUGAS

TODO EL PROCESO SE CONTROLA POR LOTES DE PRODUCCION PREVIAMENTE IDENTIFICADOS, DE ESTA FORMA SE PUEDE CONOCER LA FECHA DE FABRICACION, COMPONENTES Y PERSONAL INVOLUCRADOS.

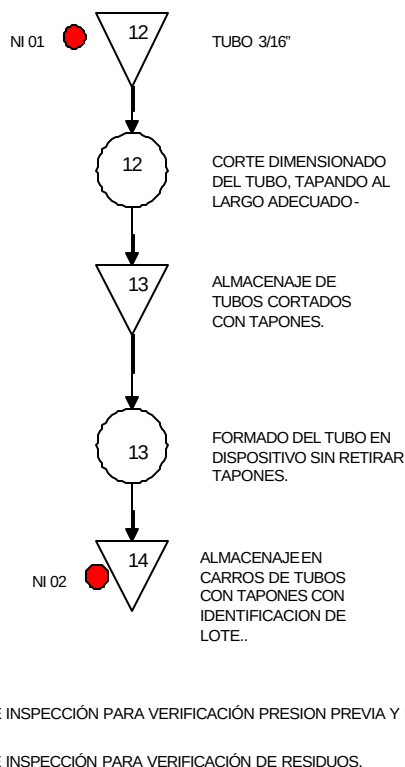


FIGURA Nº6.10, Diagrama de Flujo del proceso de fabricación del tubo Calefactor.

6.4. Área de Armado Final del Refrigerador

El área de armado final es donde se realiza la unión y el montaje de todos los componentes del circuito de refrigeración (excepto el montaje del serpentín evaporador y tubo calefactor los cuales van en el interior del mueble cubierto de espuma), compresor, condensador, filtro, intercambiador de calor y evaporador Roll Bond en el caso de los refrigeradores monopuerta. Esta etapa del proceso productivo se lleva a cabo a través de dos líneas de producción de acuerdo al producto (línea 55 y línea 60), aquí se utilizan los componentes específicos para el gas refrigerante usado, éstos (compresor, filtro, etc.) deberán ser reemplazados por otros de diferentes características físicas, al usar el refrigerante R134a.

Para entender con mayor facilidad la criticidad de esta etapa del proceso de fabricación de refrigeradores, se analizara detalladamente sus principales puntos, dando conocer las medidas que se debieron tomar para asegurar la calidad del producto final cargado con R134a.

6.4.1. Proceso de Soldadura de Componentes

El proceso de soldadura de componentes consiste en la unión de los diferentes componentes del circuito de refrigeración, mediante la fusión del material de aporte (soldaduras con diferentes porcentajes de Ag.) con equipos de soldadura oxiacetilénica. Este compuesto (el cual es una aleación con diferentes porcentajes de plata), es el mismo utilizado en la fabricación de refrigeradores cargados con refrigerante R12, por lo cual, el proceso se ve afectado por las características del refrigerante R134a en la calidad de la soldadura, producto que la molécula del R134a es más pequeña en comparación con la del refrigerante R12 aumentando las posibilidades de fugas. Asegurar la calidad de la soldadura solamente se podía lograr capacitando a nuestros soldadores y sometiéndolos a pruebas de forma periódica para conocer si son aptos para su ejecución.

Como era fundamental capacitar a soldadores se recurrió a nuestro proveedor de varillas de aporte, ARGENTA.

6.4.2. Vacío del Circuito de Refrigeración

El vacío del circuito de refrigeración se realiza mediante bombas de vacío (marca Leybold) instaladas en una especie de carrusel que gira junto a la línea de producción, realizándose esta operación a medida que los muebles avanzan. Estas bombas de vacío utilizan un aceite lubricante que deberá ser reemplazado al migrar al refrigerante R134a, ya que con este último compuesto los aceites minerales sintéticos no son compatibles. Como se utilizarán las mismas bombas, estas debieron ser reacondicionadas modificando su lubricante, mangueras, gomas sellos, etc.

6.4.3. Carga de Refrigerante

La carga de refrigerante se lleva a cabo una vez terminado el vacío en el carrusel, los muebles son conectados a una máquina de carga (marca Galileo), que les hace un chequeo previo a su nivel de vacío (efectuado previamente en el carrusel descrito en el punto anterior), para que una vez verificado este, se proceda a la carga de refrigerante de acuerdo a la necesidad específica real de cada modelo (cuando se usan capilares de proveedores opcionales es necesario cambiar en algunos gramos en la carga de refrigerante). Esta máquina a pesar de ser comprada para el proyecto de refrigerante R134a, en su condición actual es sólo apta para operar con refrigerante R12, por lo tanto se necesitó reacondicionarla para ser usada con el refrigerante R134a modificando su lubricante, mangueras, gomas sellos, etc.

6.4.3.1. Funcionamiento de la Unidad

El funcionamiento de la unidad se realiza para distribuir el refrigerante en el circuito de refrigeración, para lo que, una vez dosificado el mueble (mediante la máquina cargadora Galileo) y sin desconectar éste, se hace funcionar el compresor, con esta acción se logra que el fluido refrigerante se disperse por todo el circuito termodinámico.

6.4.3.2. Sello Punto de Carga

El sello del punto de carga se realiza pasado el momento de funcionamiento de la unidad, se procede a desconectar el refrigerador desde el equipo cargador y sellar con soldadura (Ag.) el tubo de carga (o de proceso) al compresor del refrigerador. En este punto se realiza una prueba de fuga de refrigerante mediante un detector de fugas apto para R12, el cual no operará con R134a, para esto se debió adquirir un equipo apto. En este punto de la línea se produce rechazo de refrigeradores que necesitan ser reprocesados y, por lo tanto, ser recargados una vez reparados (Aproximadamente un uno por ciento de la producción).

6.4.4. Prueba de Funcionamiento

La prueba de funcionamiento se llevan a cabo al término de la línea de armado, el refrigerador se transporta hasta una sala de pruebas termodinámicas y funcional, donde se hace “ciclar” (varios ciclos de arranque y detención) por tiempos variables que fluctúan de una a dos horas, de acuerdo al modelo que se esta produciendo. En esta etapa se produce también rechazo de refrigeradores por diferentes motivos que hace necesario un reproceso del producto, en aproximadamente un cinco por ciento de los refrigeradores producidos, debido principalmente a fallas en el circuito de refrigeración (tapados, fugas, sobrecarga, etc.).

6.4.5. Control de Calidad Final

El control final del producto se efectúa terminada la prueba de funcionamiento, personal especializado discrimina si los muebles están aptos para ser enviados a los clientes o si requieren correcciones, que pueden ser funcionales o estéticas (ralladuras en la pintura de terminación). Antes de proceder a su embalaje también se realiza una completa prueba con un detector de fugas.

6.4.6. Cambios realizados al Armado Final de Refrigeradores

Los cambios realizados al armado final de refrigeradores pasaron principalmente por dar robustez al control de proceso a través de un diagrama de flujo donde se visualicen claramente los puntos críticos.

Para asegurar la calidad del producto, todos puntos críticos indicados en diagrama de flujo del proceso tienen instrucciones de trabajo que detallan en forma resumida cada operación. Para ejemplificar en la FIGURA N°6.11, se muestra el proceso de fabricación del refrigerador dos puertas indicando sus puntos de control.

Todo el proceso se controla (normas de inspección) registrando los lotes de los distintos componentes (del sistema de refrigeración) que alimentan el proceso. En el caso de componentes que vienen de proveedor, tales como condensadores y placas de refrigeración, deben venir en lotes previamente aprobados por control de calidad de recepción.

FABRICACION DEL REFRIGARADOR DOS PUERTAS, PUNTOS DE REVISIÓN DE FUGAS

TODO EL PROCESO SE CONTROLA REGISTRANDO LOS LOTES DE LOS DISTINTOS COMPONENTES (DEL SISTEMA DE REFRIGERACION) QUE ALIMENTAN EL PROCESO. EN EL CASO DE COMPONENTES QUE VIENEN DE PROVEEDOR, TALES COMO CONDENSADORES Y PLACAS DE REFRIGERACION, DEBEN VENIR EN LOTES PREVIAMENTE APROBADOS POR CONTROL DE CALIDAD DE RECEPCION.

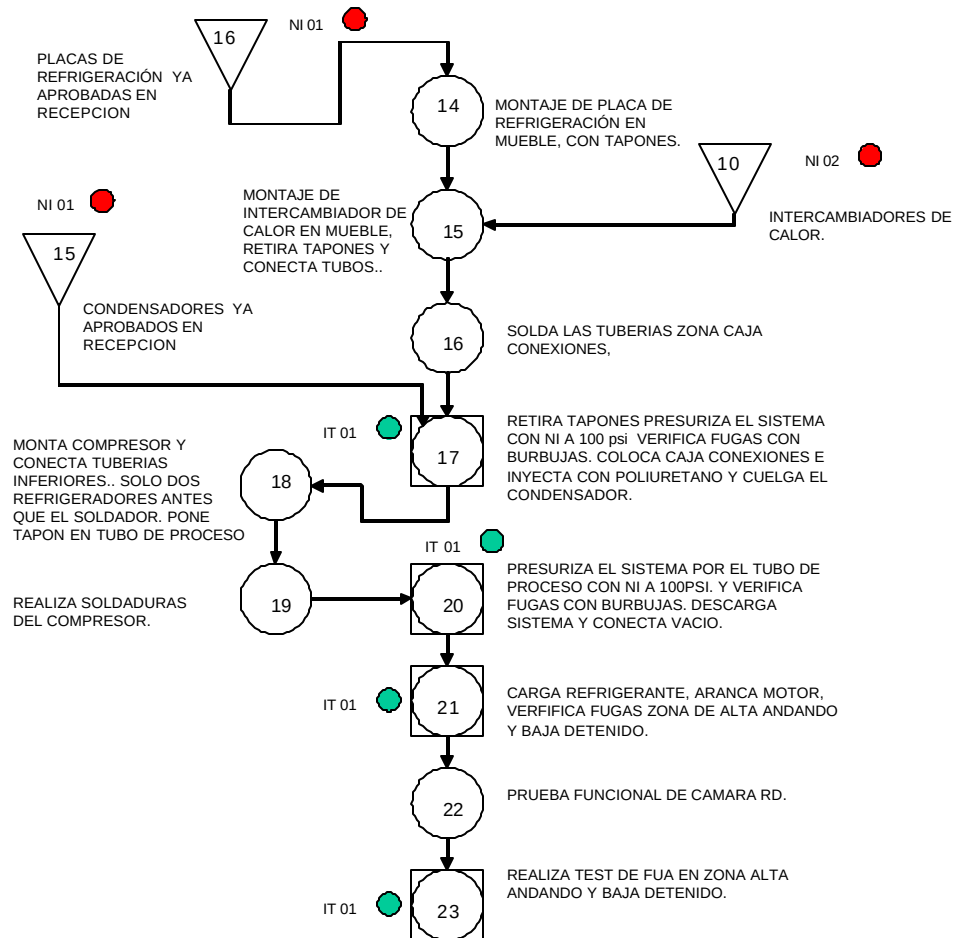


FIGURA N°6.11, Diagrama de Flujo del proceso de fabricación del refrigerador dos puertas.

6.5. Evaluación Proveedores

El primer paso en la evaluación de un proveedor, es verificar si este tiene un sistema de calidad en su planta, de manera a obtener la satisfacción del cliente a través de la prevención de no conformidades en todas las etapas de fabricación.

6.5.1. Exigencias de los proveedores

Todos los proveedores de componentes de Sindelen deben cumplir con las siguientes exigencias para poder ingresar sus productos.

- Deben disponibilizar y mantener actualizado su Diagrama de Flujo (Flow Chart) de fabricación, indicando todas las operaciones y los productos químicos utilizados.
- Poseer las especificaciones del producto actualizadas.
- Son responsables por la comprobación de la compatibilidad de los productos químicos utilizados en su planta.
- Deben comunicar anticipadamente cualquier alteración de los productos químicos utilizados en su planta.

En general el proveedor debe establecer y mantener procedimientos documentados para controlar, calibrar y mantener el equipo de inspección, medición y ensayo (incluyendo el software de ensayo) usado por el proveedor para demostrar la conformidad del producto con los requisitos especificados.

6.5.2. Desglose de proveedores de componentes de Sindelen

A continuación se desglosa una lista de proveedores componentes del circuito de refrigeración que cumplieron con las exigencias mencionadas en el punto 6.5.1. Los cuales entregaron toda la documentación que garantizara que sus productos eran compatibles con el nuevo refrigerante.

- Compresor, Tecumseh (Brasil)
- Placa de Refrigeración, Demayo - Lonardi (Argentina);
- Condensador, EVB (Italia);
- Tubería de Cobre, Madeco (Chile);
- Tubo de Aluminio para el Evaporador, Pesarin (Italia);
- Filtro Secador, Dena (Italia);
- Tubo Capilar, Pesarin (Italia).

6.6. Capacitación del Personal

Par poder llevar a cabo el proceso de reconversión se debió sensibilizar a todo el personal involucrado en el proceso de fabricación del refrigerador y sus componentes. Ya que eran ellos los que debían ejecutar las operaciones.

Para lograr compromiso del personal se partió de la premisa que sin participación de estos no podríamos llevar a cabo el cambio de refrigerante. Para lo cual se realizó una capacitación a todo el personal perteneciente a la planta de refrigeradores, la que consistió en los siguientes cursos.

- Refrigeración
- Soldadura Brazing (Soldadura fuerte), realizado por el proveedor de varillas de aporte Argenta.
- Proceso de Reconversión de R12 a R134a.

De esta forma se capacitó al personal involucrado en relación con lo importante que era su función en la calidad del producto final.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

- A través de la descripción realizada en el trabajo, de los efectos negativos que producen los actuales refrigerantes y los compromisos adquiridos por Chile en el protocolo de Montreal, Sindelen debía modificar su proceso productivo para poder mantenerse vigente en el mercado, cumpliendo con los estándares internacionales.
- Después de realizar el análisis de las características y necesidades del refrigerante alternativo R134a, podíamos determinar los sectores más vulnerables al cambio, de nuestro proceso productivo actual, que era el área denominada como sección de soldadura.
- Del levantamiento del proceso productivo se definen los niveles de criticidad en cada puesto de trabajo; ello arroja la necesidad de sistemas de control que permitan centrar y mantener estable dicho proceso, para lo cual se redefinieron los layout, con la finalidad de dar una mayor continuidad a las líneas de producción.
- En el desarrollo del trabajo están detallados los cambios que se producen en el proceso productivo de refrigeradores domésticos producto de la reconversión de refrigerante de R12 a R134a, los cuales se desglosan en los cambios del producto en si y los de su proceso productivo.
- Los principales cambios que se realizaron en el circuito de refrigeración de los refrigeradores RD300SL y RD360SL, los podemos resumir en; compresor, carga de refrigerante y largo del tubo capilar.
- Al analizar los resultados de las pruebas de caracterización de refrigeradores cargados con R134a y compararlos con los actuales podemos concluir que estos requieren menor carga de refrigerante, producto que el efecto de refrigeración del R134a es mayor que el del R12 y su densidad es menor por lo tanto, necesitamos menor masa de fluido en el mismo sistema.

- Al realizar la comparación de los costos involucrados entre un refrigerador en condiciones actuales, y uno cargado con el refrigerante alternativo, podemos decir que el producto aumenta su costo de fabricación aproximadamente en un 5%.
- Con el estudio realizado, se ha logrado identificar los puntos críticos del nuevo proceso productivo, generando instrucciones de trabajo que aseguren la calidad del proceso y normas de inspección para controlarlo, dando seguridad de que el producto final cumple con las características proyectadas.
- Al termino del estudio podemos visualizar claramente la importancia que adquiere la capacitación del personal involucrado en todo el proceso de reconversión, ya que finalmente son ellos, quienes ejecutan las nuevas operaciones.

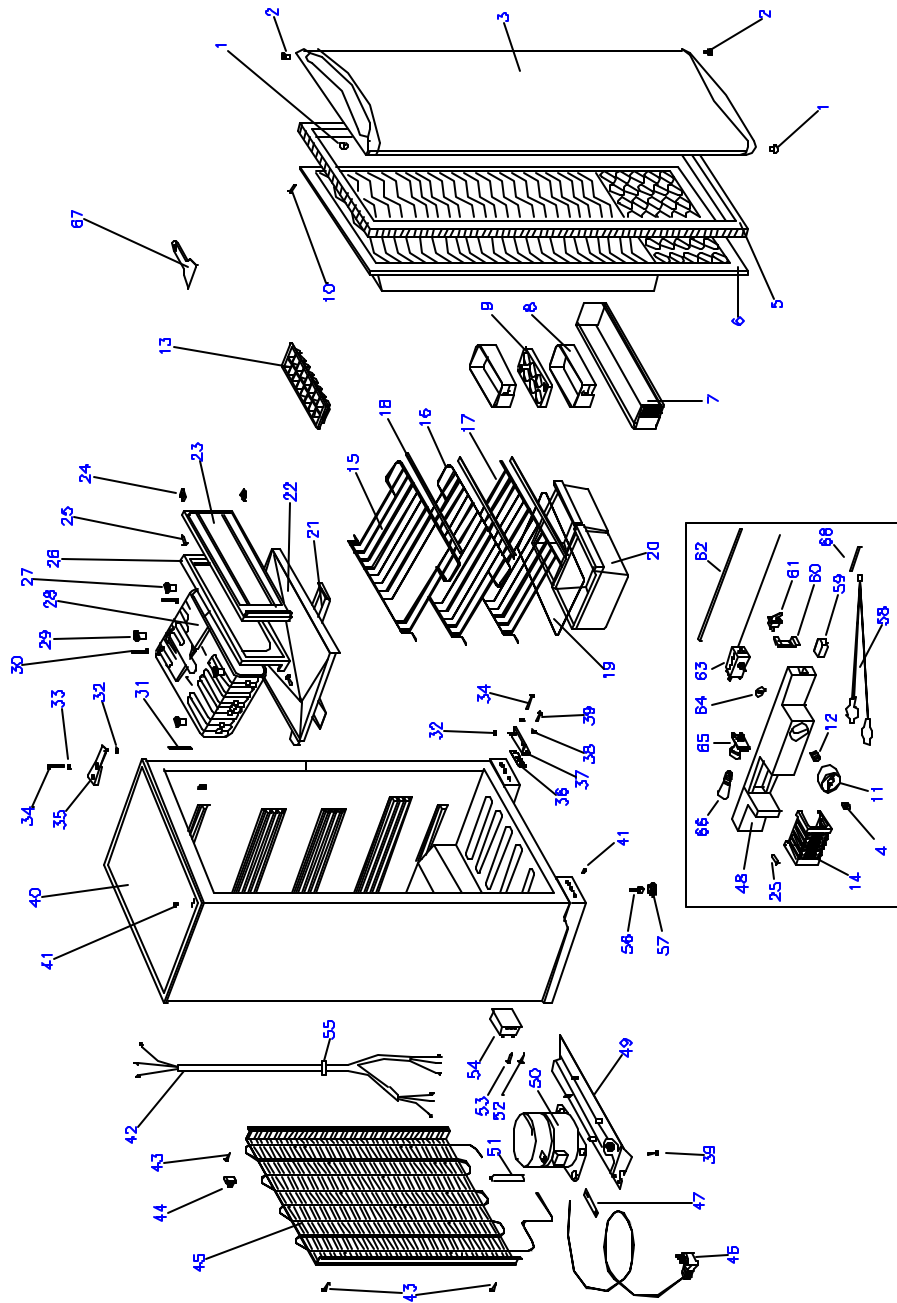
CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA.

- [1] TECUMSEH DO BRASIL LTDA., "Los Cambios Dentro de una Empresa en la Reconversión de R12 para R134a", Sao Pablo, Brasil, 2001.
<<http://www.tecumseh.com.br>>
- [2] TECUMSEH DO BRASIL LTDA., "Compresores Tecumseh y Aplicación de Refrigerantes Alternativos", Sao Pablo, Brasil, 2001.
<<http://www.tecumseh.com.br>>
- [3] ROY J. DOSSAT, "Principios de Refrigeración", 2ªedicion, Continental, S.A., México, España, 1980, ISBN-968-26-0201-7.
- [4] INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION, "Eficiencia Energética de Refrigeradores y Congeladores Eléctricos, Limites, Métodos de Ensayo y Etiquetado", Norma Chilena NCh2594.c2000.
- [5] ASOCIACION BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS, "Sistema de Refrigeración con Gas R134a", Norma Brasileña ABNT, CE 44:000:02, Marzo 2001.
- [6] BY HAROLD J. STEUDEL, PH.D., P.E., "Como Redactar Procedimientos de Calidad", 1ªedicion, H.J. Stuudel Associates, E.E.U.U., 1994.
- [7] NORMA OFICIAL MEXICANA, "Eficiencia Energética, Requisitos de Seguridad al Usuario y Eliminación de Cloro Fluorocarbonos (CFCs), para Aparatos de Refrigeración Comercial autocontenidos, Limites, Métodos de Pruebas Etiquetados", Norma Oficial Mexicana NOM-022, 2001.
- [8] <<http://www.suva.com.mx>>
<<http://www.dupont.com.mx/refrigerantes.html>>

ANEXOS

REFRIGERADOR RD300SL



ANEXO N°2, Estructura RD300SL.

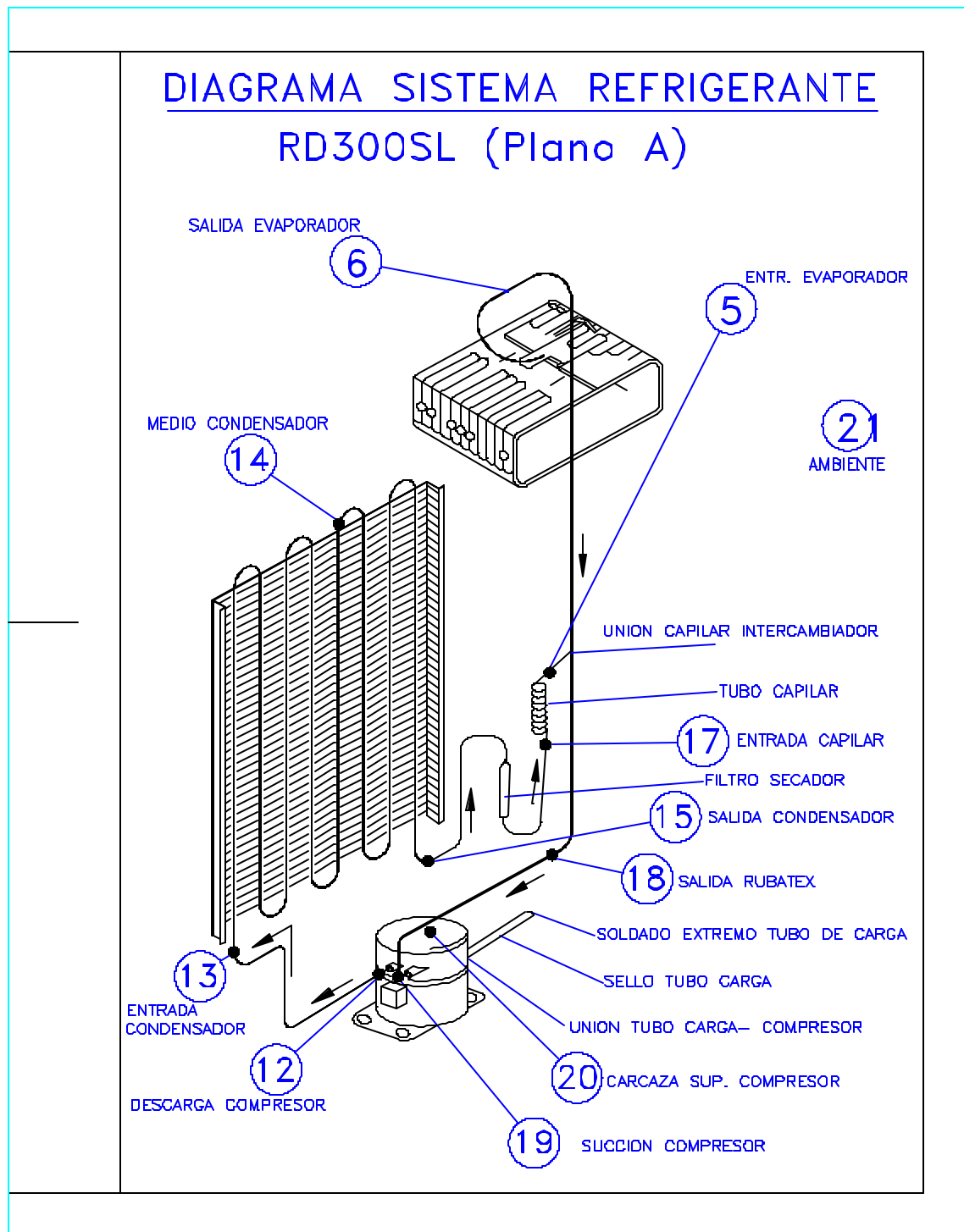
RD300SLBL01

Código	Nivel	Descripción	U/M	Cantidad
981012	1	TAPON MANILLA PTA.REDOND. RD	U	1
81049	2	BUJE BISAGRA PTA.REDONDEADA RD	U	2
1511395	3	PTA.CURVA CPTA. RD200BL	U	1
471030	4	PULSADOR TATO.DEFROST RS.BL.GA	U	1
1061132	5	EMPAQ.BURLETE INF.REHAU GR RD	U	1
1491294	6	PANEL CONTRAPUERTA BL.MEC.RD.	U	1
1431147	7	RECIP.BOTELLA BL.C/GRAF.NUEVA	U	1
1431155	8	RECI.CONTRAPTA.CHIC-BL C/GRAF.	U	4
1431088	9	RECIPIENTE HUEVOS BLANCO	U	2
171408	10	TRT 8*1/2" C/GOL.AUTOPERF. RD	U	16
751183	11	PERILLA TERMOST.C/PULS.BL.GAB.	U	1
821065	12	ANILLO RETENCION LED	U	1
1431050	13	RECIPIENTE CUBETERO BLANCO(RD)	U	2
961161	14	REJILLA CAJA TERMOST.BL GABINE	U	1
961171	15	PARRILLA EST. C/PTA RD360/2	U	1
961169	16	PARRILLA ESTANTE RD360/2	1	0
961170	17	PARRILLA EST.BOTELLAS RD360/2	U	1
1501155	18	MOLDURA PARRILLA EST.BL 453 MM	U	2
1221068	19	CRISTAL RECIPIENTE VERDURAS	U	1
1431159	20	RECIPIENTE VERDURAS CHICO	U	2
201360	21	PLACA DEFLECTORA AIRE BL.	U	1
1431092	22	RECIPIENTE DESAGUE SUPER.CJ.BL	U	1
1511330	23	PUERTA EVAPORAD.CONJ.BLANCA	U	1
401083	24	DISTANCIADOR PTA.EVAPORADOR BL	U	2
171195	25	TRT AB 8*1/2"C/BIND P.AC INOX.	U	2
1091092	26	MARCO ENCUADRE PTA.EVAPORAD.BL	U	1
401084	27	DISTANCIADOR FRONTAL EVAPOR.BL	U	2
1661018	28	EVAPORADOR CONJUNTO RD330SL	U	1
401085	29	DISTANCIADOR TRASERO EVAPOR.BL	U	2
171328	30	TRT AB 8*1 3/4" C/B.PH.AC.INOX	U	4
921086	31	ABRAZADERA BULBO CONTROL FRIO	U	1
91283	32	GOLILLA SEPARADORA POLIACETAL	U	4
101005	33	GOLILLA PRESION D. 3/16"	U	2
171293	34	TRT BT 10*11/2"C/BIND.PH.AC ZN	U	4
1541135	35	BISAGRA SUPERIOR RD PIN (1)	U	1
401130	36	DISTANCIADOR BIS.INF.PTA.CURVA	U	2
1541052	37	BISAGRA INFERIOR CONJUNTO (RD)	U	1
101012	38	GOLILLA ESTRELLA D. 3/16" AC	U	3
171346	39	TRT AB 10*3/4" C/BIND.PH.AC.ZN	U	9
391274	40	MUEBLE CONJUNTO BL RD200-01	U	1
281358	41	TAPON DE EXPANSION BL.	U	5
421695	42	CAB.CONEX.RD330SL MOTOR EMBRAC	U	1
171181	43	TRT.AB 8*1/2 C/BIN.PHIL.AC.ZN	U	8
401112	44	DISTANCIADOR CONDENSADOR PARED	U	2
1671021	45	CONDENSADOR TERMICO REF. 43288	U	1
421630	46	CORDON C/ENCHUF.CAJA(RD) 1.5MT	U	1
201522	47	PLACA FIJA MOTOCOMP.ZN RD450SL	U	2
871095	48	CAJA TERMOSTATO BL GABINETE	U	1
1041638	49	SOPORTE COMPRES.PIN BL RD55/02	U	1
1001103	50	MOTOCOMPRESOR AZ1355DS CJTO.	U	1
1681009	51	FILTRO SECADOR 10 GRS (134A)	U	1
171345	52	PERNO M4*12 CAB.BIND.PH. LATON	U	2

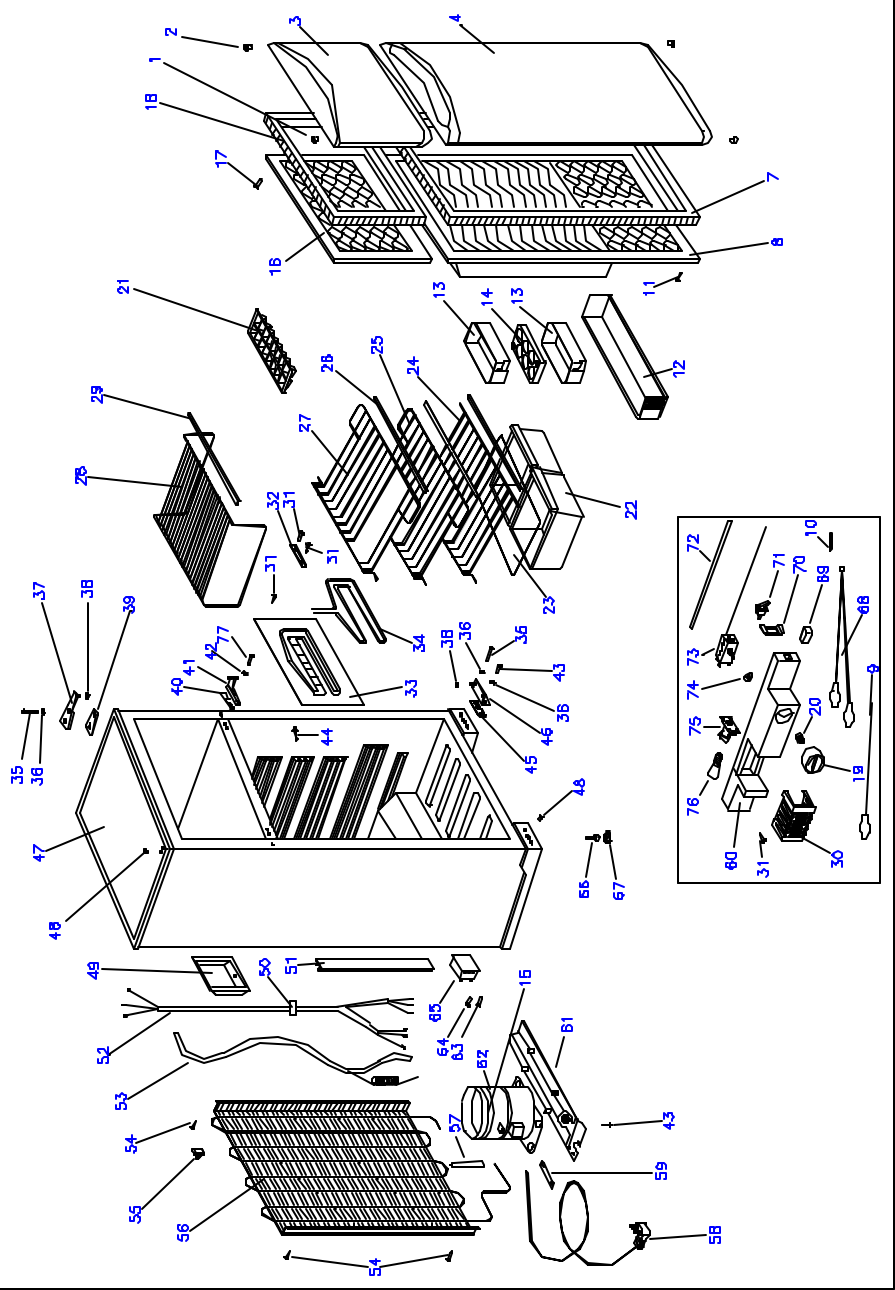
RD300SLBL01

Código	Nivel	Descripción	U/M	Cantidad
171299	53	TRT AB 8*1 3/4"C/PLAN.PH.AC ZN	U	1
871085	54	CAJA CONEXIONES MOTOCOMPRESOR	U	1
921091	55	ABRAZADERA CORDON-TUBO (RD)	U	1
171428	56	PERNO 5/16"*1 3/4" C/HEX.AC.ZN	U	2
451135	57	PROTECTOR PATA NIVELACION RD	U	2
421571	58	CABLE PORTALAMPARA A INTERRUPT	U	1
471028	59	PULSADOR INTERRUPT.BL GABINETE	U	1
1041460	60	SOPORTE INTERRUPT.CAJA TERMOST	U	1
1701043	61	INTERRUPT.COMANDO L	U	1
A131020	62	SPAGUET.PLAST.D.INT.3*0.5MM BL	M	0,75
1521059	63	TERMOST. R.SHAW S.A.RC02643-2	U	1
91257	64	GOLILLA PLANA D.INT 10MM*28 AL	U	1
1191013	65	PORTALAMPARA CAJA TERMOSTATO	U	1
1201017	66	AMPOLLETA 15W 220V "ILESA"	U	1
61013	67	PALETA PARA DESHIELO	U	1
A131044	68	SPAGUETTI PVC D.INT.3*1 MM.ESP	M	0,09
1511387	69	PTA.CURVA CJTO.RD200BL	U	1

ANEXO N°3, Circuito de Refrigeración RD300SL.



REFRIGERADOR RD360SL



ANEXO N°5, Estructura RD360SL.

RD360SLBL01				
Código	Nivel	Descripción	U/M	Cantidad
981012	1	TAPON MANILLA PTA.REDOND. RD	U	2
81049	2	BUJE BISAGRA PTA.REDONDEADA RD	U	2
1511382	3	PUERTA CURVA SUP.CJTO.BL RD300	U	1
1511384	4	PTA.CURVA INF.CJTO.RD360BL	U	1
1511392	5	PTA.CURVA INF.CPTA.RD360BL	U	1
1511391	6	PTA.CURVA SUP.CPTA.RD300BL	U	1
1061132	7	EMPAQ.BURLETE INF.REHAU GR RD	U	1
1491294	8	PANEL CONTRAPUERTA BL.MEC.RD.	U	1
421572	9	CABLE INTERR.TERMOST.CALEFACTO	U	1
451195	10	PROTECTOR BULBO RD450	M	0.09
171390	11	TRT BT10*3/4 C/HEX.PH.ZN C/GOL	U	2
1431147	12	RECIP.BOTELLA BL.C/GRAF.NUEVA	U	1
1431155	13	RECI.CONTRAPTA.CHIC-BL C/GRAF.	U	4
1431088	14	RECIPIENTE HUEVOS BLANCO	U	2
1431202	15	RECIP.DESAGUE TECUMSEH TW	U	1
1491597	16	PANEL CPTA.SUPER.C/GRAF.PANT.3	U	1
171408	17	TRT 8*1/2" C/GOL.AUTOPERF. RD	U	11
1061130	18	EMPAQ.BURLETE SUP.REHAU GRIS	U	1
751189	19	PERILLA CAJA TERMOST.RD400	U	1
821065	20	ANILLO RETENCION LED	U	1
1431050	21	RECIPIENTE CUBETERO BLANCO(RD)	U	2
1431159	22	RECIPIENTE VERDURAS CHICO	U	2
1221068	23	CRISTAL RECIPIENTE VERDURAS	U	1
961170	24	PARRILLA EST.BOTELLAS RD360/2	U	1
961169	25	PARRILLA ESTANTE RD360/2	U	1
1501155	26	MOLDURA PARRILLA EST.BL 453 MM	U	3
961171	27	PARRILLA EST. C/PTA RD360/2	U	1
961172	28	PARRILLA EVAPORADOR RD360/2	U	1
1501158	29	MOLDURA PARRILLA EVAP.BL.396MM	U	1
961161	30	REJILLA CAJA TERMOST.BL GABINE	U	1
171195	31	TRT AB 8*1/2"C/BIND P.AC INOX.	U	6
171195	31	TRT AB 8*1/2"C/BIND P.AC INOX.	U	1
201476	32	PLACA FIJACION BULBO TERMOSTAT	U	1
201540	33	PLACA REF INF 58CM3 RD260	U	1
1311033	34	CALEFACTOR DESCONGELADOR 32 W	U	1
171293	35	TRT BT 10*11/2"C/BIND.PH.AC ZN	U	4
101012	36	GOLILLA ESTRELLA D. 3/16" AC	U	3
1541135	37	BISAGRA SUPERIOR RD PIN (1)	U	1
91283	38	GOLILLA SEPARADORA POLIACETAL	U	6
401134	39	DISTANC. BISAGRA SUPERIOR RD	U	1
401102	40	DISTANCIADOR BISAG. CENTRAL BL	U	1
1541136	41	BISAGRA CENTRAL RD PIN (1)	U	1
101005	42	GOLILLA PRESION D. 3/16"	U	4
171346	43	TRT AB 10*3/4" C/BIND.PH.AC.ZN	U	9
281434	44	TAPA TUBO DRENAJE	U	1
401130	45	DISTANCIADOR BIS.INF.PTA.CURVA	U	2
1541052	46	BISAGRA INFERIOR CONJUNTO (RD)	U	1
281358	48	TAPON DE EXPANSION BL.	U	7
281621	49	TAPA CAJA CONEXIONES EVAP. PAI	U	1
921091	50	ABRAZADERA CORDON-TUBO (RD)	U	4
1501229	51	MOLDURA DRENAJE RD360	U	1
421623	52	CABLE CONEXIONES RD400 CAJA	U	1

RD360SLBL01

Código	Nivel	Descripción	U/M	Cantidad
481632	53	TUBO INTERCAMB.RD360SL TW1380	U	1
171181	54	TRT.AB 8*1/2 C/BIN.PHIL.AC.ZN	U	7
401112	55	DISTANCIADOR CONDENSADOR PARED	U	2
1671023	56	CONDENSADOR TERM.REF.(47299 1)	U	1
1681009	57	FILTRO SECADOR 10 GRS (134A)	U	1
421630	58	CORDON C/ENCHUF.CAJA(RD) 1,5MT	U	1
201522	59	PLACA FIJA MOTOCOMP.ZN RD450SL	U	2
871095	60	CAJA TERMOSTATO BL GABINETE	U	1
1001112	62	COMPRESOR CONJUNTO TW1380AS	U	1
171345	63	PERNO M4*12 CAB.BIND.PH. LATON	U	2
171299	64	TRT AB 8*1 3/4"C/PLAN.PH.AC ZN	U	1
871085	65	CAJA CONEXIONES MOTOCOMPRESOR	U	1
171428	66	PERNO 5/16"*1 3/4" C/HEX.AC.ZN	U	2
61013	67	PALETA PARA DESHIELO	U	1
451135	67	PROTECTOR PATA NIVELACION RD	U	2
421571	68	CABLE PORTALAMPARA A INTERRUPT	U	1
471028	69	PULSADOR INTERRUPT.BL GABINETE	U	1
1041460	70	SOPORTE INTERRUPT.CAJA TERMOST	U	1
1701043	71	INTERRUPT.COMANDO L	U	1
1521055	73	TERMOST.AUTOM.RANCO K59L1929	U	1
91257	74	GOLILLA PLANA D.INT 10MM*28 AL	U	1
1201017	75	AMPOLLETA 15W 220V "ILESA"	U	1
1191013	75	PORTALAMPARA CAJA TERMOSTATO	U	1

DIAGRAMA SISTEMA REFRIGERANTE

