

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO  
PARA DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN COMPRESORES  
HERMÉTICOS**

PRESENTADO POR:

**CÉSAR MAURICIO POSADA VALLADARES**

**CARLOS ERNESTO VILLEGAS PORTILLO**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2017

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR :

**MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

SECRETARIO GENERAL :

**LIC. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO :

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

SECRETARIO :

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

DIRECTOR :

**ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Título :

**PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO  
PARA DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN COMPRESORES  
HERMÉTICOS**

Presentado por :

**CÉSAR MAURICIO POSADA VALLADARES**

**CARLOS ERNESTO VILLEGAS PORTILLO**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

**ING. FRANCISCO DE LEÓN TORRES**

San Salvador, mayo de 2017

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

**INGENIERO FRANCISCO DE LEÓN TORRES**

# **PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN COMPRESORES HERMÉTICOS**

Estudiantes: Br. César Mauricio Posada Valladares

Br. Carlos Ernesto Villegas Portillo

Docente asesor: Ing. Francisco de León Torres

Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Universidad de El Salvador

## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación, consiste en el diseño y construcción de un equipo de diagnóstico para fallas en los compresores herméticos, que se pondrá a disposición como una herramienta importante para el aprendizaje y conocimiento en la práctica de las asignaturas de refrigeración del departamento de sistemas termomecánicos, de la escuela de Ingeniería Mecánica, de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador. El equipo de trabajo, consiste en los elementos básicos de medición y determinación de fallas en los compresores recíprocos. Estos elementos fueron seleccionados para una mayor facilidad y comprensión del usuario al momento de realizar las pruebas. El equipo consiste en determinar las fallas, con una guía orientada a realizar las mediciones paso a paso, para el aprendizaje de los estudiantes de la especialidad de Ingeniería Mecánica, en los laboratorios de la escuela. Se trató de hacer un equipo con facilidad de poder desplazarlo para poder realizar mediciones tanto dentro como fuera de la escuela de Ingeniería Mecánica.

## INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1. MARCO TEORICO.....	2
1.1 Compresores de refrigeración.....	2
1.2 Tipos de compresores para refrigeración.....	2
1.3 Compresores herméticos reciprocantes.....	3
1.4 Clasificación de los compresores herméticos.....	4
1.4.1 Compresor rotativo.....	4
1.4.2 Compresor tipo scroll.....	9
1.4.3 Compresores reciprocantes.....	10
1.5 Componentes generales de los compresores herméticos reciprocantes.....	11
1.5.1 Sistema mecánico del compresor hermético.....	12
1.5.2 Elementos de control en compresores herméticos.....	19
1.5.3 Sistema eléctrico del compresor.....	34
1.5.4 Sistema de lubricación y refrigeración de compresores herméticos.....	50
1.6 Aplicaciones y características de los compresores.....	60
1.7 Características para selección de compresor.....	62
1.8 Condición de operación de compresores herméticos.....	65
1.9 Nomenclatura de etiqueta de los compresores.....	66
2. FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS.....	68
2.1 Diagnostico de fallas en compresores herméticos.....	68
2.1.2 Mantenimiento preventivo en compresores.....	68

2.2 Identificación del estado del compresor .....	69
2.3 Clasificación de problemas del sistema básicos del compresor .....	70
2.3.1 Retorno de líquido .....	70
2.3.2 Golpe de líquido .....	71
2.4 Instrumentos para verificación de fallas en los compresores .....	99
2.4.1 Voltímetro .....	100
2.4.2 Amperímetro.....	100
2.4.3 Vatímetro.....	101
2.4.4 Ohmímetro. ....	102
2.4.5 Megohmetro. ....	103
2.4.6 Luz de prueba. ....	104
2.4.7 Dispositivo para sistemas de arranque.....	105
2.4.8 Termómetro para mediciones de temperatura de superficie. ....	106
2.4.9 Manómetros y termómetros.....	107
3. VARIABLES DE DISEÑO Y MODULOS DE MEDICIÓN PARA EQUIPO DE DIAGNOSTICO DE FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS.....	109
3.1 Instrumentos de medición del banco de pruebas .....	109
3.1.1 Manómetro. ....	110
3.1.2 Mangueras. ....	111
3.1.3 Conexiones o nipples. ....	112
3.1.4 Equipo de medición de corrientes y voltajes .....	114
3.1.5 Termómetro digital de contacto .....	116

3.1.6 Kit de refrigeración .....	116
3.1.7 Estructura del banco de pruebas.....	117
3.2 Variables de diseño.....	118
4. CONSTRUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS.....	125
4.1 Construcción de estructura metálica .....	125
4.2 Construcción de módulos de medición.....	127
4.3 Accesorios de conexión y montaje.....	128
5. GUIAS DE LABORATORIOS PARA ELABORACIÓN DE PRÁCTICAS Y DESARROLLO DE PRUEBAS EN EL EQUIPO.....	131
5.1 Metodología.....	131
5.2 Desarrollo de pruebas en el equipo.....	137
5.3 Resultados de las pruebas de los compresores herméticos con el equipo diseñado.....	143
6. DETERMINACIÓN DE COSTOS.....	149
6.1 Costo.....	149
6.2 Detalles de costos .....	150
CONCLUSIONES.....	154
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES.....	155
REFERENCIAS.....	156
ANEXO 2. BUENAS PRACTICAS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	161
ANEXO 3. GUIA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO DE DIAGNOSTICO.....	163

ANEXO 4. CARTA DE COLORES DE FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS .....	164
ANEXO 5. CONEXIÓN ELECTRICO EN EQUIPO DE DIAGNOSTICO DE FALLAS .....	166
ANEXO 6. CONEXIÓN DE NIPLEES Y MANGUERAS PARA PRUEBAS CON MANOMETROS EN LOS COMPRESORES .....	167
ANEXO 7. PLANOS DE CONSTRUCCION DE EQUIPO DE DIAGNOSTICO DE FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS .....	168

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Compresor hermético, compresor semiherméticos y abierto .....	3
Figura 2. Tipos de compresores rotativos de paletas.....	6
Figura 3. Funcionamiento del compresor de paletas.....	8
Figura 4. Compresor tipo tornillo .....	8
Figura 5. Compresor tipo scroll. ....	10
Figura 6. Compresor de tipo reciprocantes .....	11
Figura 7. Carcaza de un compresor hermético. ....	12
Figura 8. Sistema de transformación de movimiento del compresor.....	14
Figura 9. Válvulas de admisión y descarga en compresores herméticos.....	15
Figura 10. Forma de serpentín del calentador de cárter. ....	16
Figura 11. Compresor tipo FF .....	17
Figura 12. Tubería de descarga para compresor tipo FF .....	17
Figura 13. Compresor tipo FW. ....	18
Figura 14. Tubería de descarga para compresor tipo FW.....	18
Figura 15. Válvula de seguridad interna del compresor .....	22
Figura 16. Protector térmico de sobrecarga del compresor. ....	23
Figura 17. Presostato de aceite del compresor .....	24
Figura 18. Presostato de alta en compresores.....	25
Figura 19. Regulador de presión de condensación KVR.....	26
Figura 20. Diagrama de conexión de válvula KVR y NRD. ....	26
Figura 21. Regulador de presión del cárter KVL. ....	27
Figura 22. Diagrama de conexión de la válvula KVL.....	27
Figura 23. Regulador de presión en el recipiente.....	28
Figura 24. Diagrama de conexión de válvula KVD y KVR.....	29
Figura 25. Componentes de válvula KVC. ....	29

Figura 26. Diagrama de conexión de válvula KVC.....	30
Figura 27. Componentes internos de válvula EVR.....	30
Figura 28. Válvulas tipo NRVH.....	31
Figura 29. Separadores tipo OUB.....	33
Figura 30. Filtros secadores DML.....	34
Figura 31. Componentes de un motor eléctrico.....	35
Figura 32. Operación de un motor eléctrico trifásico y diagrama eléctrico.....	37
Figura 33. Principio de funcionamiento de un motor monofásico.....	39
Figura 34. Esquema de un motor de polos sombreados.....	40
Figura 35. A) Diagrama eléctrico de motor de inducción (CSIR), B) Motor con arranque capacitor y marcha de inducción.....	41
Figura 36. Motor de fase partido con capacitor de marcha.....	42
Figura 37. Sistemas de arranque en compresores herméticos.....	44
Figura 38. Diagrama eléctrico de conexión de la PTC.....	46
Figura 39. Diagrama eléctrico de sistema de arranque con condensador.....	46
Figura 40. Diagrama eléctrico de sistema de arranque CRS.....	47
Figura 41. Diagrama eléctrico del sistema de arranque CSIR.....	48
Figura 42. Diagrama eléctrico de compresores EM.....	49
Figura 43. Diagrama eléctrico de compresores tipo F.....	49
Figura 44. Flujo de aceite en el compresor hermético.....	51
Figura 45. Bomba de aceite en compresores herméticos.....	52
Figura 46. Nomenclatura de etiqueta en compresores herméticos.....	67
Figura 47. Pistones dañados.....	72
Figura 48. Fallas por mala lubricación.....	73
Figura 49. Comparación de pistón con pérdida de aceite.....	74
Figura 50. Aceite amarillo.....	75
Figura 51. Aceite negro.....	75

Figura 52. Fallas por quema de aceite .....	76
Figura 53. Aceite recalentado.....	76
Figura 54. Aceite quemado. ....	77
Figura 55. Toma de Temperatura en un compresor.....	78
Figura 56. Efecto de alta temperatura. ....	79
Figura 57. Fase de arranque quemada .....	82
Figura 58. Embobinado quemado completamente.....	83
Figura 59. Ejemplo de quema localizada en el embobinado. ....	84
Figura 60. Voltímetro análogo. ....	100
Figura 61. Conexión de un amperímetro a un compresor .....	101
Figura 62. Vatímetro.....	101
Figura 63. Conexión del ohmímetro en el compresor.....	102
Figura 64. Conexión de la luz de prueba.....	105
Figura 65. Manómetro con la válvula de trabajo.....	107
Figura 66. Diseño propuesto de banco de fallas. ....	109
Figura 67. Juego de manómetros.....	110
Figura 68. Mangueras de servicio. ....	111
Figura 69. Conector o nipple de manguera. ....	112
Figura 70. Conexión para medición de presiones. ....	113
Figura 71. Conexión para toma de fugas. ....	113
Figura 72. Voltímetro análogo AC .....	114
Figura 73. Amperímetro analógico AC .....	115
Figura 74. Conexión eléctrica del equipo. ....	115
Figura 75. Termómetro de contacto .....	116
Figura 76. Kit de herramientas para refrigeración. ....	117
Figura 77. Tubo estructural de 1". ....	118
Figura 78. Lamina de hierro negro de 1/32 ". ....	118

Figura 79. Protector térmico.....	119
Figura 80. Capacitores de arranque para compresor hermético. ....	121
Figura 81. Compresor de 1/8 HP.....	123
Figura 82. Compresor de ¼ HP.....	124
Figura 83. Construcción de estructura metálica .....	126
Figura 84. Construcción de módulos de medición.....	128
Figura 85. Montaje de accesorios y equipos de medición.....	130

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Elementos de control para un compresor recíprocante .....	19
Tabla 2. Características y datos técnicos de separadores OUB .....	33
Tabla 3. Compatibilidad entre refrigerantes y lubricantes .....	56
Tabla 4. Aplicación de compresores LST y HST .....	63
Tabla 5. Clasificación por rangos de temperatura. ....	64
Tabla 6. Fallas más comunes en los compresores y sus correcciones.....	86
Tabla 7. Fallas eléctricas.....	93
Tabla 8. Fallas y procedimientos.....	96
Tabla 9. Tabla de instrumentos. ....	99
Tabla 10. Modelos de mangueras de servicio. ....	112
Tabla 11. Capacitores electrolíticos para arranque de motores monofásicos .....	121
Tabla 12. Especificaciones de compresores de 1/8 con R-12.....	122
Tabla 13. Especificaciones de compresores de 1/8 con R-134a.....	122
Tabla 14. Especificaciones de compresores de 1/4 con R-12.....	123
Tabla 15. Especificaciones de compresores de 1/4 con R-134a.....	124
Tabla 16 Herramientas utilizadas para construcción.....	125
Tabla 17. Insumos y material utilizado en construcción. ....	126
Tabla 18. Herramientas para construcción de módulos de medición .....	127
Tabla 19. Herramientas para montaje de accesorios y conexiones. ....	129
Tabla 20. Insumos y material para montaje de accesorios. ....	129
Tabla 21. Estructura y contenido de los laboratorios.....	131
Tabla 22. Costos de la estructura el equipo. ....	150
Tabla 23. Costo de elementos eléctricos y electrónicos.....	151
Tabla 24. Costos de los componentes de refrigeración .....	152
Tabla 25. Costos de componentes especiales. ....	153

## **INTRODUCCIÓN**

La refrigeración por medios mecánicos se puede clasificar según las aplicaciones, dentro de las cuales tenemos, refrigeración doméstica, refrigeración comercial, refrigeración industrial, acondicionamiento de aire, aire acondicionado automotriz entre otras. Uno de los elementos importante que tienen en común estas aplicaciones, es la necesidad de un compresor para que haga circular el refrigerante por todo el sistema de refrigeración.

Estos compresores, con el paso del tiempo a menudo presentan fallas particulares y muy peculiares que se pueden caracterizar y agrupar en distintas clasificaciones, para la facilidad de diagnósticos en el mal funcionamiento de estos.

El presente trabajo de graduación, trata sobre el diseño y la posterior construcción de un equipo para determinación de fallas para compresores herméticos, en este documento se efectúa una descripción de los compresores herméticos y una caracterización de las fallas más comunes mediante el uso de tablas, además, se proporciona una orientación a posibles usuarios sobre el uso del equipo y la aplicación de criterios para el uso de las herramientas de diagnóstico.

## **1. MARCO TEORICO**

### **1.1 Compresores de refrigeración [5]**

Un compresor es una máquina que eleva la presión de un gas, un vapor o una mezcla de gases y vapores. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor. Los compresores se clasifican como máquinas de alta presión.

El compresor cumple dos funciones fundamentales:

1. **Succión:** es la primera función y en ella el compresor succiona el refrigerante en estado de vapor sobrecalentado desde el evaporador.
2. **Compresión y Descarga:** en ese proceso el compresor comienza a comprimir el refrigerante, incrementando su presión y temperatura, para luego ser descargado al condensador.

### **1.2 Tipos de compresores para refrigeración [12]**

En los equipos frigoríficos usados en la actualidad se emplean compresores reciprocantes a pistón, los cuales son clasificados en tres diferentes tipos:

- **Compresores reciprocantes:** este tipo de compresor hermético se emplea generalmente en equipos de pequeña y media potencia. Este tipo de compresor puede ser visto en las heladeras o neveras familiares. Los compresores reciprocantes se clasifican también en tres diferentes tipos de acuerdo a su utilización:

1. Compresor hermético: el compresor está contenido en un cárter de acero, es empleado generalmente en heladeras / neveras familiares, aire acondicionado y unidades de poca potencia.
  2. Compresor Semi hermético: el compresor está contenido en un cárter metálico pero sus partes son accesibles y están equipados con válvulas de servicio. Este tipo compresor se instala en aplicaciones donde se realizará mantenimiento en forma frecuente.
  3. Compresor abierto: este tipo de compresor es muy usado en aplicaciones industriales y en equipos que trabajan con amoníaco como fluido refrigerante. Es muy práctico para mantenimiento rutinario del motor, ya que este no forma parte del circuito frigorífico en sí, si no que por medio de un acople acciona el compresor.
- Compresores aerodinámicos: Como ventaja principal figura la de no contaminar el refrigerante con el aire, aunque el caudal que desplaza es muy variable en función de las fluctuaciones de la presión.



**Figura 1. Compresor hermético, compresor semiherméticos y abierto**

### **1.3 Compresores herméticos reciprocantes [23]**

En los compresores herméticos reciprocantes, la compresión se obtiene mediante el desplazamiento de un pistón que se mueve de forma lineal y de atrás

hacia adelante dentro de un cilindro, de tal manera que se reduce el volumen del cilindro donde se deposita el gas.

Tal efecto origina el incremento en la presión hasta alcanzar la presión de descarga, desplazando el fluido por medio de la válvula de salida del cilindro, que tiene unas válvulas que operan automáticamente por diferenciales de presión, como válvulas de retención para admitir y descargar gas. La válvula de admisión abre cuando el movimiento del pistón ha reducido la presión por debajo de la presión de entrada en la línea, mientras que la válvula de descarga se cierra cuando la presión en el cilindro no excede la presión de la línea de descarga, previniendo el flujo reverso.

Además, los compresores reciprocantes se deben alimentar con gas limpio, ya que no pueden manejar líquidos ni partículas sólidas en el gas, las cuales tienden a causar desgaste, y el líquido, como es no compresible, puede causar daños a las bielas del pistón.

#### **1.4 Clasificación de los compresores herméticos [13]**

Los tipos más comunes de compresores utilizados en el área de refrigeración son de acuerdo al tipo de trabajo o funcionalidad que se desea realizar, ya que cada uno tiene diferente forma de funcionalidad, aunque el principio de funcionamiento sea el mismo para el área de refrigeración. Los compresores utilizados son:

##### **1.4.1 Compresor rotativo [13]**

Los compresores rotativos pueden tener dos mecanismos de acción, con paletas o de excéntrica. En los compresores de paletas y de rodillo, la compresión se produce por la disminución del volumen resultante entre la carcasa y el

elemento rotativo, cuyo eje no coincide con el eje de la carcasa (ejes excéntricos). En estos compresores rotativos no son obligatorias válvulas de admisión, ya que como el gas entra de forma incesante en el compresor la pulsación de gas es mínima. Para una mejor comprensión de dichos tipos de compresores rotativos, se muestra a continuación el funcionamiento y los elementos importantes de dichos compresores.

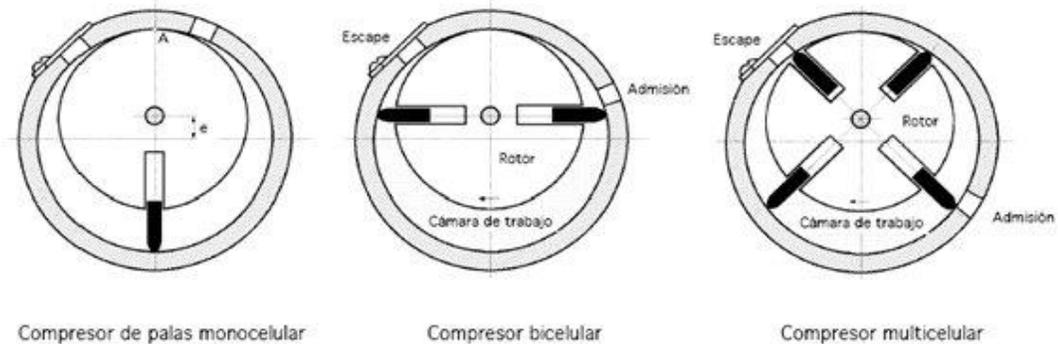
#### **1.4.1.1 Compresor de paletas [13]**

Para este tipo de compresor el eje del motor es excéntrico respecto al eje del estator y concéntrico respecto al eje del rotor. El rotor gira deslizando sobre el estator, con cinemática plana (radial), en forma excéntrica respecto a la superficie cilíndrica interior del estator, estableciéndose un contacto que en el estator tiene lugar sobre una única generatriz, mientras que en el rotor tiene lugar a lo largo de todas sus generatrices.

El rotor es un cilindro hueco con estrías radiales en las que las palas están sometidas a un movimiento de vaivén. Al producirse una fuerza centrífuga, las palas (1 o más) comprimen y ajustan sus extremos libres deslizantes a la superficie interior del estator, al tiempo que los extremos interiores de dichas palas se desplazan respecto al eje de giro, como se muestra la fig.3 el funcionamiento de dicho compresor.

La entrada de vapor se da a través de la válvula de admisión y el escape a través de la válvula de escape. El vapor rellena el espacio comprendido entre dos palas vecinas y las superficies correspondientes del estator y del rotor (cámara de trabajo), cuyo volumen aumenta durante el giro del rotor hasta adquirir un valor máximo, y después se cierra y transporta a la cavidad de

impulsión del compresor, comenzando al mismo tiempo el desalojo del vapor de la cámara de trabajo.



**Figura 2. Tipos de compresores rotativos de paletas.**

Como se demuestra en la fig.2 existen tres tipos de compresores de paletas mayormente utilizados:

- Compresor monocelular (una pala), la colocación de la lumbrera de admisión tiene que estar lo más cerca posible de la generatriz A de contacto (rotor-estator), siendo el desplazamiento teórico (cámara de trabajo) idéntico al de un compresor de rodillo.
- Compresor bicelular (dos paletas), la colocación de la lumbrera de admisión está indicada a casi  $90^{\circ}$  respecto al escape, siendo el volumen teórico desplazado (cámara de trabajo) proporcional a dos veces el área de un compresor monocelular, que es la máxima área de trabajo que se puede conseguir.
- Compresor multicelular, (cuatro o más paletas), la posición de la lumbrera de admisión está a casi  $180^{\circ}$  respecto al escape, siendo el volumen teórico desplazado proporcional a cuatro veces el área sombreada, que es la máxima que se puede obtener. Podemos observar que el desplazamiento

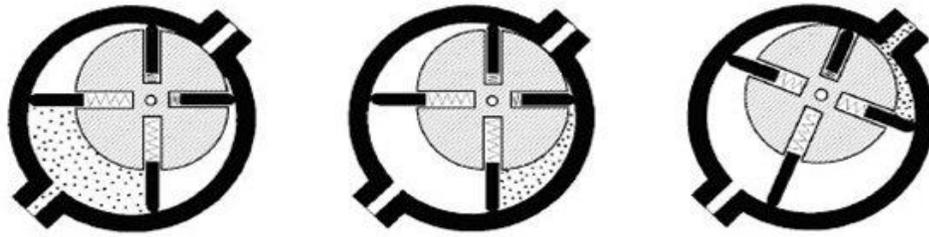
crece con el número de palas (2, 4... veces el área sombreada), llegándose a construir compresores con 6, 8 y hasta 10 palas; con compresores de más de 10 palas no se conciben ganancias sensibles en el volumen desplazado.

Este tipo de compresor tiene un buen rendimiento volumétrico, debido a que no existe expansión del vapor entre las presiones de salida y entrada, por lo que a bajas presiones de aspiración pueden funcionar de forma más eficiente que los alternativos.

De acuerdo a su funcionamiento, las aplicaciones en que se utiliza este tipo de compresor es en función de la magnitud del volumen de vapor (o gas) desplazado y su elevado rendimiento a bajas presiones de aspiración, les hace útiles en acondicionadores de aire e industrialmente como compresores booster en circuitos de compresión escalonada.

Ventajas del compresor de paletas

- Máquinas poco ruidosas.
- No necesitan válvula de admisión por lo que el vapor aspirado entra de manera continua.
- No existen espacios muertos perjudiciales.
- Rendimientos volumétricos muy altos.
- Su fabricación exige una gran precisión.

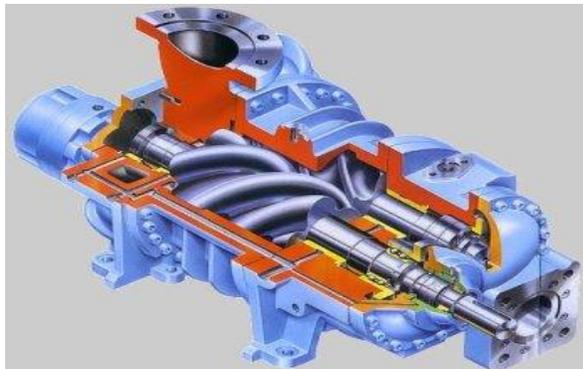


**Figura 3. Funcionamiento del compresor de paletas**

#### 1.4.1.2 Compresores tipo tornillo [13]

El compresor de tornillo es un compresor de desplazamiento con pistones en un formato de tornillo; este es el tipo de compresor predominante en uso en la actualidad. Las piezas principales del elemento de compresión de tornillo comprenden rotores machos y hembras que se mueven unos hacia otros mientras se reduce el volumen entre ellos y el alojamiento. La relación de presión de un tornillo depende de la longitud y perfil de dicho tornillo y de la forma del puerto de descarga.

El tornillo no está equipado con ninguna válvula y no existen fuerzas mecánicas para crear ningún desequilibrio. Por tanto, puede trabajar a altas velocidades de eje y combinar un gran caudal con unas dimensiones exteriores reducidas.

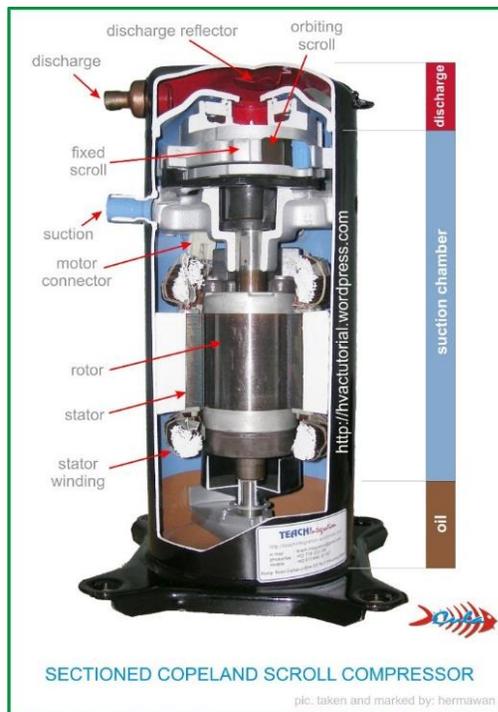


**Figura 4. Compresor tipo tornillo**

### **1.4.2 Compresor tipo scroll [9]**

Este tipo de compresores utilizan dos espirales para realizar la compresión del gas. Las espirales se disponen cara contra cara. Siendo la superior fija y la que incorpora la puerta de descarga. La inferior es la espiral motriz. Las espirales disponen de sellos a lo largo del perfil en las caras opuestas. Estos actúan como los segmentos de los pistones proporcionando un sello de refrigerante entre ambas superficies. El cojinete del centro de la espiral y el del eje central del cigüeñal del conjunto motriz están desalineados. Esto produce una excentricidad o movimiento orbital de la espira móvil, lo cual permite a las espirales crear bolsas de gas y como la acción orbital continua, el movimiento relativo entre ambas espirales, fija y móvil, obliga a las bolsas de refrigerante a desplazarse hacia la descarga en el centro del conjunto disminuyendo así el volumen.

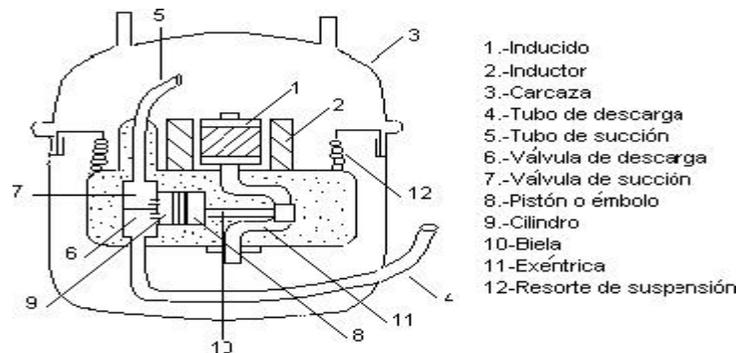
Durante el primer giro o fase de aspiración, la separación de las paredes de las espirales permite entrar al gas, al completar el giro, las superficies de las espirales se vuelven a unir formando las bolsas de gas. Durante el segundo giro o fase de compresión, el volumen de las bolsas de gas se reduce progresivamente, la finalización del segundo giro produce la máxima compresión, durante el tercer giro o fase de descarga, la parte final del scroll obliga al gas comprimido a salir a través de la puerta de descarga.



**Figura 5. Compresor tipo scroll.**

### 1.4.3 Compresores reciprocantes. [13]

Este tipo de compresor reciprocantes es usado comúnmente con propósitos comerciales en entornos de producción, el compresor de pistón es similar a un motor de automóvil en su composición. Usando un motor para succionar y luego comprimir el refrigerante en un cilindro, la unidad usa el pistón para iniciar el proceso, permitiendo que una válvula de entrada se abra y cierre cuando se haya alcanzado el nivel apropiado de presión en el sistema. Las válvulas de entrada y escape están diseñadas para que el flujo del refrigerante viaje en una dirección a lo largo del sistema.



**Figura 6. Compresor de tipo recíprocos**

Este tipo de compresor de pistón, es el mayormente utilizado en los sistemas de refrigeración como aires acondicionados, sistemas de refrigeración en hogares, en sistemas de compresión para pinturas, etc. En este tipo se basará el estudio de investigación para las fallas en los compresores herméticos, ya que son los más comunes para aplicaciones en el área.

Se comenzará a describir cada uno de los componentes más importantes del compresor hermético recíprocante de tipo pistón, para luego poder analizar cada una de las fallas presentes en dichos componentes y sus soluciones más factibles.

### **1.5 Componentes generales de los compresores herméticos recíprocos**

Compresores herméticos, están constituidos por cuatro sistemas muy importantes para su funcionamiento, estos se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Sistema mecánico
2. Sistema de control en el compresor
3. Sistema eléctrico
4. Sistema de lubricación

### 1.5.1 Sistema mecánico del compresor hermético. [21]

En un compresor se puede observar que están constituidos por una carcasa metálica en cuyo interior se alija un conjunto de elementos.

Este sistema comprende los elementos básicos de funcionamiento para que se dé dentro de la cámara de compresión la expansión del fluido. Estos elementos más importantes son:

- **Carcasa del compresor.** [21]

Se fabrica en hierro y sostiene los elementos de trabajo, incluyendo el motor y los pistones. Llamado también cuerpo o bloque de compresor, actúa como soporte de todos los componentes y debe ser totalmente estanca al gas refrigerante utilizado. De acuerdo a la fig. 7, se muestra cada uno de los componentes externos de la carcasa del compresor.



**Figura 7.** Carcasa de un compresor hermético.

- **Mecanismo de transformación de movimiento [21]**

Para el sistema de transformación de movimiento de eléctrico a mecánico del compresor hermético, se emplean tres componentes importantes para realizar la compresión del líquido refrigerante, los cuales son:

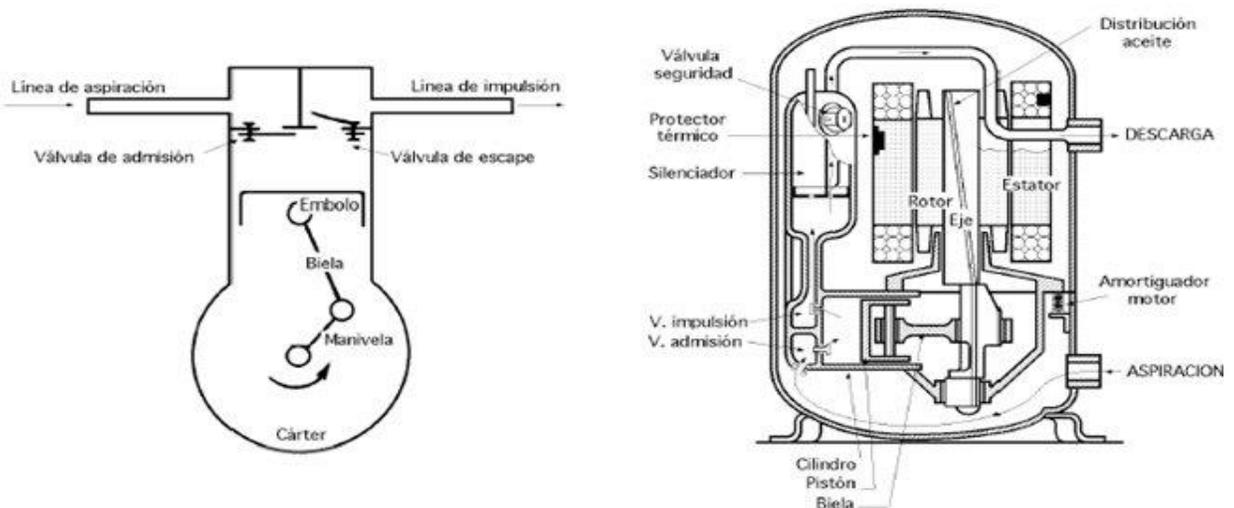
- Pistón. Reduce al mínimo el espacio muerto en el cilindro, permitiendo una alta eficiencia volumétrica.
- Cigüeñal. Instalado dentro de la montura. Es el elemento que transmite la potencia del motor hacia las bielas.
- Bielas. Estas piezas sirven para transformar el movimiento rectilíneo de los pistones en rotativo o viceversa.

El sistema mecánico que se utilizan comúnmente en los compresores herméticos son de dos formas: excéntrica-biela-pistón y cigüeñal-biela-pistón.

A fin de reducir el efecto de las fuerzas de inercia se procura que el peso sea lo más reducido posible. El cigüeñal en este tipo de compresores se construye en acero forjado tratado posteriormente a fin de darle la dureza adecuada. Los cuellos de fijación de las bielas son rectificadas. El acero suele ser al cromo-molibdeno. Tienen que estar siempre equilibradas estática y dinámicamente. Las bielas son el brazo de empuje del pistón y deben ser muy ligeras y a la vez muy resistentes, pues han de ejercer la fuerza necesaria en el pistón para vencer la presión del gas en el interior del cilindro. El material de las bielas es de una aleación de aluminio inyectado a presión.

Los pistones, deben de ser muy ligeros y tener el mínimo juego con el cilindro a fin de evitar que se puedan producir fugas. En el caso de compresores de pequeña potencia son totalmente lisos y para compresores de gran potencia,

a fin de reducir el rozamiento, se disminuye la superficie de contacto por la utilización de segmentos elásticos. Normalmente hay uno o dos segmentos de compresión, cuya sección es rectangular y un rascador, que tiene por misión limpiar las paredes del cilindro de aceite y mandarlo al cárter.



**Figura 8. Sistema de transformación de movimiento del compresor**

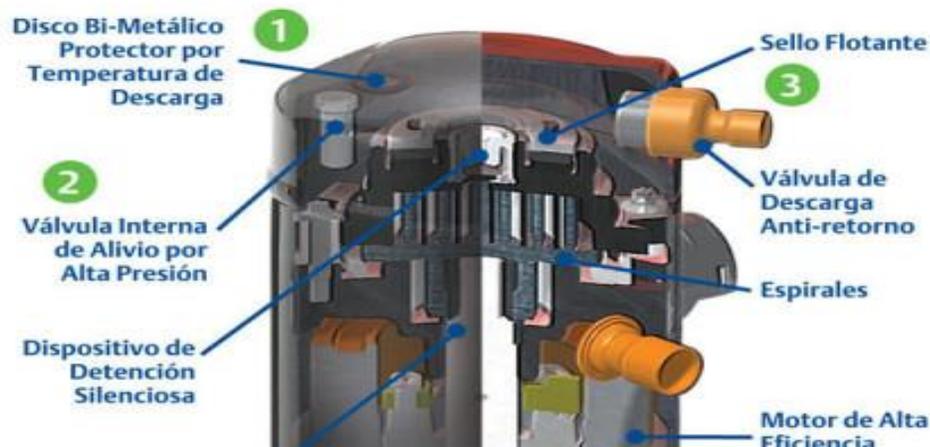
- **Válvulas de aspiración y descarga. [21]**

El sistema de válvulas en los compresores herméticos está comprendido tanto por la de entrada, salida, seguridad, succión y escape. Su misión es la de permitir la comunicación alternativa de los cilindros con el colector de aspiración y descarga. En la fig.9 se muestran las válvulas de descarga y aspiración del compresor.

Por tanto y con el fin de evitar pérdidas de potencia frigorífica, la condición principal que han de reunir es la de una estanqueidad perfecta en cualquier condición de trabajo, así como una resistencia mecánica elevada para que puedan soportar las diferencias de presión que se producen en el cilindro. El cierre de la válvula sobre su asiento, se realiza siempre metal sobre metal. Para

un compresor girando a 1.450 rpm, las válvulas tienen que abrir y cerrar 1.450 veces cada minuto, por tanto, deben ser ligeras y ofrecer poca inercia a la apertura, los muelles para conseguir que descansen sobre su asiento han de ser lo más débiles posibles. Deben tener una gran sección de paso para un levantamiento pequeño, a fin de que la pérdida de carga de gas refrigerante sea mínima.

Normalmente la velocidad de paso a través de las válvulas es de 8 a 11 m/seg. en las de aspiración y de 10 a 14 m/seg en las de descarga. La elevación de las válvulas suele ser un 7% del diámetro del cilindro.



**Figura 9.** Válvulas de admisión y descarga en compresores herméticos.

- **Carter y calentador de cárter [21]**

El Cárter de un compresor hermético, es la parte que cubre el elemento reciprocante y por tanto mantiene acumulado el aceite de lubricación. Está abierto y expuesto al resto del ensamble del compresor.

Para evitar cualquier anomalía o fallas en los compresores herméticos, se coloca un calentador de cárter, que este brinda protección contra acumulación de

refrigerante en el cárter y se pueda mezclar con el aceite y provocar daños en el propio compresor.

Las formas y colocación son variables, desde una resistencia en forma de serpentín arrollada al exterior del cárter como la fig. 10 (compresores herméticos de pequeña potencia); resistencias en forma rectangular que se colocan bajo la tapa inferior del cárter (compresores semiherméticos); hasta, las de forma cilíndrica, interiores, que se aplican indiscriminadamente.



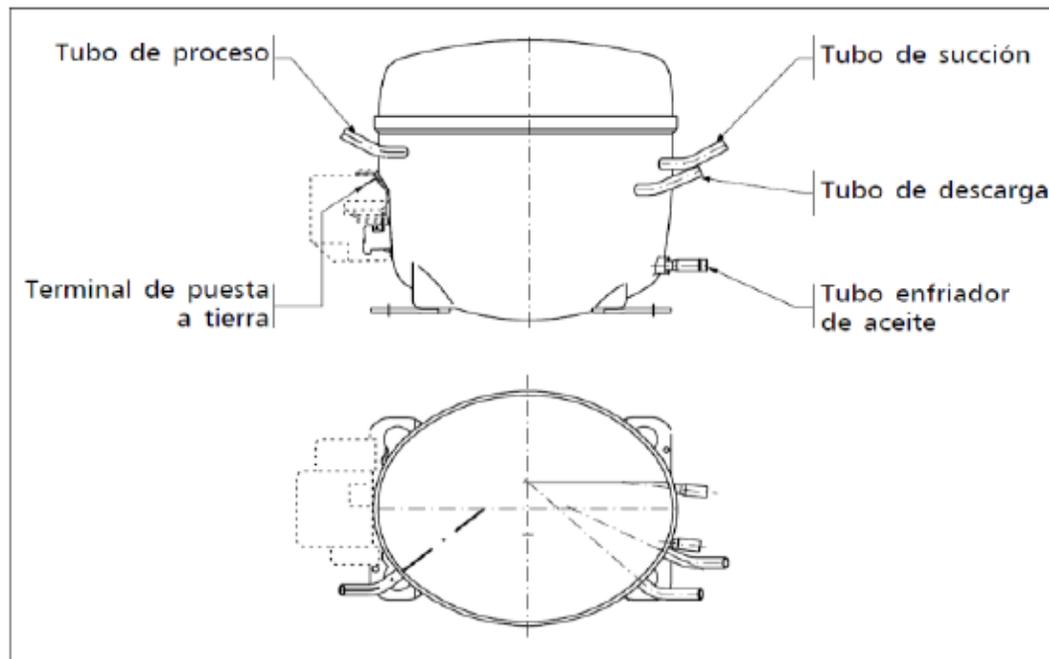
**Figura 10.** Forma de serpentín del calentador de cárter.

- **Tipos de tuberías de descargas en los compresores. [10]**

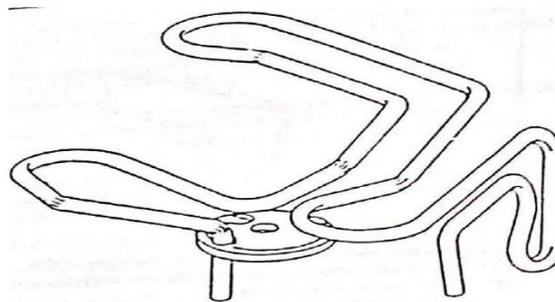
El tubo de descarga conduce los gases comprimidos del cilindro, para que estos gases sean descargados mediante esta tubería.

Para cada tipo de compresor son diferentes los tipos de tubería que se instalan, ya que esto sirve para evitar ruidos y vibraciones en el compresor, por lo que se doblan de una manera diferente.

Como ejemplos se toman dos tipos de compresores, del tipo FF y tipo FW. Las diferentes formas de las tuberías se muestran en las fig.11 y fig.12:



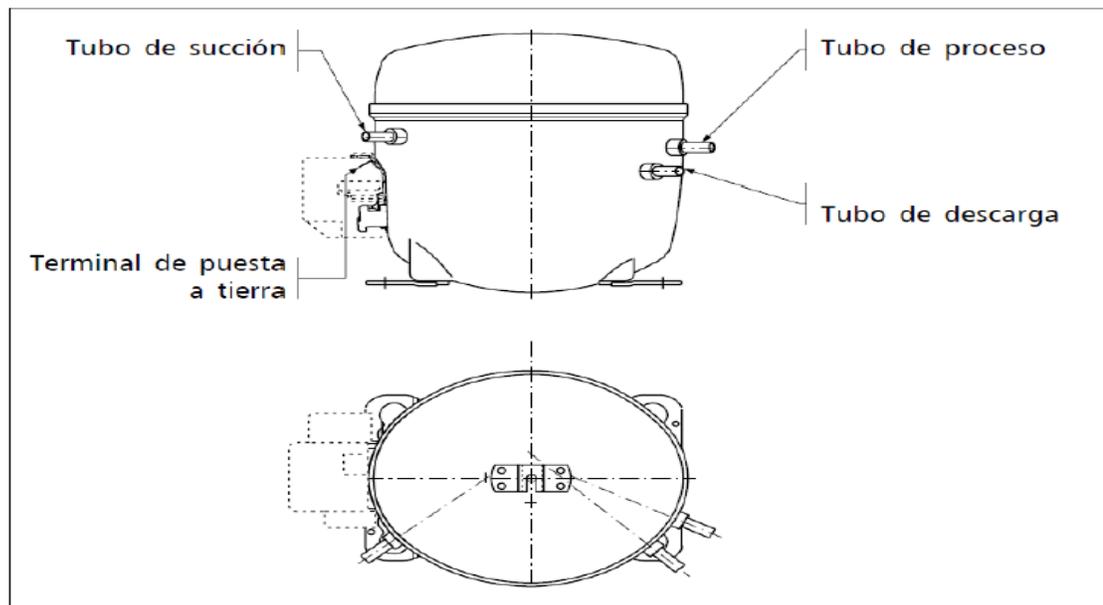
**Figura 11. Compresor tipo FF**



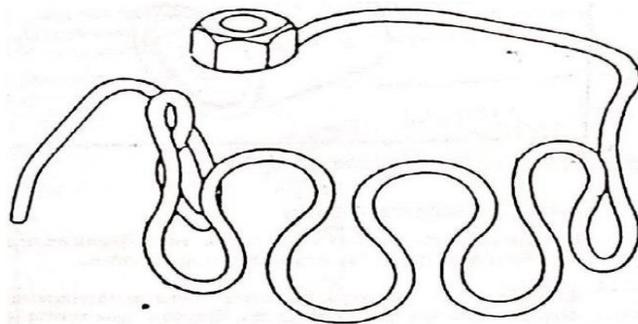
**Figura 12. Tubería de descarga para compresor tipo FF**

Para este tipo de compresor, se utilizan tubos de acero cobrizado, por lo que la configuración es un poco más rígida con respecto al otro tipo de configuración.

Para el otro tipo de compresores comúnmente utilizados, su configuración es diferente debido al tipo de tubería utilizado, como se puede mostrar en la fig. 13 y fig.14.



**Figura 13. Compresor tipo FW.**



**Figura 14. Tubería de descarga para compresor tipo FW**

Este tipo de compresor utiliza una tubería de cobre, por lo que su configuración es un poco más flexible y permite poder rodear varias partes del compresor y a la vez evita que pierda presión el gas y se generen ruidos y vibraciones en el sistema.

### 1.5.2 Elementos de control en compresores herméticos. [18]

Los elementos de control de un compresor hermético, no solo son utilizados directamente en el compresor, sino en los sistemas de refrigeración, que estos ayudan a su vez a mantener un nivel de presión estable y evitar caídas de presión, así como también que se mantenga una temperatura en el condensador y el evaporador. En la siguiente tabla, se resumen los componentes y los elementos principales que controlan el compresor en los sistemas de refrigeración.

**Tabla 1. Elementos de control para un compresor recíprocante**

<b>Elemento de control</b>	<b>de</b>	<b>Característica</b>	<b>Figura o diagrama de elemento</b>
<b>Válvula de seguridad interna</b>	<b>de</b>	La válvula de seguridad se ubica entre la válvula de admisión y escape.	
<b>Protección térmica</b>		Se coloca el protector térmico en los compresores a fin de evitar que el motor sufriera daños por sobre carga o rotor bloqueado	
<b>Presostato de aceite</b>	<b>de</b>	Está instalado junto al compresor y su función es proteger en reducción de la presión del aceite	

---

**Presostato de baja** Se conecta en la tubería de aspiración, su función es asegurar la marcha del compresor en función de la presión del evaporador




---

**Presostato de alta** Su función es interrumpir el funcionamiento del compresor cuando la presión de condensación toma un valor excesivo




---

**Regulador de presión de condensación** El sistema de regulación KVR y NRD se utiliza para mantener una presión constante y suficientemente alta en el condensador




---

**Regulador de presión en el cárter** El regulador de presión en el cárter tipo KVL, se monta en la línea de aspiración, antes del compresor.

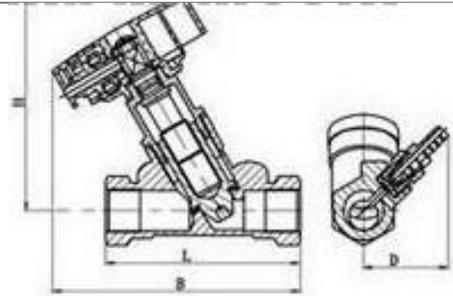



---

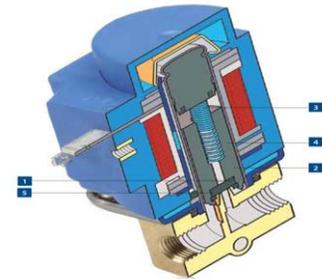
**Regulador de presión de recipiente** El KVD es un regulador de presión por modulación. Abre cuando disminuye la presión en el recipiente



**Regulador de presión de capacidad** Es un regulador de capacidad que se utiliza para adaptar la capacidad del compresor a la carga real del evaporador.



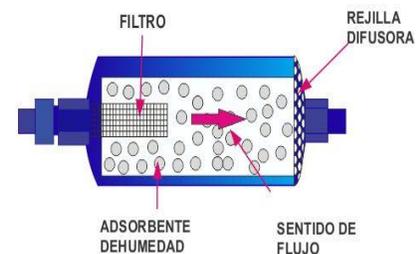
**Válvulas solenoides EVR** Son válvulas de solenoide servo accionadas o de accionamiento directo para líneas de líquido, de gas caliente y aspiración.



**Válvulas de retención NRV** Pueden utilizarse en tuberías de líquido, de aspiración y de gas caliente en instalaciones de refrigeración y aire acondicionado



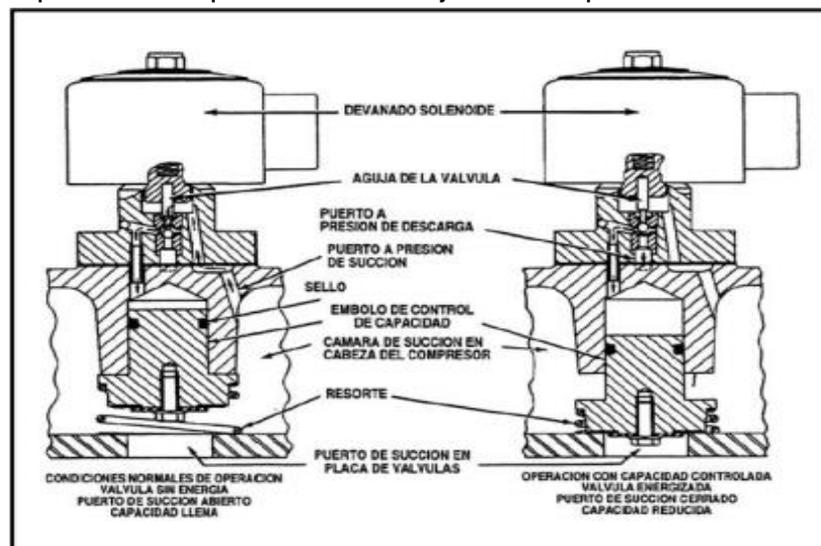
**Filtros secadores** Los Filtros secadores protegen las instalaciones de refrigeración y de aire acondicionado contra la humedad, los ácidos y las partículas sólidas.



A continuación, se explicará más detalladamente cada uno de estos componentes de control que ayudan a un mejor funcionamiento y su ubicación en el compresor.

- **Válvula de seguridad interna**

Se coloca la válvula de seguridad dentro del compresor, a fin de evitar que, por sobrepresión, varios de los componentes se vean dañados. Dicha válvula se coloca entre la entrada de admisión y el escape, para controlar la presión de descarga. Su funcionamiento consiste en que da apertura cuando la diferencia de presión entre la admisión y la descarga sobre pasa el límite de presión, regulando la presión a la presión de trabajo del compresor.

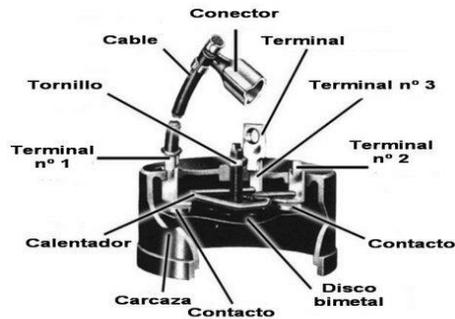


*Figura 15. Válvula de seguridad interna del compresor*

- **Protección térmica**

El protector térmico es un dispositivo que se emplea para la protección de los compresores. Los motores de los compresores herméticos están protegidos

del sobrecalentamiento por un protector térmico montado en su interior o alojado por fuera en contacto con la carcasa o cárter del compresor.



**Figura 16. Protector térmico de sobrecarga del compresor.**

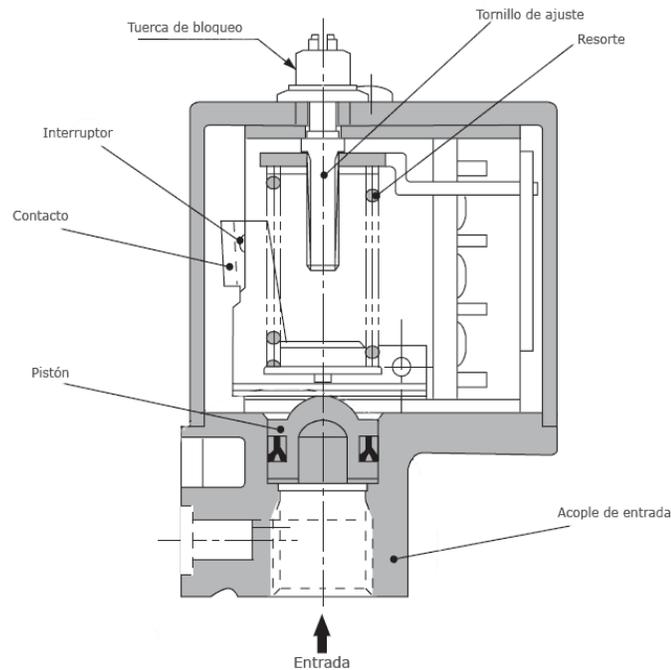
El protector térmico tiene la función de proteger contra:

- Sobrecarga
- Baja tensión
- Bloqueo del motor
- Corto circuito
- Falta de rendimiento

El protector térmico interno, evita que el motor esté sometido a altas temperaturas durante tiempos muy prolongados, evitando de esta manera que no se destruya la aislación del mismo. El protector térmico suele proteger a la bobina cuando ésta alcanza entre 120° y 130° C.

- **Presostato de aceite**

El presóstato también es conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.



**Figura 17. Presostato de aceite del compresor**

El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

- **Presostato de baja.**

El control de baja presión interrumpe el funcionamiento del compresor a una presión de operación mínima determinada previamente, de modo que actúa

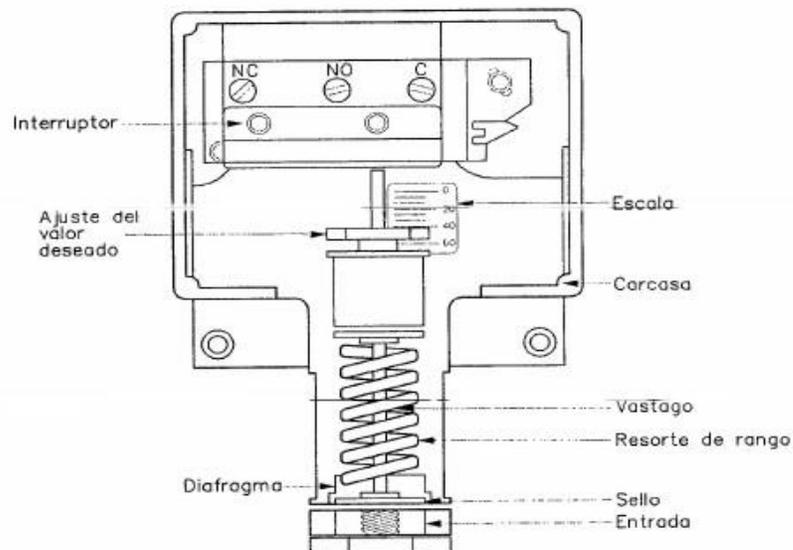
como un control de seguridad que protege contra las relaciones de compresión extremas.



Un presóstato actúa por medio de un fuelle o diafragma conectado a un interruptor eléctrico por un lado y por el otro a la presión del refrigerante (en este caso en el lado de baja presión).

- **Presostato de alta.**

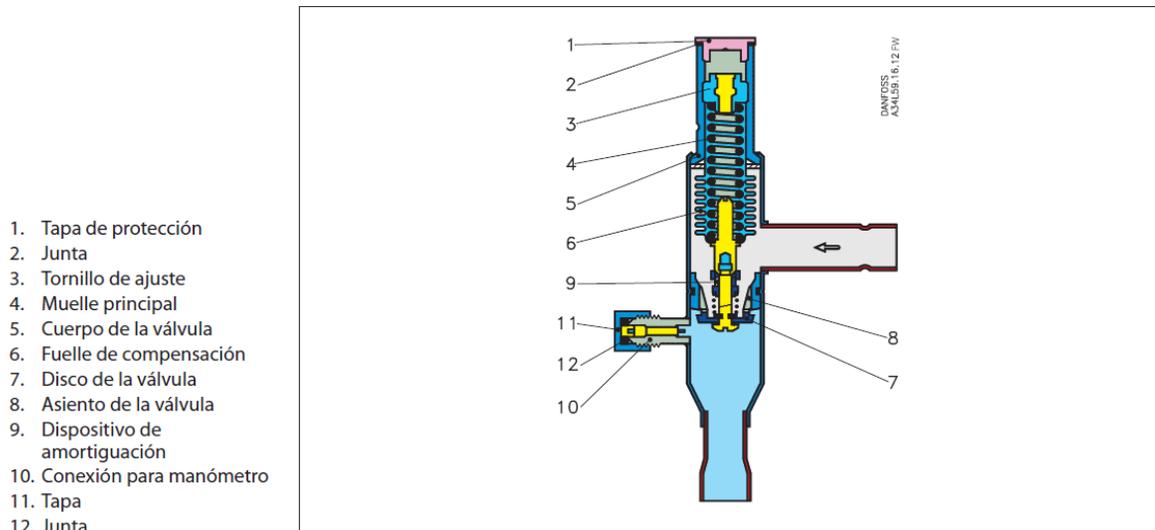
Es usado para desconectar el compresor cuando la presión de descarga es excesivamente alta. También puede ser usado para arrancar y parar los ventiladores de condensadores refrigerados por aire.



**Figura 18. Presostato de alta en compresores**

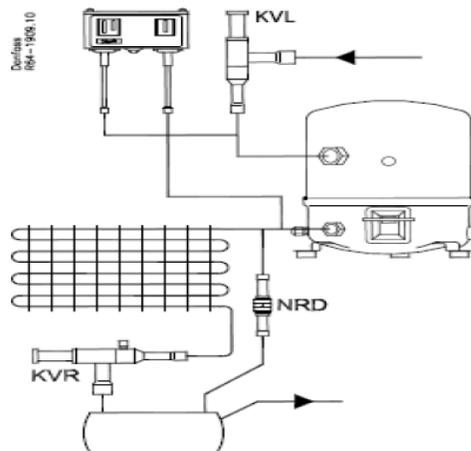
- **Regulador de presión de condensación.**

El KVR puede utilizarse también junto con el regulador de presión de recipiente de líquido de tipo KVD. La fig. 19, muestra las características y componentes internos del regulador KVR.



**Figura 19. Regulador de presión de condensación KVR.**

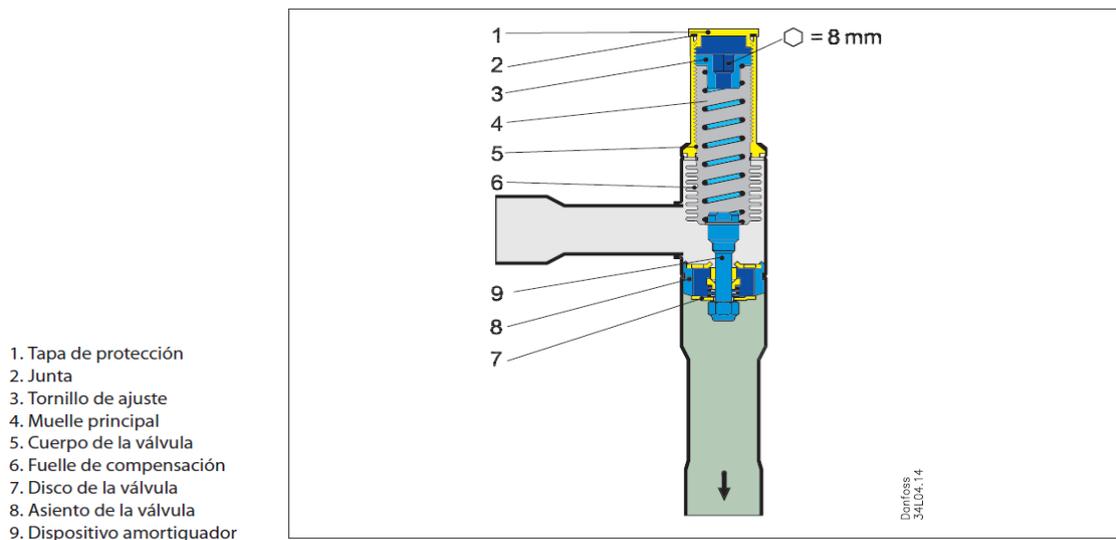
El diagrama de conexión en el sistema de refrigeración de dicha válvula, se muestra en la fig. 20, mostrando la forma en cómo se conecta con el compresor.



**Figura 20. Diagrama de conexión de válvula KVR y NRD.**

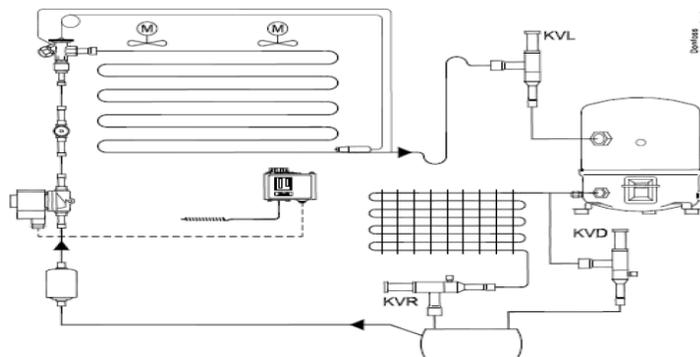
- **Regulador de presión en el cárter.**

El regulador KVL protege el motor del compresor contra sobrecargas durante el arranque tras un periodo de parada prolongado o tras periodos de alta presión en el evaporador. En la fig. 21 se muestra las características y componente del regulador de presión KVL.



**Figura 21. Regulador de presión del cárter KVL.**

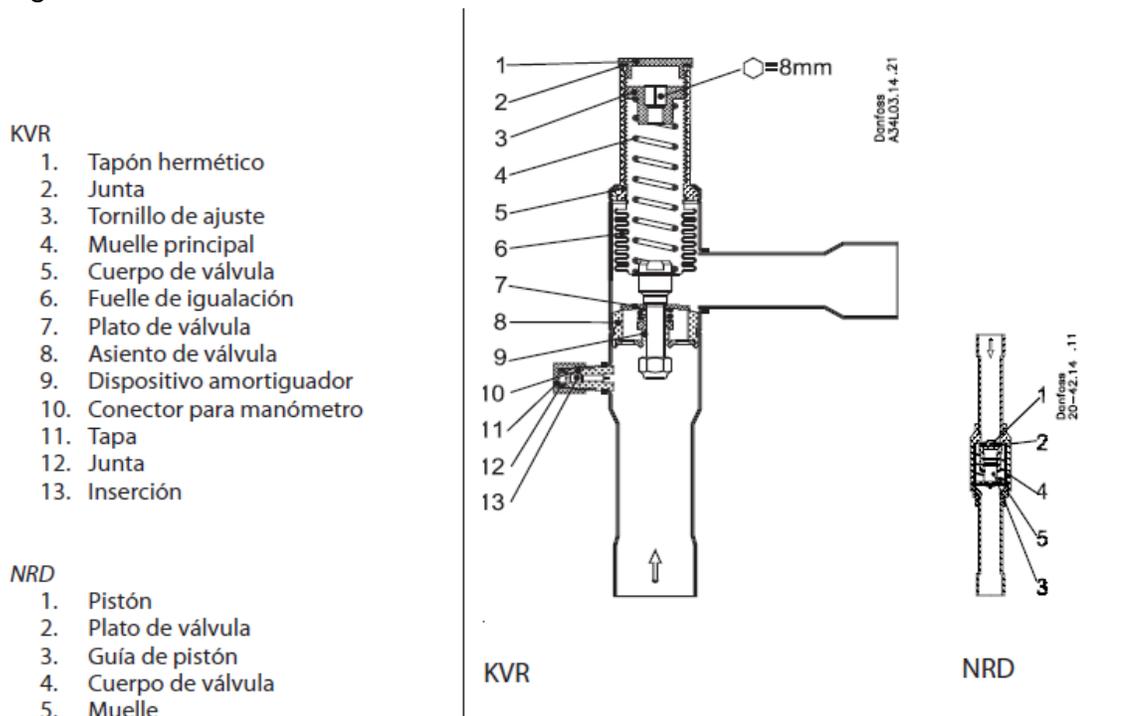
En el diagrama de conexión de la fig. 22, se muestra la colocación adecuada del regulador KVL, para que no exista sobrecargas en dicho compresor.



**Figura 22. Diagrama de conexión de la válvula KVL.**

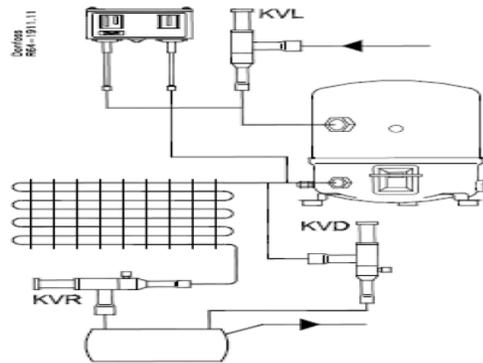
- **Regulador de presión de recipiente.**

El conjunto NRD y KVR forma un sistema de regulación que se utiliza para mantener una presión constante y adecuadamente alta en el condensador y el recipiente de líquido en instalaciones provistas de recuperación de calor. En la fig. 23, se muestran las características y componentes principales de este tipo de regulador.



**Figura 23. Regulador de presión en el recipiente**

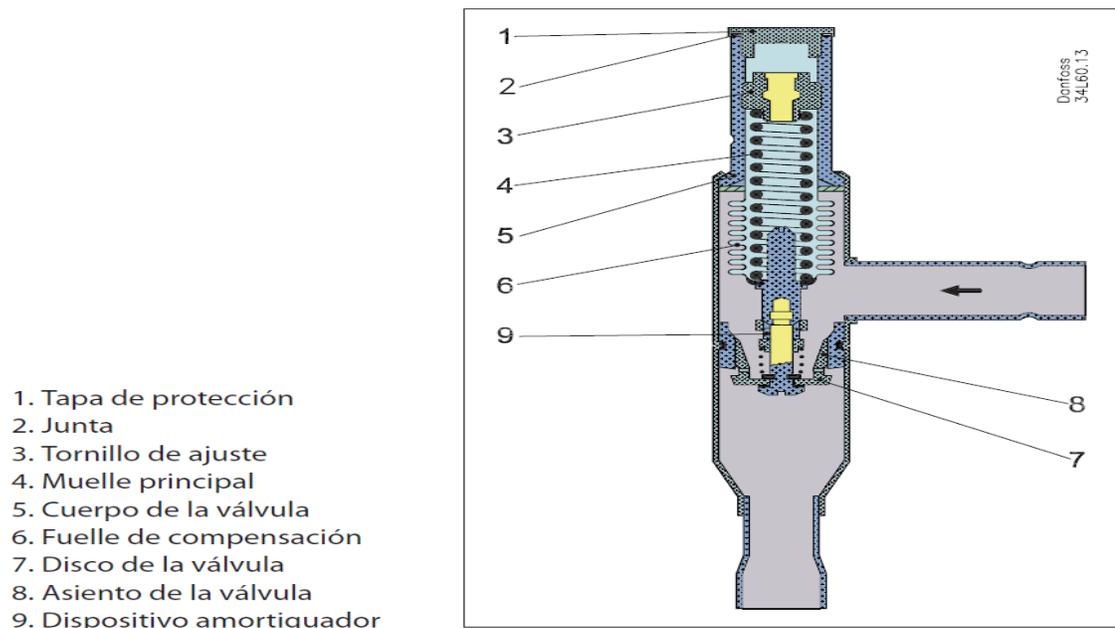
En el diagrama de conexión en un circuito de refrigeración, se muestra la colocación de la forma correcta de la válvula de regulación de presión. En este mismo diagrama se muestra la conexión de la válvula KVL, que es la misma que ayuda en la regulación de presión del cárter. Por lo tanto, ambas válvulas ayudan tanto al compresor a que no sufra daños como al sistema de refrigeración. Este diagrama se presenta a continuación en la fig.24.



**Figura 24. Diagrama de conexión de válvula KVD y KVR**

- **Regulador de presión de capacidad.**

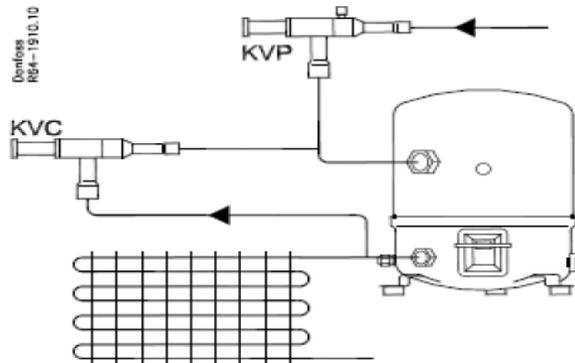
Se monta en una derivación, entre los lados de alta y baja presión del sistema de refrigeración, para imponer un límite inferior en la presión de aspiración del compresor, suministrando al lado de baja presión una carga "falsa" en forma de gas caliente / gas frío procedente del lado de alta presión. En la fig. 25 se muestran las características y componentes importantes de la válvula KVC.



1. Tapa de protección
2. Junta
3. Tornillo de ajuste
4. Muelle principal
5. Cuerpo de la válvula
6. Fuelle de compensación
7. Disco de la válvula
8. Asiento de la válvula
9. Dispositivo amortiguador

**Figura 25. Componentes de válvula KVC.**

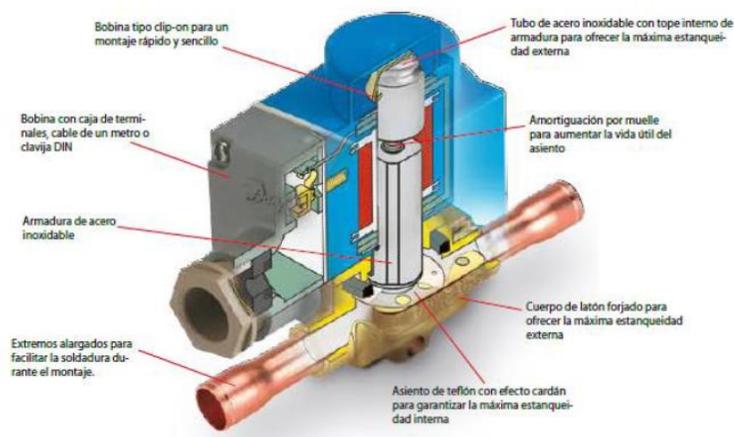
En el diagrama de la fig. 26, se muestra la forma de conexión en el sistema de refrigeración de la válvula KVC



**Figura 26.** Diagrama de conexión de válvula KVC.

- **Válvulas solenoides EVR.**

Son adecuadas para unidades de condensación y centrales de compresores en todas las aplicaciones de refrigeración, congelación y aire acondicionado. En las figuras 27, se muestra el tipo de válvula EVR utilizadas en sistemas de refrigeración y sus partes internas. Las válvulas pueden suministrarse como válvulas normalmente abiertas o normalmente cerradas, así como con o sin apertura manual.



**Figura 27.** Componentes internos de válvula EVR

- **Válvulas de retención NRV**

Estos tipos de válvula, pueden tener diferente configuración de acuerdo a la aplicación requerida, como se muestra en la fig. 28. También pueden suministrarse con conexiones de mayor tamaño para mayor flexibilidad en el uso de las válvulas de retención.

Las características de este tipo de válvulas son

- La válvula asegura un sólo sentido de circulación correcto.
- Hay versiones rectas y angulares.
- Impide la migración del gas refrigerante y condensación desde un evaporador caliente hasta un evaporador frío.
- Pistón amortiguador incorporado que permite el montaje de las válvulas en las tuberías donde se pueden producir pulsaciones, por ejemplo, en la línea de descarga del compresor.
- Las válvulas NRVH se suministran con un muelle para  $\Delta p = 0.3$  bar. Se utilizan en instalaciones de refrigeración con compresores conectados en paralelo.
- Posibilidad de conexiones sobredimensionadas para mayor flexibilidad de uso.



**Figura 28. Válvulas tipo NRVH.**

- **Separadores de aceite tipo OUB**

El separador de aceite tipo OUB se utiliza en plantas de refrigeración en las que es necesario que el aceite del compresor vuelva directamente al cárter del compresor, bajo cualquier condición de funcionamiento. De esta manera se evita la circulación del aceite lubricante con el refrigerante en el propio sistema de refrigeración. En la fig. 29, se muestra dos tipos de separadores utilizados en compresores de acuerdo a la capacidad de dicho compresor.

Las características de este tipo de separador son las siguientes:

- Asegura el retorno del aceite al cárter del compresor
- Evita que el compresor se agarrote por falta de lubricación. Prolonga la vida útil del compresor.
- Alta eficacia gracias a la combinación de los efectos producidos por; la reducción de velocidad y cambio de dirección del gas de descarga, la adsorción del aceite a alta temperatura, y el retorno automático del aceite al cárter.
- Previene golpes de líquido en el compresor
- Mejor aprovechamiento de la capacidad del condensador y del evaporador (menor concentración de aceite-gas)
- Amortiguación de ruidos y pulsaciones en el lado de alta presión del sistema.

En la tabla 1, se presentan las características y datos técnicos de los separadores de aceite para los compresores.

**Tabla 2. Características y datos técnicos de separadores OUB**

<b>Refrigerante</b>	CFC, HCFC, HFC
<b>Presión de trabajo máxima</b>	PB = 28 bar
<b>Presión de prueba máxima</b>	$p' = 36.5$ bar
<b>Temperatura del medio</b>	-40 a 120 °c
<b>Volumen neto</b>	OUB 1: 0.0521 OUB 4: 2.46l
<b>Depósito de aceite</b>	OUB 1: 0.01l OUB 4: 0.05l



**Figura 29. Separadores tipo OUB**

- **Filtros secadores**

Los Filtros secadores DML están diseñados para aplicaciones con una gran adsorción de agua, y pueden ser utilizados con compresores de cualquier marca. Un tipo común de filtro tipo DML es el que se muestra en la fig.30. Como los Filtros secadores de tipo DML no contienen alúmina activada, los aditivos de aceite no se deterioran.



**Figura 30. Filtros secadores DML**

### **1.5.3 Sistema eléctrico del compresor**

En el sistema eléctrico del compresor hermético se consideran los elementos más importantes para el arranque y protecciones que debe tener el compresor para evitar que se pueda dañar debido a variaciones de voltaje o cortocircuitos en el sistema. Los componentes que necesita el compresor se pueden clasificar de acuerdo a su importancia ya sea en el arranque o en marcha propiamente. La parte eléctrica se puede dividir en:

1. El sistema Eléctrico de Poder
2. El sistema Eléctrico de Control
3. El Sistema Eléctrico de Protección.

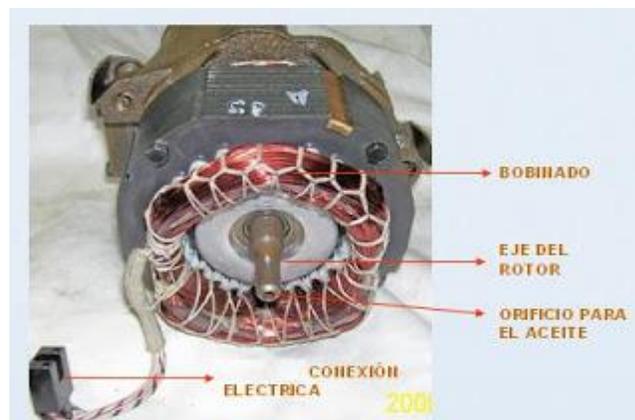
#### **1.5.3.1 Sistema eléctrico de poder [20]**

En el sistema eléctrico de poder de un compresor hermético, comprende lo que es el motor eléctrico. Los motores eléctricos que se utilizan en la fabricación de los compresores han sido diseñados específicamente para su uso en aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado. Dado que estos motores van a mantener un estrecho contacto con los refrigerantes y lubricantes y además se van a encontrar sometidos a cargas diferentes dentro del campo de trabajo

del compresor, una de sus principales características radica en poseer materiales aislantes de alto grado y elevada resistencia al calor. Los componentes internos principales del motor eléctrico son:

- Estator del motor. Se atornilla al caparazón. El devanado trifásico distribuido en ranuras de  $120^\circ$ . Tiene tres devanados en el estator. Estos devanados están desfasados  $2(3P)$  siendo  $p$  el número de pares de polos de la máquina.
- Rotor. Se encuentra instalado en el cigüeñal. Completa el motor, que es de dos polos, y gira a una velocidad de 3 mil 500 revoluciones por minuto (RPM)
- Devanados. Pueden ser de cobre o aluminio, el de arranque será de cobre y el de trabajo algunas veces será de aluminio en el caso de los motores de rotor jaula de ardilla
- Protector térmico. Se ubica en el compresor. Se trata de un disco que corta la energía por temperatura o por corriente

Estos componentes pueden mostrarse en la fig. 31 y la forma como están conectadas



**Figura 31. Componentes de un motor eléctrico**

La potencia mecánica en la flecha en los motores utilizados en los compresores herméticos y semiherméticos, es muy difícil de medir debido a que el eje se encuentra interno en el compresor, pero esta a su vez se puede medir a través del consumo de energía del compresor

- **Tipos de motores eléctricos [11]**

Los motores Eléctricos en refrigeración se pueden clasificar de acuerdo a su uso en los compresores:

- Compresores Abiertos (con flecha visible) conectados mecánicamente por medio de bandas y poleas, o directamente mediante un acoplamiento.
- Compresores Herméticos, Semiherméticos, Scroll conectados en sus flechas internamente.

En este apartado se mostrará dos tipos de motores de corriente alterna (a-c) más comunes en refrigeración, como los son los Trifásicos y los Monofásicos, ambos son de Inducción, aplicados a los compresores Herméticos y Semiherméticos.

Un Moto-Compresor para refrigeración, Hermético o un Semiherméticos, es una combinación de motor y compresor que se encuentran encerrados dentro de la misma carcasa. Su diferencia es que el Semiherméticos se puede desarmar sin destruirse y el Hermético se destruye. Por lo tanto, no se puede acceder tan fácilmente al motor sin destruir el compresor.

- **Motor trifásico de inducción [11]**

Su principio de operación consta de un embobinado trifásico, perfectamente balanceado, por el cual circula una corriente alterna. Cada una de

las fases produce un campo magnético oscilatorio. Este principio de funcionamiento se demuestra en la fig. 32. Los ejes de los tres campos están desfasados eléctricamente y físicamente  $120^\circ$ . Y cuya dirección es constante. Observando la fig. 32 la suma de los tres vectores produce un campo magnético de magnitud constante cuya dirección varía con el tiempo, cuyo eje gira a la velocidad de sincronismo, dicho campo magnético resultante tiene una magnitud de 1.5 veces la magnitud máxima de cualquiera de los tres campos componentes.

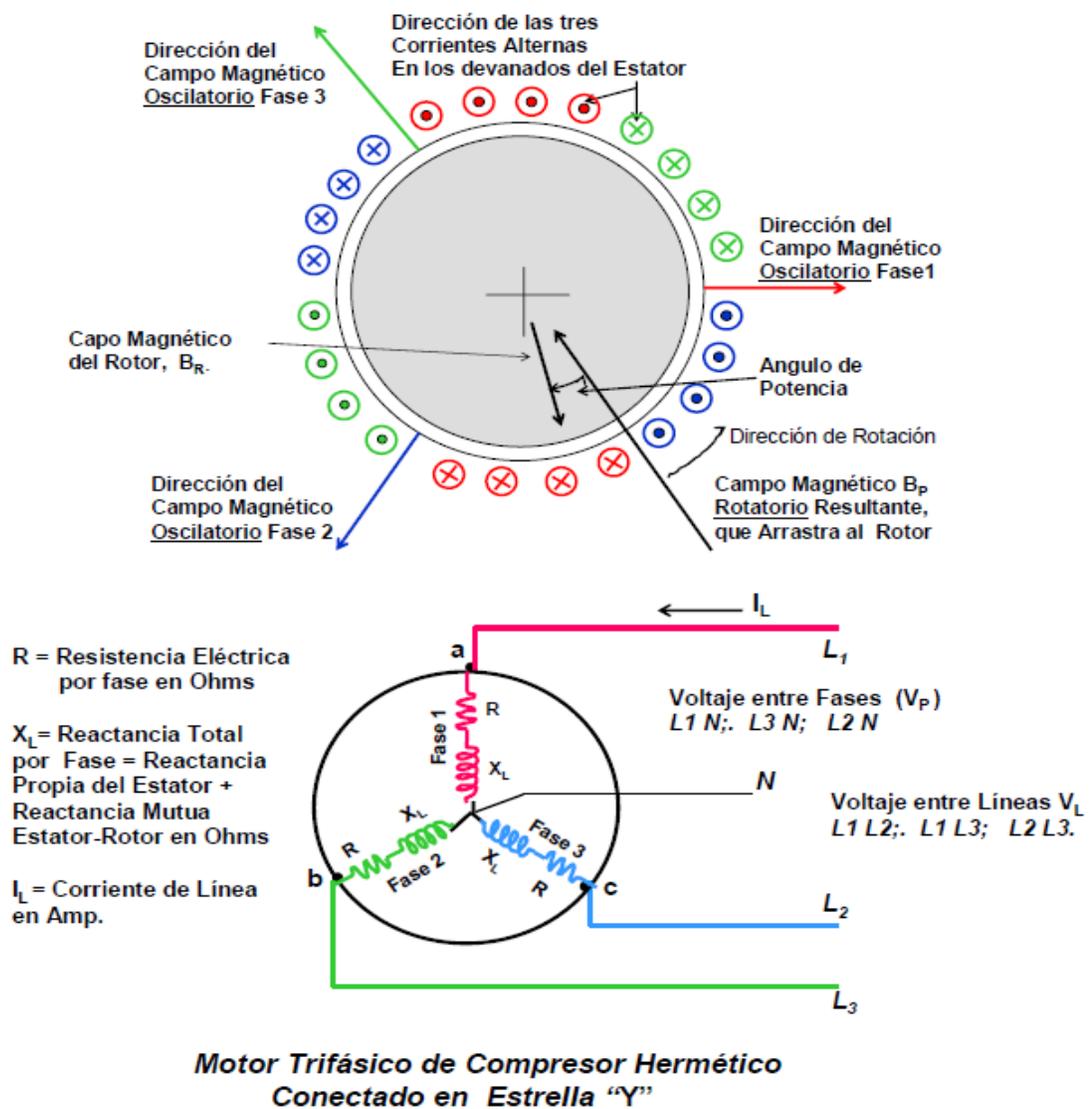
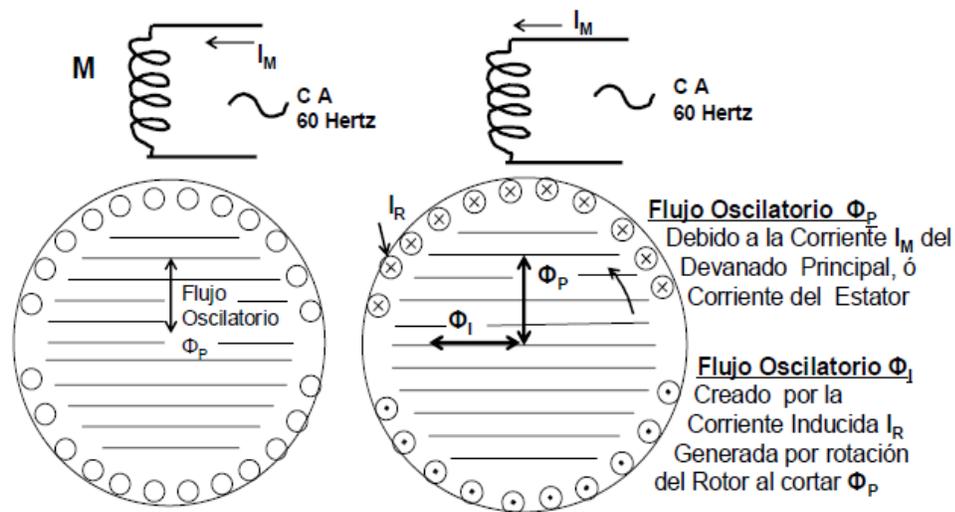


Figura 32. Operación de un motor eléctrico trifásico y diagrama eléctrico

El campo magnético principal  $B_R$  induce una corriente en las barras de la Jaula de Ardilla del rotor, la cual a su vez produce un campo magnético  $B_R$  de reacción opuesto al campo magnético principal, produciendo una Fuerza Contra Electromotriz oponiéndose al voltaje de alimentación del estator del motor, regulando así el valor de la corriente (Amp.) total del motor.

- **Motor monofásico de inducción [11]**

Si en un motor eléctrico, su embobinado es de un solo devanado o de una sola fase y es excitado con corriente alterna, produce un solo campo oscilatorio y por lo tanto su rotor no se movería. Para moverse requiere campos magnéticos desplazados espacialmente entre sí, y excitados con corrientes desfasadas, para crear un campo giratorio. El rotor es del tipo de jaula de ardilla, su principio de funcionamiento se muestra en la fig. 33. Al excitarse la bobina  $M$  con corriente alterna, su flujo magnético produce en el rotor por efectos de transformación una Fuerza Electromotriz y a su vez una corriente en la jaula de ardilla y un flujo magnético oscilante  $\Phi_P$  convirtiendo al rotor en una bobina con su flujo en la misma dirección de  $M$ . Si al rotor se le da un impulso inicial, corta al flujo de la bobina  $M$ , induciendo en sus conductores una Fuerza Electromotriz debida a la rotación, la cual hace circular una corriente que produce un flujo magnético  $\Phi_I$  perpendicular al flujo original de  $M$ ,  $\Phi_P$ . Estos dos flujos en cuadratura producen un campo giratorio, el cual hace que el rotor continúe con su propia rotación.

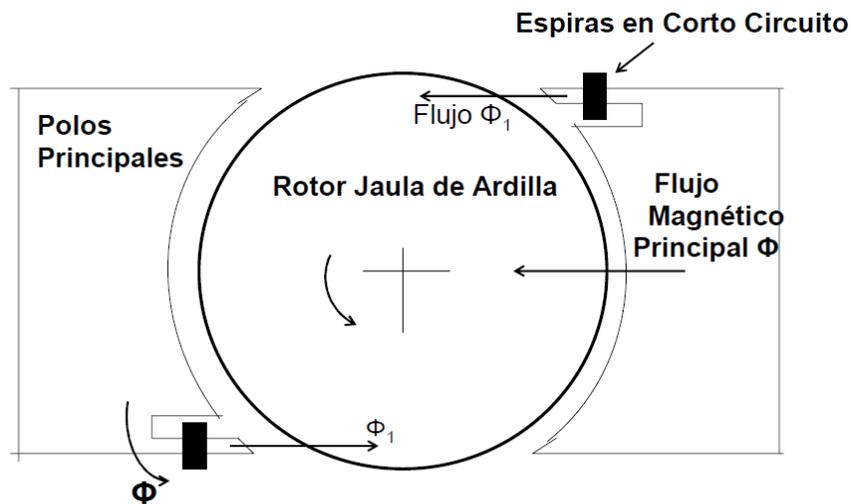


**Figura 33. Principio de funcionamiento de un motor monofásico**

Esto quiere decir que este tipo de motor, por si solos no tienen par de arranque, y que es necesario proveerlos de un medio para su arranque. Lo que comúnmente se utiliza es lo siguiente:

#### **a) Motores con Polos Sombreados [11]**

Al pasar el flujo principal  $\Phi$  por la espira en corto circuito induce en ella una Tensión que hace circular una corriente que a su vez produce un flujo  $\Phi_1$  que se encuentra atrasado y se opone al flujo principal, creando como resultado que el flujo principal se desplace en la forma indicada en la Fig. 34, este desplazamiento da el impulso inicial al rotor, necesario para moverlo. Este tipo de motores se pueden diseñar también para dos velocidades o más. Debido a su bajo par de arranque, y a que se pueden ofrecer a diferentes velocidades este tipo de motores se aplica en la refrigeración, en ventiladores pequeños.

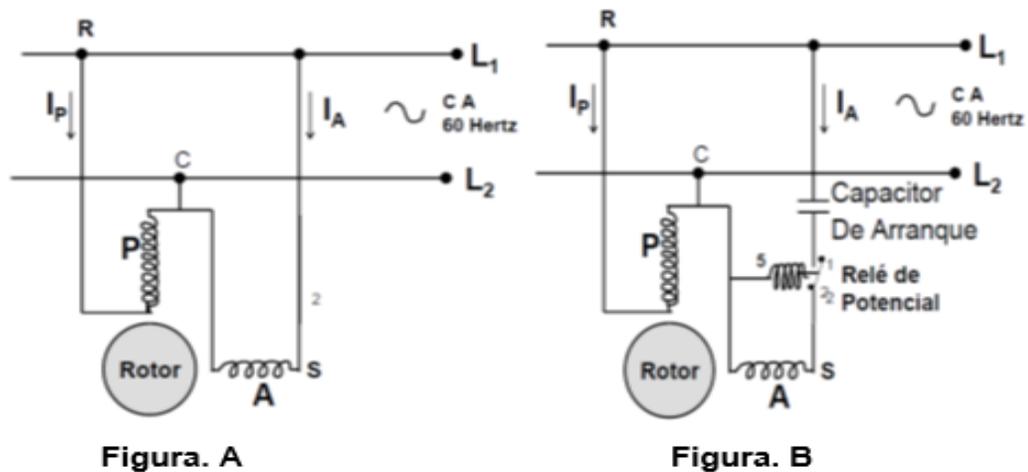


**Figura 34.** Esquema de un motor de polos sombreados

### **b) Motores de Inducción de Fase Bipartida [11]**

Es el motor más usado en aplicaciones de potencias fraccionarias de HP, de 1/2 HP hasta 5 HP en 1800 rpm y 3600 rpm y en motores abiertos hasta 10 HP en 1800 rpm. Su operación en principio es simple, se usan dos devanados en el estator, uno denominado auxiliar A para el arranque y el otro el de marcha u operación P. En su armadura o rotor no se encuentra ningún devanado, se encuentra un armazón de barras de cobre o de aluminio conectado en forma de jaula de ardilla, como lo indica la fig. 32.

En motores de baja potencia y bajo par de arranque no se requiere el capacitor, el desfase de  $I_A$  con  $I_P$  se logra haciendo el devanado P de alambre grueso y pocas vueltas (baja reactancia), y el devanado A de alambre delgado y muchas vueltas (alta reactancia). En algunos de estos motores el devanado auxiliar permanece conectado todo el tiempo. Este motor se denomina Arranque con Capacitor y con Marcha de Inducción (Capacitor Start – Inducción Run, CSIR) como se muestra en la fig. 35.



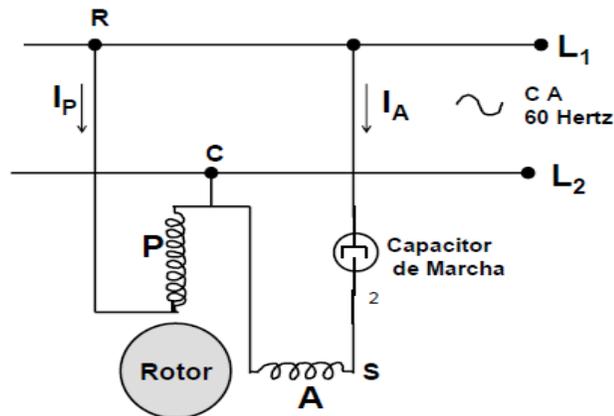
**Figura 35.** A) Diagrama eléctrico de motor de inducción (CSIR), B) Motor con arranque capacitor y marcha de inducción.

### c) Motores de Fase Bipartida con Capacitor de Marcha Permanente sin Capacitor de Arranque y sin Relé.

Estos motores se aplican donde se requiere un bajo par de arranque, sin que la corriente de línea se disminuya lo más posible, esto se logra colocando un capacitor de marcha como lo indica la fig.36. Este capacitor de marcha es usado para mejorar la eficiencia, elevar el Factor de Potencia, y disminuir el ruido del motor. La Capacitancia debe ser determinada para cada motor y aplicación y obtener el consumo mínimo posible de corriente (amperes).

Estos motores se denominan Motores con Fase Bipartida con Capacitor de Marcha Permanente. Su aplicación es muy amplia en Compresores Herméticos para Aire Acondicionado Y Bombas Térmicas desde 1 HP hasta 5 HP. En motores con flecha visible en los ventiladores de condensadores para uso residencial y comercial, para unidades condensadoras para refrigeración, Para ventiladores de evaporadores (Fan and Coil) con doble flecha, Operaciones de

Potencia y velocidades múltiples con un solo motor Para temperaturas ambientales de 40 °C y 60 °C (para los condensadores), y diferentes clases de aislamiento, Rotación reversible, etc.



**Figura 36. Motor de fase partido con capacitor de marcha**

Uno de los términos importantes para la descripción de los motores eléctricos utilizados en los equipos de refrigeración es:

- **Corriente nominal a plena carga (FLA Full Load Amperes) [20]**

FLA es el término usado por la industria para indicar la corriente en Amp, máxima de operación de un motor. En el medio de compresores Herméticos los fabricantes usan el término RLA (Rated Load Amperes). La forma de determinar el valor del RLA se determina de acuerdo al tipo de motor, los cuales se tienen: Los motores convencionales o con flecha visible, usados en manejadoras de aire, para calefacción y aire acondicionado, en evaporadores de enfriamiento, condensadores enfriados por aire, en cámaras de refrigeración remotas, etc. y para los motores usados en compresores Herméticos (Herméticos, Semiherméticos y Scroll) usados en Aire Acondicionado, Refrigeración Doméstica y Comercial, Bombas de Calor, etc.

Para los motores de compresores herméticos la determinación del RLA, es de forma diferente, ya que no es posible medir la potencia en la flecha, puesto que se encuentra adentro del motocompresor y las condiciones nominales de prueba son diferentes para cada aplicación a la que el compresor vaya a ser usado, temperaturas de evaporación Alta, Media o baja, tipo de refrigerante, temperatura ambiental moderada o clima caluroso o frío, frecuencia y voltaje eléctricos, etc. Con el fin de que el motor eléctrico de un compresor Hermético, las normas Emerson indican que la Corriente Máxima Continua Permisible (MCC) debe superar los límites de funcionamiento extremos del compresor y se determina con ensayos sometiéndolo a operar en condiciones extremas de carga, y condiciones eléctricas para cada condición y aplicación específica, haciendo descender el voltaje hasta que llegue al disparo del protector térmico

Para compresores Herméticos se cumplen:

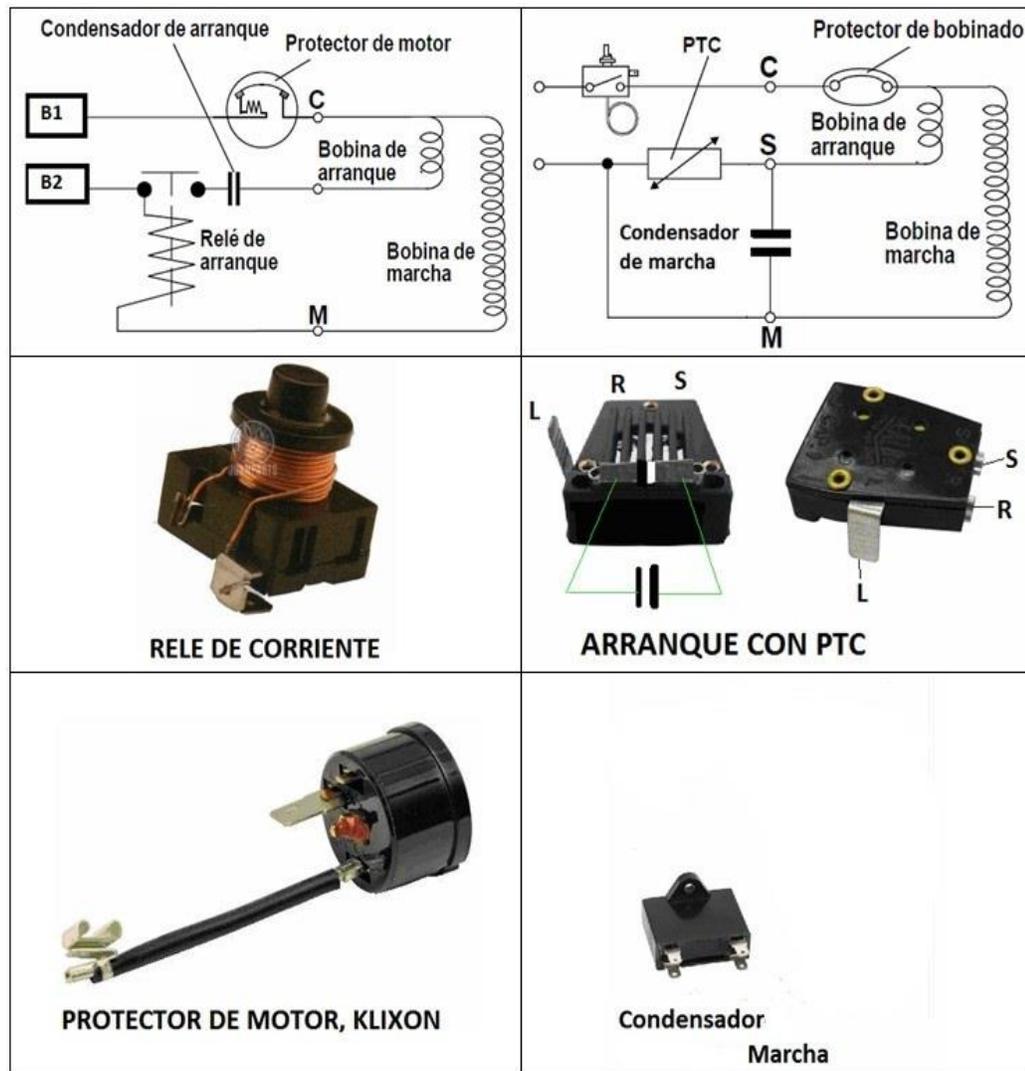
$$RLA = \frac{MCC}{1.56} \quad \text{Requerimiento U.L. y N.E.C. (National Electric Code).}$$

### **1.5.3.2 Arranque de compresores monofásicos [1]**

Los motores monofásicos de los compresores se arrancan conectando un circuito auxiliar que consiste en una bobina de arranque y un dispositivo de arranque. El dispositivo de arranque puede ser bien un relé de intensidad (o un relé de tensión), o bien un semiconductor denominado PTC (Coeficiente de temperatura positivo) (Positive Temperature Coefficient). [1]

El sistema de arranque de arranque de un compresor hermético es un dispositivo para desconectar el condensador de arranque y/o bobina de arranque cuando el motor alcanza la velocidad normal de funcionamiento.

En la siguiente fig. 37, se muestran ambos circuitos de sistemas de arranque para los compresores herméticos, con un relé de intensidad y un PTC. [1]



**Figura 37. Sistemas de arranque en compresores herméticos**

- **Sistemas de arranque [1]**

En el caso del relé de arranque, cuando la energía es aplicada al compresor, la bobina solenoide del relé atrae la armadura del mismo para arriba produciendo el cierre de los contactos, energizando la bobina de arranque del motor. Cuando el motor del compresor alcanza la velocidad de funcionamiento, la corriente de la bobina principal del motor será tal que la bobina solenoide del

relé des-energiza permitiendo que los contactos del relé se abran, desconectando de esta manera la bobina de arranque del motor.

La PTC es un semiconductor con un coeficiente de temperatura positivo, esto significa que no ofrece resistencia al paso de corriente cuando la unidad está fría. Cuando ésta se pone en marcha, la corriente que pasa a través del PTC hace que se caliente rápidamente, creando una resistencia tan elevada en su circuito de manera que el paso de la corriente se queda en un valor muy bajo pero lo suficientemente alto como para mantener caliente la PTC.

El sistema con PTC ofrece una serie de ventajas:

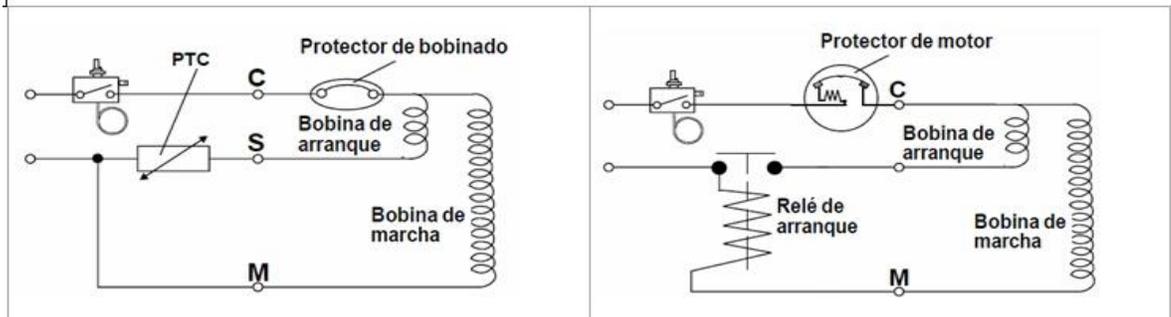
- Mejor protección de la bobina de arranque
  - La PTC no se ve afectada frente a subidas o bajadas de tensión
  - Libre de interferencias de radio y de televisión
  - No tiene desgaste
  - Idéntico sistema de dispositivo de arranque PTC para muchos compresores de distintos tamaños.
- **Motores LST (bajo par de arranque) [1]**

Los compresores con motores de sistemas RSIR y RSCR tienen un bajo par de arranque (LST) y se utilizan en aparatos de refrigeración con tubos capilares, en los que la igualación de presión tiene lugar antes de cada arranque.

**RSIR (RESISTANT START INDUCTION RUN): MOTOR DE INDUCCIÓN DE ARRANQUE POR RESISTENCIAS. [1]**

El sistema RSIR incorpora un termistor PTC o un relé y un devanado bifilar (relé de intensidad) como equipamiento de arranque. La PTC necesita mantenerse un periodo desactivada de unos 5 minutos para permitir su enfriamiento antes de que pueda volver a arrancar.

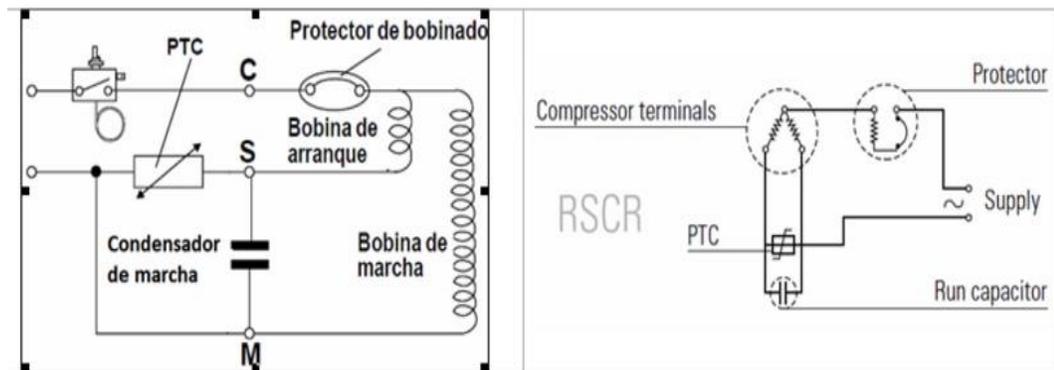
En la fig. 38 se muestra el diagrama de conexión de arranque con la PTC y el relé de arranque.



**Figura 38.** Diagrama eléctrico de conexión de la PTC

### **RSCR (RESISTANT START CAPACITOR RUN): MOTOR DE INDUCCIÓN DE ARRANQUE POR RESISTENCIAS Y CONDENSADOR DE MARCHA. [1]**

El sistema RSCR, que consta de un termistor PTC y un condensador de marcha, es principalmente utilizado en compresores con optimización energética, como se puede ver el diagrama eléctrico en la fig.39.



**Figura 39.** Diagrama eléctrico de sistema de arranque con condensador

- **Motores HST (alto par de arranque) [1]**

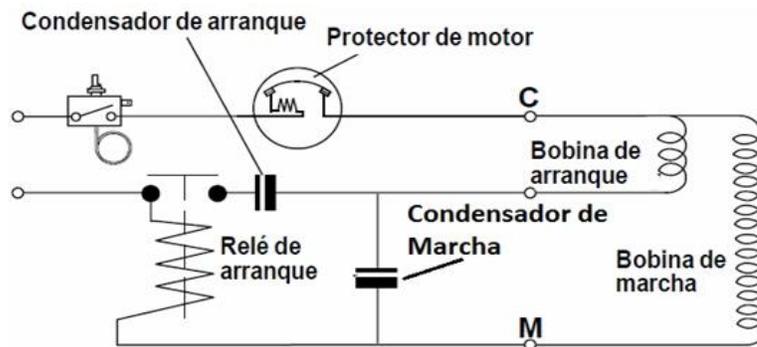
Los compresores con motores del tipo CSIR y CSR tienen un alto par de arranque (HST) y pueden ser utilizados en aparatos de refrigeración con tubos

capilares, así como en sistemas con funcionamiento por válvula de expansión (sin igualación de presión).

Existen dos tipos de motores con alto par de arranque, uno con condensador de arranque y marcha y otro solo con condensador de arranque.

### **CSR (CAPACITOR START RUN): MOTOR DE INDUCCIÓN CON CONDENSADOR DE ARRANQUE Y CONDENSADOR DE MARCHA [1]**

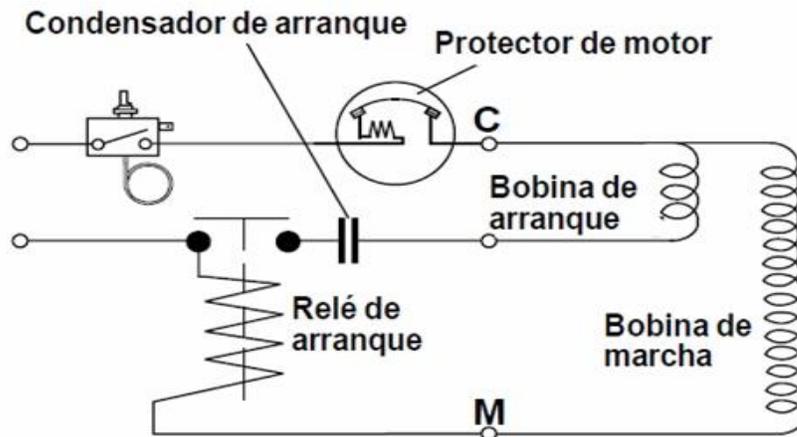
Los sistemas CRS requieren un relé de tensión, un condensador de arranque y un condensador de marcha, como se muestra en el diagrama eléctrico de la fig. 40.



**Figura 40. Diagrama eléctrico de sistema de arranque CRS**

### **CSIR (CAPACITOR START INDUCTION RUN): MOTOR DE INDUCCIÓN CON CONDENSADOR DE ARRANQUE [1]**

El sistema CSIR está compuesto por el relé de arranque y el condensador de arranque, especificado para cada tipo de compresor en particular. En el diagrama de la fig.41 se muestra solo la conexión del condensador de arranque para este tipo de sistema.



**Figura 41.** Diagrama eléctrico del sistema de arranque CSIR

### 1.5.3.3 Circuito eléctrico [10]

Se interconectan los embobinados de arranque y marcha, siendo necesario 3 conductores hasta el relé de arranque. Los contactos del terminal hermético establecen el contacto del relé de arranque a las bobinas de la siguiente forma:

- Contacto superior derecho
- Contacto superior izquierdo
- Contacto inferior
- Embobinado de arranque
- Embobinado de marcha
- Interconexión con los dos embobinados

Algunos tipos de conexiones eléctricas de estos tipos de compresores, se establece en las fig. 42 y fig.43.

COMPRESORES EM - CSCR / CSIR / RSCR / RSIR

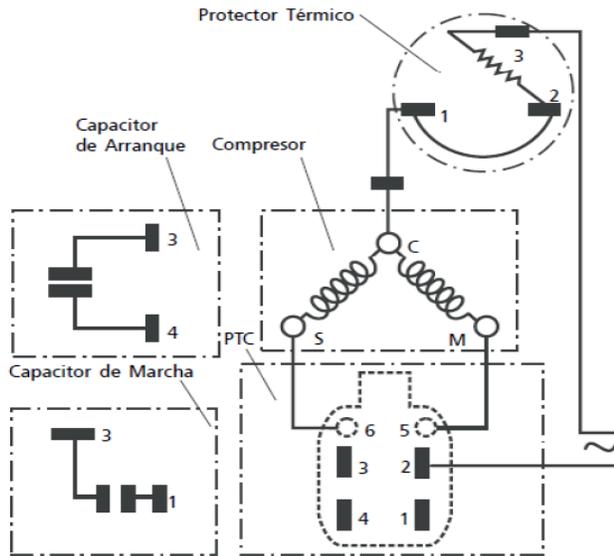


Figura 42. Diagrama eléctrico de compresores EM

COMPRESORES F / EG - CSCR / CSIR / RSCR / RSIR

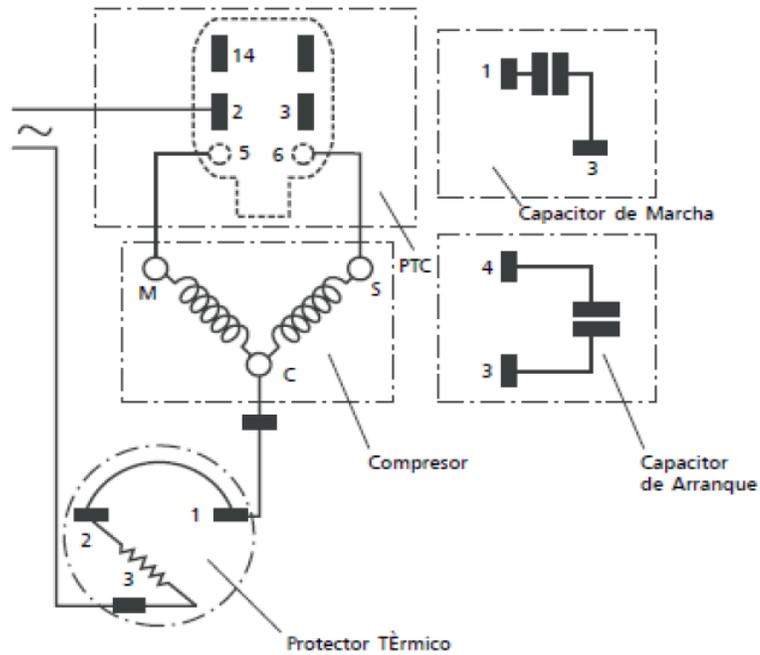


Figura 43. Diagrama eléctrico de compresores tipo F

#### **1.5.4 Sistema de lubricación y refrigeración de compresores herméticos [14]**

Un compresor en funcionamiento implica una gran cantidad de fricción entre sus componentes móviles y una elevada temperatura debido a la propia fricción. La fricción, junto con el calor producido por la misma, puede provocar un rápido desgaste de los componentes, mientras que el calor de la combustión puede elevar tanto la temperatura que produzca la fusión de las piezas metálicas. Para mantener fricción y calor en unos valores razonables, los motores disponen de sistemas de lubricación y de refrigeración.

El sistema de lubricación tiene como función mantener y renovar de forma continua una fina película de aceite y además refrigerar mediante el propio lubricante las partes del motor a las que no puede acceder el sistema de refrigeración. Los lubricantes comúnmente empleados son aceites que provienen del refino del petróleo, debiendo cumplir una serie de requisitos, principalmente relativos a su viscosidad, de acuerdo con la severidad de las condiciones de operación del motor.

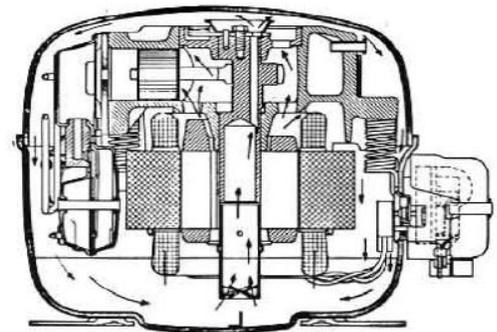
##### **1.5.4.1 Lubricación de compresores [15]**

El aceite de los compresores lubrica las partes móviles y cierra el espacio entre el cilindro y el pistón. El compresor bombea el aceite por toda la instalación, este circula por la parte baja de la tubería y es retornado otra vez al compresor. El depósito o sumidero del aceite, el cárter está localizado en la parte baja del compresor. Se emplean dos sistemas de lubricación; el barboteo o por bomba de aceite.

En el circuito clásico, el aceite es aspirado del cárter a través de un filtro y bombeado por la bomba a través del cigüeñal hasta los diferentes elementos en

movimiento, ya sea por el juego normal del ajuste o por los orificios prácticos a este fin, cuya toma de entrada está sumergida en el cárter, toma el aceite y lo envía a presión, pasando por un filtro, a los elementos a lubricar mediante una serie de conductos internos del motor. Estos conductos, además de depositar el aceite en los sitios necesarios, se comunican con la mayoría de los ejes giratorios (cigüeñal, árbol de levas, etc.) y otros elementos (bielas, bulones de pistón, etc.) permitiendo su lubricación. Una vez cumplida su función, el aceite vuelve al depósito o sumidero por su propio peso. El flujo de circulación por cada uno de estos componentes se muestra en la fig. 44.

<b>Flujo de circulación de aceite</b>	
<b>Carcasa y cojinete superior</b>	<b>35 l/h</b>
<b>Motor, cojinete inferior y biela</b>	<b>135 l/h</b>
<b>Total</b>	<b>170 l/h</b>



**Figura 44. Flujo de aceite en el compresor hermético**

En el funcionamiento de la bomba de aceite, la circulación del aceite es el mismo sea cual sea el sentido de rotación de la misma y por tanto del compresor. En la fig.45, se muestra la colocación de la bomba de aceite en los compresores herméticos y como va acoplada al cigüeñal para dicho funcionamiento.

El rotor es la pieza que va solidaria con el extremo del cigüeñal y gira en su mismo sentido haciendo girar al piñón que está montado sobre el eje de la excéntrica de media luna. La rotación del piñón provoca automáticamente la orientación de la media luna que pasa a ocupar el espacio que queda entre los dientes del piñón y el rotor. Si se produjese una inversión del sentido de rotación,

automáticamente se produciría un giro de 180° en la media luna y con él, quedaría el flujo de aceite en el mismo sentido.

Hay por tanto solo dos piezas en movimiento; el rotor que con sus engranajes interiores hace girar también en su mismo sentido al piñón interior. La excéntrica siempre permanece fija para un mismo sentido de giro y sólo cambia de posición en 180° si este se invierte.



**Figura 45. Bomba de aceite en compresores herméticos**

El aceite refrigerante cumple las misiones siguientes dentro del compresor:

- Reduce el rozamiento entre las partes del compresor en movimiento
- Absorbe el calor desprendido por el rozamiento
- Evacuar las posibles virutas metálicas producidas por el rozamiento
- Evitar la corrosión en el circuito
- Reducir el ruido del compresor
- Evitar en el compresor la comunicación de la parte de alta con la de baja presión

#### 1.5.4.2 Características de los lubricantes. [16]

Los aceites para refrigeración deben tener varias características, pero las más importantes son tres:

1. Debe estar deshidratados.

Esta es una propiedad muy importante en la cual se determinará de alguna la probabilidad en averías por deterioros en devanados de motores que está en contacto con fluidos refrigerantes, de esta forma establecemos que el aceite refrigerante cuanto menos higroscópico mejor.

2. Debe de soportar temperaturas frías.

Ya que a pesar que en aspiraciones del compresor nos llegue refrigerante recalentado será a temperaturas bajas o muy bajas.

3. No debe descomponerse.

Debe resistir la posible reacción con el refrigerante o cualquier otro material presente en el sistema.

Además de las tres características anteriores las cuales son imprescindibles los aceites lubricantes para refrigeración están acompañados de las siguientes características:

- La viscosidad, cuando se diluye con refrigerante se ha de asegurar una película de gran espesor, para refrigeración se emplea aceites con poca viscosidad.
- El punto de congelación, para evitar la separación, los aceites minerales dejan de fluir a 50 °C y para los aceites alquibencénicos y de base este se solidifica a 100 °C.

- El punto de carbonización, al soportar temperaturas elevadas el aceite se ennegrece y se carboniza, la temperatura de carbonización es entre 120 °C y 130 °C.
- El punto de floculación, es la temperatura a la cual, en el aceite, mezclado con refrigerante, aparecen granos de cera, esta temperatura es más baja que la de congelación. Al subir la temperatura el aceite ya no se puede reutilizar.
- El índice de neutralización, cuando los aceites se mezclan con agua u oxígeno suelen crear ácidos, este índice nos indica la cantidad de ácido que es capaz de crear, es mejor cuando menor es este índice.
- La rigidez dieléctrica, para asegurar unas buenas propiedades aislantes ya que, en compresores herméticos, realiza la función de aislante entre motor y cuerpo del compresor, esta es la resistencia eléctrica del aceite, suele ser de 25 Kv.

#### **1.5.4.3 Tipos de aceites refrigerantes. [16]**

Básicamente existen seis tipos de categorías de aceites lubricantes para refrigeración:

- **Aceite Mineral (MO)**
- **Aceite alquilbenceno (AB)**
- **Aceite poliol éster (POE)**
- **Aceite polialfaolefínico (PAO)**
- **Aceite polialquilenglicol (PAG)**

Tradicionalmente, los refrigerantes CFC han sido empleados con aceites minerales y del tipo alquilbencénicos para la lubricación de los compresores.

- Aceite mineral: Se emplean con los CFC, HCFC y ya con algún HFC como el R 417A, son muy miscibles y poco higroscópicos con lo cual de los tres grandes tipos de aceites refrigerantes es el mejor.
- Alquibencénico: Se emplea con los HFC, es muy higroscópico, se oxida en exposición con el aire, no se puede mezclar con mineral y se debe mantener en recipientes herméticos. Se usa casi exclusivamente en automoción.
- Polialquiliglicoles PAG: Aceites utilizados en sistemas con R 134a en automoción ya que no reacciona negativamente con elastómeros. Es muy higroscópico, se oxida en exposición con el aire, se puede mezclar con mineral y se debe mantener en recipientes herméticos. Se usa casi exclusivamente en automoción. Son miscibles con amoníaco
- Poliéster: Es miscible con todos los refrigerantes CFC, HCFC y HFC, es miscible con el aceite mineral si no supera el 1% de este en la instalación si se emplea HFC. Si se emplea HCFC se puede mezclar mineral y base Ester al 50%. No es tan higroscópico como el alquibencénico, pero lo es más que el mineral.

#### **Relación entre refrigerantes y lubricantes. [16]**

Se establecen unas compatibilidades para refrigerantes y lubricantes de manera que no todos los gases refrigerantes pueden utilizar cualquier tipo de aceite. La compatibilidad entre aceites y refrigerantes, se puede mostrar en la tabla 3.

**Tabla 3. Compatibilidad entre refrigerantes y lubricantes**

	<u>aceite mineral.</u>	<u>aceite mineral+ab.</u>	<u>aceite ab.</u>	<u>aceite poliéster.</u>
<b>R-12 (1)</b>	SI	SI	SI	SI
<b>R-134A (3)</b>	NO	NO	NO	SI
<b>DI-36 (2)</b>	SI	SI	SI	SI
<b>R-401A (2)</b>	NO	SI	SI	SI
<b>R-401B (2)</b>	NO	SI	SI	SI
<b>R 502 (1)</b>	SI	SI	SI	SI
<b>R 404A / M55</b>	NO	NO	NO	SI
<b>DI 44</b>	NO	SI	SI	SI
<b>R 403B /Isceón</b>	SI	SI	SI	SI
<b>R 402A</b>	NO	SI	SI	SI
<b>R 402B (2)</b>	NO	SI	SI	SI
<b>R 22 (2)</b>	SI	SI	SI	SI
<b>R 407C / M 95</b>	NO	NO	NO	SI
<b>R 11 (1)</b>	SI	SI	SI	SI
<b>R 123 (2)</b>	SI	SI	SI	SI
<b>R 507A / M57</b>	NO	NO	NO	SI
<b>R 416A / DI 24</b>	SI	---	---	SI
<b>R 413A / Isceón</b>	SI	SI	SI	SI
<b>R 409A (2)</b>	SI	SI	SI	SI
<b>R 408A (2)</b>	NO	SI	SI	SI
<b>R 410A / M98</b>	NO	NO	NO	SI
<b>R 406A (2)</b>	SI	SI	SI	SI

	<u>aceite mineral.</u>	<u>aceite mineral+ab.</u>	<u>aceite ab.</u>	<u>aceite poliéster.</u>
<b>Isceón 89 (2)</b>	SI	SI	SI	SI
<b>R 417A / Isceón</b>	SI	SI	SI	SI
<b>Isceón 39 (2)</b>	SI	SI	SI	SI
<b>R 407A (3)</b>	NO	NO	NO	SI
<b>R 407B (3)</b>	NO	NO	NO	SI

NO = No compatible

SI = Si compatible

AB = Alquilbencenico

(1) = CFC (prohibido)

(2) = HCFC (alternativo)

(3) = HFC (definitivo)

#### 1.5.4.4 Extracción e introducción de aceite en el sistema [16]

##### 1. Extracción de aceite.

- **Método de vacío**

En casos de que el cárter del compresor no posea orificio de purga, entonces deberemos aspirar el aceite del mismo. Realizaremos los pasos siguientes:

- a) Se conecta la bomba de vacío a un recipiente
- b) Desde el recipiente se introduce una manguera a través de un orificio hasta la parte baja del compresor.
- c) Las entradas de la manguera al compresor y al recipiente deberán estar selladas para evitar la entrada de aire

- d) Se coloca en marcha la bomba de vacío
- e) El aceite circulará por diferencia de presión desde el cárter hasta el depósito
- f) Cuando se extrae el aceite del cárter se cierra la llave de corte de la manguera, la llave del manómetro y se detiene la bomba. La manguera de extracción se queda en la instalación.

- **Método usando la presión del refrigerante.**

- a) Se cierra la válvula de aspiración del compresor, se pone en marcha este. Cuando el manómetro conectado en la aspiración marque superior a 1 bares, se para el compresor y se cierra la válvula de descarga
- b) Se conecta mediante un tubo transparente con preferencia el compresor con un recipiente.
- c) Se sella el orificio del compresor
- d) Se da apertura a la válvula de aspiración
- e) Al estar la línea de aspiración a una presión superior a la atmosférica y estar la válvula de descarga cerrada entra el aceite del evaporador, de la línea y del cárter al depósito.

## **2. Introducción de aceite**

- **Método usando una bomba manual**

Se conecta mediante una manguera la descarga de la bomba manual al orificio del compresor.

El extremo de la bomba manual se introducirá en el depósito de aceite. Se manipulará la bomba manual hasta que mediante el visor del compresor se compruebe el nivel.

- **Método usando una bomba de vacío**

Conectaremos la bomba de vacío a la válvula de aspiración del compresor, estando las válvulas de aspiración y descarga cerradas. A través del puente de manómetros vaciamos el compresor de gas refrigerante. Conectamos una manguera desde el depósito de aceite hasta el cárter del compresor. Sellamos ambos orificios. Ponemos en marcha la bomba de vacío, por lo que se empieza a producir el vacío en el compresor.

Se abre la válvula de corte, comenzado a fluir aceite desde el depósito al cárter.

Una vez se tiene el nivel de aceite adecuado, se cierra la válvula de corte, se cierra la llave del manómetro, se para la bomba, se cierra la válvula de aspiración del compresor, se desconecta la bomba a la válvula de aspiración. La manguera de llenado se queda instalada.

#### **1.5.4.5 Control de acidez del aceite. [16]**

Los lubricantes refrigerantes deberán estar exentos de acidez, los ácidos pueden destruir el aislamiento de las bobinas de los motores.

Los ácidos se pueden producir por:

- Presencia de humedad en el sistema. La mezcla de humedad, refrigerante, aceite, altas temperaturas puede provocar una reacción química que genera ácidos corrosivos.
- Quemadura del motor. Al quemarse las bobinas se producen ácidos
- Presencia previa de ácidos. Se produce al quemarse un compresor.
- La acidez se puede detectar mediante reactivos en la línea de líquidos.

## 1.6 Aplicaciones y características de los compresores

Las aplicaciones de los compresores se ven contemplan en las diferentes ramas de la refrigeración tales son los casos de refrigeración doméstica, comercial y de transporte, al igual que el acondicionamiento de aire; para la buena selección de un compresor se deben de considerar distintos factores tales como:

- Verificar si el sistema de refrigeración requiere un mecanismo de control del refrigerante, ya que éste puede ser un tubo capilar donde las presiones se igualen cuando el compresor se detenga, o una válvula de expansión, que por oposición mantendrá las presiones de alta y baja con el equipo en reposo
- Revisar si otra aplicación corresponde a la temperatura de evaporación necesaria en el sistema. La denominada como baja presión de evaporación (LBP, por sus siglas en inglés) oscila entre los  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; la temperatura de evaporación media (MBP, por sus siglas en inglés) entre los  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y la alta presión de evaporación (HBP, por sus siglas en inglés) entre los  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , que son para congelación, conservación y confort respectivamente.

De acuerdo con la aplicación de los compresores se deben definir sus características de diseño de instalación y de mantenimiento guardando una delicada relación entre el trabajo a realizar, la eficiencia y rendimiento del equipo, los estándares de conservación ambiental y la economía en los diferentes procesos.

### **Características técnicas.**

Son características técnicas de los equipos las relacionadas a continuación:

- La Potencia o capacidad determinada en caballos de fuerza (Hp) o Kilovatios hora (Kw/h) y determina la cantidad de trabajo por unidad de tiempo que puede desarrollar el compresor.
- La Tensión de trabajo o diferencia de potencial de corriente alterna medida en voltios (VAC) cuando el compresor funciona movido por un motor eléctrico, y puede ser desde monofásico a 110V o 220 V hasta trifásico.
- La Frecuencia (Hz) es la variación por segundo de la polaridad de la corriente. 60 Hz para gran parte de Latinoamérica.
- La Intensidad de la corriente o el consumo de energía eléctrica medida en Amperios (A) el cual se encuentra en proporción directa con la capacidad de trabajo eléctrico del motor y su medida es uno de los parámetros de puesta a punto del sistema, es decir de las condiciones de trabajo del equipo.
- El Coeficiente de Operación (COP) corresponde a la relación entre el efecto refrigerante o calor que absorbe el refrigerante del producto y el proceso de compresión o calor que absorbe el refrigerante en el compresor, esta medida determina la eficiencia neta del trabajo del compresor que debe ser un valor mayor a 3 para que el efecto de evaporación sea mayor que el efecto de la compresión y se dé el efecto refrigerante en el equipo.
- Rendimiento Energético (EER) es la relación entre la Potencia mecánica del compresor y la potencia eléctrica dada en Btu/Wattios hora, indica la cantidad de calor transformado por energía eléctrica consumida.

## 1.7 Características para selección de compresor. [21]

Los factores más importantes en la selección de un compresor hermético, influirá en su capacidad de operar de acuerdo a la función que se desea desarrollar, estos factores son:

### 1. Capacidad de refrigeración

La capacidad requerida del compresor está ligada al tamaño del sistema a ser refrigerado, así como a la temperatura de evaporación.

### 2. Elemento de control

En sistemas que utilizan el tubo capilar, las presiones entre la descarga y succión se ecualizan antes de la próxima partida del compresor, haciendo con que el torque requerido para la partida sea menor. Para esa aplicación, los compresores utilizados son los LST (Low Starting Torque, o Bajo Torque de partida), proyectados para trabajar con presiones ecualizadas durante las paradas.

Pero cuando el elemento de control es la válvula de expansión, no hay movimiento del fluido durante el período en el que el compresor está apagado. Así, para el compresor partir, éste necesita tener un torque mayor, suficiente para vencer la diferencia de presión entre la descarga y succión. En este caso, los compresores son proyectados para tener un motor HST (High Starting Torque, o Alto Torque de Partida). En la tabla 3, se especifica cada aplicación para el tipo de compresor y el elemento de control utilizado.

**Tabla 4. Aplicación de compresores LST y HST**

<b>Clasificación</b>	<b>Elemento de control</b>	<b>Compresores indicados</b>	<b>Ejemplos de aplicación</b>
<b>LST</b>	tubo capilar	todos los compresores	refrigeradores, frigoríficos, mesones comerciales, expositores, bebederos y refresqueras
<b>HST</b>	válvula de expansión (o tubo capilar)	En líneas EM y F, compresores que presentan la letra X en la nomenclatura. En líneas NE, T/NT J/N áspera), aquellos que presentan 2,6,7 y 9 en la nomenclatura	mesones comerciales, expositores para helados y refrigeradores comerciales

### 3. Rango de temperatura de evaporación

Saber la temperatura de evaporación del sistema es importante para hacer la elección correcta del compresor con relación al torque del motor de funcionamiento. La tabla 4, especifica cada rango de temperatura que debe tener el evaporador. La potencia necesaria para compresión de un fluido a alta temperatura de evaporación es mayor que la hecha por el mismo compresor con fluido a baja temperatura de evaporación. Por ello, motores para aplicación en sistemas a alta presión de evaporación deben tener torque más elevado. Con relación a este aspecto, los compresores son clasificados de la siguiente forma:

- HBP (High Back Pressure, o alta presión de retorno) – Presentan motores con torque de funcionamiento alto, para trabajar con altas temperaturas de evaporación
- MBP (Medium Back Pressure, o media presión de retorno) – Motores proyectados con torque de funcionamiento intermediario, para presiones de evaporación intermediaria.
- LBP (Low Back Pressure, o baja presión de retorno) – Presenta motores con menor torque de funcionamiento, para trabajar con presiones de evaporación bajas.

**Tabla 5. Clasificación por rangos de temperatura.**

<b>Clasificación</b>	<b>Temperatura de evaporación</b>	<b>Ejemplo de aplicación</b>
<b>LBP</b>	-35° hasta -10°C	Frigoríficos, refrigeradores y expositores verticales para helados.
<b>L/MBP</b>	-35°C hasta -5°C	mesones comerciales, expositores de bebidas, purificadores y vending machines
<b>HBP</b>	-5°C HASTA +15°C	Deshumidificadores, refresqueras, bebederos y aire acondicionado.

#### 4. Fluido refrigerante

Los fluidos refrigerantes son elegidos de acuerdo con el sistema o necesidad de la aplicación. Los más comunes son R134a, R404A, R407A, R22, juntamente con los hidrocarburos R290 (propano) y R600a (isobutano), que no afectan la capa de ozono y contribuyen poquísimos para el calentamiento global.

Cada compresor es proyectado para trabajar con determinado fluido refrigerante. Eso significa que los materiales, componentes internos, aceite lubricante, tamaño de la cámara de compresión, potencia del motor, sistema de válvulas etc. son específicos para cada uno de ellos. Por lo tanto, debemos resaltar que se debe siempre utilizar el fluido indicado en la etiqueta del compresor o refrigerador.

La elección más adecuada de un compresor depende de múltiples factores, y en cada caso deberá utilizarse el más idóneo. Entre los factores que influyen son:

- Dimensionado y peso
- Vibraciones e inercia de piezas móviles
- Regularidad en el suministro del caudal
- Condiciones de mezcla aceite-refrigerante
- Características caudal-presión
- Relación de compresión

### **1.8 Condición de operación de compresores herméticos**

Las condiciones más importantes en las que opera o se desarrollan los compresores influyen en el funcionamiento y el tipo de servicio que deben prestar, como depende del tipo de selección del compresor así serán sus características de operación. Teniendo en cuenta que el tipo de compresor que se seleccionó para realizar dicho estudio es el compresor hermético de pistón, sus condiciones de operación son diferentes que los de un compresor de tornillo o compresor tipo scroll. Por lo tanto, para un compresor de pistón se tienen las siguientes características

#### CABEZAL COMPRESOR:

- Desplazamiento de aire: 1400 lts/min.
- Presión máxima de trabajo: 10 Bar.
- Temperatura máxima ambiente: 40 °C
- Contenido de aceite: 1,7 lts.
- Aire efectivo: 1.120 lts/min.
- r.p.m.: 1150

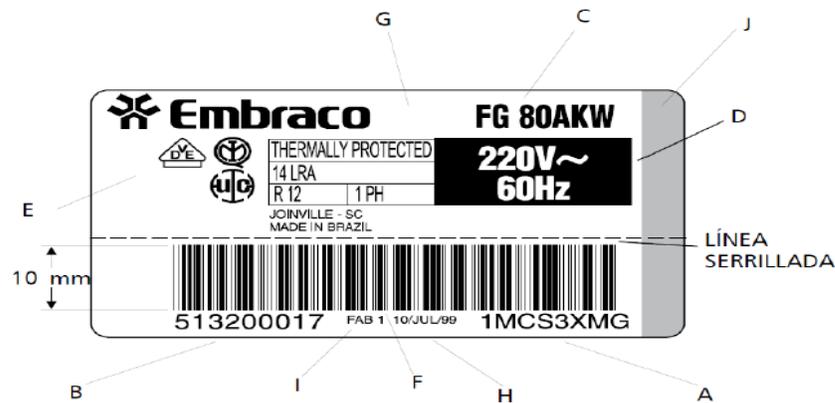
#### MOTOR ELÉCTRICO

- Potencia estimada: 10 H.P.
- Voltaje/Frecuencia: 220-380 V. 50 Hz

#### **1.9 Nomenclatura de etiqueta de los compresores. [10]**

Cada compresor posee un diferente tipo de etiquetas, donde se identifican las características más importantes para que dicho compresor realice su función con los parámetros que indica el fabricante.

Esto a la vez ayuda a la identificación de los modelos y las marcas distintas de fabricantes. Unos ejemplos de la nomenclatura de las etiquetas se muestran en la fig. 44.



- |   |  |
|---|--|
| A - Número secuencial rastreado   | E - Los logotipos indican la aprobación del compresor  |
| B - Código del compresor  | F - Código de barras 39 (relación 3:1 y 6.5 mils)  |
| C - Modelo del compresor  | G - Papel: Blanco<br>Impresión: Negro<br>Dimensiones: 70 x 38 mm   |
| D - Corriente con rotor bloqueado - LRA<br>Frecuencia - Hz<br>Refrigerante - R12<br>Número de fases - 1PH<br>Voltaje nominal del compresor - VAC<br>(Indicación del voltaje: 115V fondo blanco<br>220V fondo negro) | H - Fecha de fabricación<br>I - Unidad de fabricación<br>J - La faja anaranjada es la identificación visual usada solamente en los compresores de-220V |

**Figura 46. Nomenclatura de etiqueta en compresores herméticos**

La placa de identificación del compresor Hermético debe mostrar:

- La corriente Nominal RLA
- Corriente a Rotor Bloqueado
- Tipo de Protección
- Frecuencia Eléctrica en Hz.
- El voltaje de operación

## **2. FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS [24]**

### **2.1 Diagnostico de fallas en compresores herméticos**

La reparación en equipos frigoríficos requiere de las habilidades de los técnicos en refrigeración que realizan el servicio además de una gran variedad de diferentes tipos de unidades.

En el ámbito de la refrigeración, podemos encontrarnos con dos tipos de equipos frigoríficos herméticos:

- Equipo hermético con capilar como dispositivo de expansión
- Equipo hermético con válvula de expansión termostática

El primer tipo de equipo, se encuentra frecuentemente aplicado en el ámbito hogareño y en pequeñas unidades comerciales. El segundo tipo de equipo, se usa frecuentemente en aplicaciones comerciales.

La reparación y el servicio presenta una gran dificultad; que la de ensamblar una unidad nueva, dado las condiciones de trabajo en el campo, una de las condiciones para un servicio satisfactorio es que las personas encargadas en realizarlo deben tener la pericia adecuada, conocimiento del equipo, precisión e intuición.

#### **2.1.2 Mantenimiento preventivo en compresores [24]**

En esta etapa es necesario llevar un registro de las condiciones del funcionamiento del sistema; el cual contemplará las presiones, las temperaturas, el súper calentamiento y el sub-enfriamiento del equipo. Los datos resultantes permitirán detectar aquellas condiciones de funcionamiento que quedan fuera de los límites aceptables.

Alteraciones en la presión de succión y la presión de descarga implican variaciones en la temperatura y resultan claros síntomas de una posible falla en el compresor. Por otro lado, el ruido excesivo del compresor, el alto consumo de corriente eléctrica o cuando el voltaje no es el indicado también es parte de los indicadores comunes que presenta un compresor dañado.

## **2.2 Identificación del estado del compresor [25]**

Para la identificación y evaluación del estado general de los componentes no estará de más realizarse estas preguntas básicas.

- ¿Qué tan limpias están las piezas?
- ¿Qué tipo de contaminación existe?
- ¿Las válvulas están averiadas, dónde y de qué manera?

Las principales causas de fallas de los compresores se pueden dividir en eléctricas y mecánicas, siendo las fallas eléctricas, casi siempre, consecuencia de las fallas mecánicas. También, la mayoría de éstas son ocasionadas por problemas en el sistema.

Respecto de las fallas por problemas eléctricos, en el caso de los compresores monofásicos es recurrente que los daños se presenten debido a una mala aplicación de los componentes de arranque. En los motores trifásicos es más común que se originen fallas por protecciones o contactores defectuosos.

Algunas de las causas más comunes de fallas en los compresores están relacionadas con ingreso de refrigerante líquido al compresor, lo que puede ocasionar arranque inundado, golpe de líquido, desgaste de las partes móviles por la dilución del aceite, entre otros daños. El calentamiento excesivo del compresor representa otra falla recurrente en el sistema y se presenta debido a

la lubricación deficiente y a las altas temperaturas en la descarga, ya sea por falta de aceite, o porque el aceite pierde sus propiedades lubricantes.

Las pruebas que se le realizan a un compresor que ha fallado a fin de determinar el origen de esto son esencialmente las mismas para cualquier tipo de compresor, tanto hermético como semiherméticos.

La función del compresor es la misma sin importar el tipo de compresor que se maneja: comprimir el refrigerante para elevar la presión y temperatura del gas. Lo que varía entre un tipo de compresor y otro radica en cómo comprime el gas; por ello, tanto los compresores herméticos como los semiherméticos están sujetos a sufrir los mismos daños, independientemente de su diseño.

### **2.3 Clasificación de problemas del sistema básicos del compresor [24]**

Según el daño que pueden causar van a determinarse las soluciones que le podrán dar al sistema.

Las fallas de los compresores de los compresores se pueden clasificar en ciertas categorías generales.

#### **2.3.1 Retorno de líquido [24]**

Sucede cuando se presenta un sobrecalentamiento del gas en la succión del compresor, que tiende a tal succión “húmeda”, debido al efecto detergente del refrigerante, puede remover la película lubricante de las partes móviles del compresor y, por ende, provocará su rotura mecánica.

Las acciones que debe realizar el técnico al presentarse una falla durante el proceso de retorno de líquido son las siguientes:

- Tiene que prevenir o dejar bien calibrado el equipo para que no le pase algo así, porque hay dos tipos de falla, incluso con el regreso de líquido.

Existe un regreso de líquido cuando el compresor está trabajando, el cual desplaza el aceite del compresor, por lo que el compresor se empieza a desgastar por mala lubricación.

- Es posible que el golpe de líquido se dé también porque el sobrecalentamiento no es el correcto. También sucede una vez que baja la temperatura de la cámara de congelación y no está bien calibrado, y cuando el gas refrigerante que estamos mandando al evaporador no se evapora, sino que empieza a regresar en fase líquida y se acumula en el casco del compresor, así que a la hora de que arranca se producen los golpes de líquido. A eso le llamamos un arranque inundado, que cuando se presenta, baja la presión y el aceite o refrigerante puede llegar al interior del pistón y del cilindro, y eso lo quiebra, ya que esos líquidos no se pueden comprimir.

### **2.3.2 Golpe de líquido [24]**

El golpe de líquido como una fuerza violenta. “Es una combinación de refrigerante líquido o de aceite o de ambos”. Cuando un compresor se daña por un golpe de líquido, las características son que el compresor no estará desgastado por dentro, los pistones no estarán rayados y tampoco se observarán trazos de desgaste; lo que vamos a encontrar es que de pronto se romperán las bielas o que repentinamente se reventaron los flappers en los compresores estándar; el daño recae en los reciprocantes, a los cuales termina por destruir. En cuanto a los scrolls, gracias la forma en la que están contruidos, éstos suelen ser mucho más tolerantes a las condiciones, debido a que el golpe de líquido representa solamente un instante.



**Figura 47. Pistones dañados.**

El procedimiento que debe seguirse cuando se presenta un daño por golpe de líquido, al tratarse de compresores herméticos, requiere de un cambio de compresor, porque ya no se puede hacer nada. “Cuando son semiherméticos reciprocantes se pueden mandar al taller; se revisa que el cigüeñal no esté quebrado, se ponen las bielas nuevas y se arma de nuevo el compresor, es decir, se le da un servicio mayor”.

### **2.3.2.1 Causas del golpe de líquido. [24]**

- Retorno del Refrigerante Líquido al Compresor Debido a Válvula de Expansión\_Impropia: Una válvula de expansión no debidamente súper dimensionada se transforma en una de las principales causas de retorno de líquido y del golpe resultante. Mientras que una válvula súper dimensionada podrá funcionar bien en carga total, podrá perder el control cuando trabaje en carga parcial.
- Retorno de Refrigerante Líquido Debido a la Carga Reducida: Flujo reducido de aire a través de una serpentina de expansión directa, resultando en el congelamiento de la serpentina. El hielo aísla las superficies de transferencia de calor de la serpentina, lo que reduce aún más la carga que la serpentina realmente percibe.

### 2.3.2.2 Problemas de lubricación. [31]

Son aquellas complicaciones que se vinculan con el desgaste excesivo que causa la falta de aceite lubricante en las áreas esenciales.

### 2.3.2.3 Dilución del aceite probablemente. [31]

El problema más común de lubricación es la dilución del aceite. Como el aceite posee una gran afinidad con el refrigerante se puede fácilmente entender cómo éste se puede diluir excesivamente por el refrigerante durante las paradas prolongadas, haciendo con que pierda gran parte de sus calidades de lubricación. Y dentro de ciertas bandas de temperatura normal, dependiendo del tipo de aceite, puede ocurrir que la mezcla de aceite y refrigerante se sature, causando la separación de los dos fluidos.

La mezcla más densa, rica en refrigerante, busca la parte inferior del cárter, mientras que la mezcla menos densa, rica en aceite busca la parte superior. Además de eso, cualquier refrigerante que haya migrado y condensándose en el evaporador va a diluir más aceite en el arranque.



**Figura 48. Fallas por mala lubricación.**

#### 2.3.2.4 Causas de la pérdida de aceite. [31]

Existen varias causas para la pérdida de aceite del compresor. Algunas de las causas comunes son ciclaje corto, excesiva espumación del aceite y largos períodos de funcionamiento en carga mínima, aliada a un proyecto inadecuado de la tubería.

Durante largos períodos de ciclaje corto, el compresor puede bombear aceite para dentro del sistema en una proporción mayor del que está retornando. Eso, lógicamente, trae como resultado un nivel de aceite reducido.

El ciclaje corto puede ser causado por baja carga de refrigerante lo que hace que el compresor entre en ciclo por el presostato de baja presión, por el estrecho ajuste en el diferencial del termostato de control, por las condiciones de carga mínima, etc. Todas esas condiciones son acompañadas de una baja masa de flujo de refrigerante lo que, por su vez, resulta en baja velocidad del gas.



**Figura 49. Comparación de pistón con pérdida de aceite.**

- **Aceite color amarillo claro.**

Un aceite sometido ligeramente a una sobre temperaturas, devanado trabajando con sobre corriente.



**Figura 50. Aceite amarillo**

- **Aceite color naranja, café oscuro.**

Aceite expuesto a una sobre temperatura muy elevada.



**Figura 51. Aceite negro**

- **Aceite color negro.**

Procedencia de partículas de metal del compresor debido a desgaste, además, de partículas del estator del compresor debido a una que madura de una o de las bobinas del devanado.



**Figura 52. Fallas por quema de aceite**

- **Incremento de presión en el cárter.**

Aumento de la presión en cárter, debido a; desgaste de los anillos. Incremento en la presión del cárter que impide el retorno del aceite del lado del motor.



**Figura 53. Aceite recalentado.**

- **Altas temperatura de descarga.**

Esto es el resultado de las altas temperaturas en las cabezas y cilindros del compresor de forma tal que el aceite pierde su habilidad para lubricar.

Algunas causas de esta falla son:

- Elevadas relaciones de compresión.
- Altas temperaturas en el gas de retorno.

- Enfriamiento inadecuado del compresor.
- Selección del refrigerante equivocado.

Las elevadas relaciones de compresión son el resultado de:



Para controlar este problema se debe de realizar lo siguiente.

- Aislar la tubería de succión.
- Mantener limpio el serpentín del condensador.
- No sobre cargue de gas el sistema de refrigeración.
- Haga un vacío correcto.

Una pregunta que nos puede surgir es porque es necesario hacer un vacío correcto en un sistema de refrigeración.

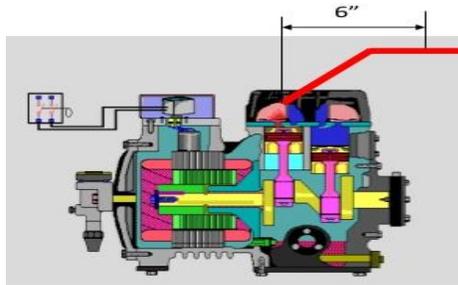
1. Ocasiona que suba la temperatura en el lado de alta presión del sistema.
2. La válvula de la descarga se calienta más de lo normal.
3. Se forman solidos orgánicos que ocasionan fallas en el compresor.



**Figura 54. Aceite quemado.**

- **Tome la temperatura.**

La temperatura del cilindro se toma a 6" de distancia de la válvula de descarga estará entre 25°y 32° más fría de la lectura que se tome.



**Figura 55. Toma de Temperatura en un compresor**

Además, no debemos olvidar:

- ✓ 135 C° falla segura del compresor.
- ✓ 120 C° nivel de peligro.
- ✓ 107 C° nivel máximo seguro de operación.

Estas son algunas causas.

- Elevadas relaciones de compresión.
- Altas temperaturas en el gas de retorno.
- Enfriamiento inadecuado del compresor.
- Selección del refrigerante equivocado.

La baja presión de succión se debe a:

- Baja carga térmica
- Problemas con el evaporador.
- Operación por abajo del diseño.

La alta presión de líquido se debe a:

- Condensador sucio.
- Temperaturas ambientales altas.
- Ventilador del condensador.
- No condensables.

Efectos de muy altas temperaturas relaciones de compresión.



*Figura 56. Efecto de alta temperatura.*

### **Desequilibrio de corriente entre fases** [20]

- Cálculo del promedio, desviación máxima y desequilibrio porcentual.
- Desequilibrio de voltaje: implica desequilibrio de corriente.
- Desequilibrio de corriente: no es necesariamente generada por desequilibrio de voltaje.
- Posibles causas: falsos contactos.

### **Efectos del desequilibrio de amperaje** [20]

$$V_n * A_c = V_m * A_m.$$

Donde:

Vn= Voltaje nominal.

Vm= Voltaje medio.

Ac= Consumo de Amper corregido.

Am= Consumo de Amper Medio.

An= Consumo de Amper Nominal (de tablas).

$$Ac = \frac{(Vm * Am)}{Vn(\text{consumo en Amper con voltaje nominal})}$$

$$Ac = An \pm 10\%$$

- **Causas posibles de bajo consumo de energía  $Ac < (An-10\%)$  [20]**
  - Bielas rotas.
  - Lengüetas o válvulas rotas. Lengüetas que fugan (deformadas por retornos de líquido).
  - Anillos gastados.
  - Empaquetaduras sopladas.
- **Causas posibles de alto consumo de corriente  $Ac \geq (An + 10\%)$ .**
  - Fricción interna.
  - Capacitor de marcha defectuoso.
  - Excesivo nivel de aceite.
  - Bajas aislación.
  - Bajo voltaje.

#### 2.3.2.5 Contaminación del sistema. [25]

Es aquel agente extraño que se presentan con el desgaste excesivo provocado por el daño mecánico del motor o por el recalentamiento.

**Humedad.**

La presencia de agua en forma de humedad en un sistema frigorífico puede llevar a otras contaminaciones debido a la formación de oxidación, a la corrosión, a la descomposición del refrigerante, o a la deterioración en general. Aliándose a cada uno de esos problemas con el consecuente daño que podrá ocasionarse con su presencia, otras fallas podrán tornarse obvias. Calor excesivo por motivo de la fricción, encobrado (copper plating) y desgaste innecesario de las superficies de precisión en contacto, todo eso puede estar unido a ese contaminante.

**Suciedad en la instalación.**

Es consecuencia de la falta de cuidado de la instalación del sistema o de cualquier otra intervención que se haya realizado.

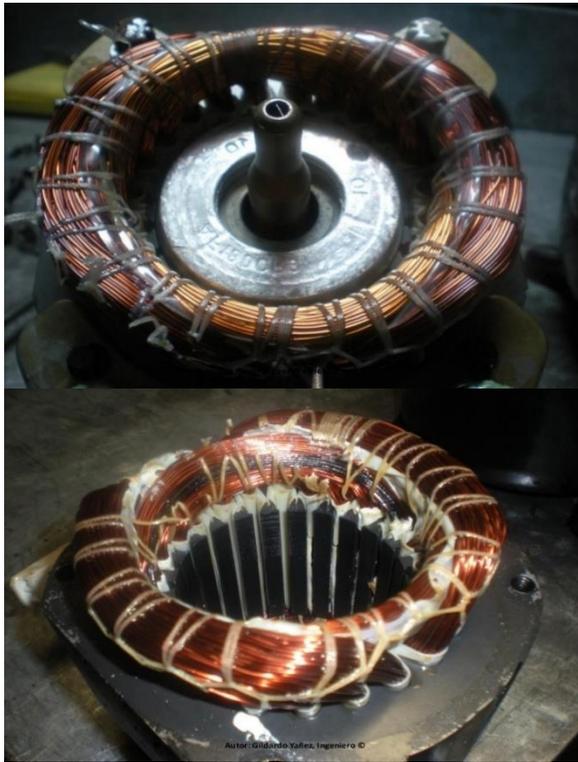
**Aire y humedad.**

Combinando estos dos elementos y los gases refrigerantes con cloro (R-22) obtenemos.

1. Ácidos.
2. Lodos.

Provocan fallas prematuras en los compresores de refrigeración.

¿Qué pasa si se hace vacío con el compresor? Se daña el aislante de la bobina del compresor desde el arranque.



**Figura 57. Fase de arranque quemada**

### **2.3.2.6 Problemas eléctricos [20]**

La primera reacción de todos los técnicos de mantenimiento al ver por primera vez una quema de motor en un compresor es juzgar que, o el motor o algún componente del sistema eléctrico falló. Aunque a veces es difícil de probar, ese no es generalmente el caso. La mayoría de las quemas de motor producidas están relacionadas con el sistema frigorífico, tales como las áreas anteriormente discutidas. Todas las tentativas deben hacerse para determinar la causa de la falla, antes de pensar que el motor estaba con problemas. Si el dispositivo de protección del motor INT69 y otras protecciones eléctricas que puedan existir, tales como: relé de sobrecarga, disyuntor motor, relé de falta de fase, etc.,

estaban funcionando adecuadamente, es extremadamente difícil que una falla catastrófica se deba apenas a medios eléctricos.

### **Causas de Quemadas Completas [20]**

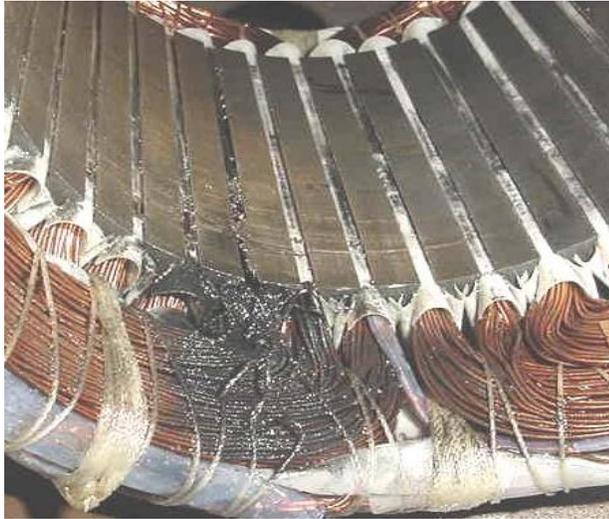
Cuando todas las fases del motor están quemadas, verifique el compresor para ver si está libre. Si el compresor está libre y parece estar en razonables condiciones de funcionamiento la causa del problema puede ser eléctrica. El análisis eléctrico deberá iniciarse con la verificación de la tensión eléctrica y del desequilibrio de fase. La tensión eléctrica deberá estar dentro de más o menos un 10% de la tensión de placa del compresor y el desequilibrio de fase no deberá exceder el 2%.



**Figura 58. Embobinado quemado completamente**

### **Puntos Quemados (Quemas Localizadas).**

Fragmentos de metal resultante de la falla mecánica pueden quedar alojados en los embobinados del motor. Ahí pueden funcionar como herramienta de corte, causando daño a lo aislamiento del motor.



**Figura 59. Ejemplo de quema localizada en el embobinado.**

Una quema localizada como esa puede llevar semanas o meses después de un compresor recuperado haber sido reinstalada en el equipamiento. Las partículas metálicas quedan en el motor hasta que alcancen una posición donde puedan causar daños.

### **2.3.2.7 Temperatura de descarga elevada.**

Se produce al trabajar con un valor elevado del súper-calentamiento del gas en la succión del compresor. Esto trae como resultado la carbonización del aceite lubricante y la consecuente rotura mecánica del compresor.

Las fallas por calor excesivo, las cuales provocan quemaduras del compresor, contemplan:

- Sobrecalentamiento: éste se produce cuando la temperatura del gas de succión al compresor resulta elevada.

- Bajo voltaje: si el compresor trabaja con bajo voltaje se genera un aumento de corriente eléctrica (amperaje), provocando calentamiento en los devanados y daño del aislamiento.
- Falta de refrigerante: si al embobinado no le llega vapor de refrigerante suficiente para eliminar el calor que desprende, el compresor se sobrecalentará.
- Obstrucciones en el evaporador y falta de ventilación: bajo estas condiciones el sistema tendrá baja presión de succión o muy alta presión en la cabeza del compresor, con lo que la temperatura de descarga del compresor resulta excesiva.

Una vez que hayamos experimentado alguna falla en nuestro compresor de refrigeración, la vida del compresor recuperado dependerá del cuidado y la limpieza del sistema.

Es importante que hagamos una instalación adecuada, con los componentes correctos, y realizar un buen mantenimiento a nuestro equipo para asegurar el máximo rendimiento.

**Tabla 6. Fallas más comunes en los compresores y sus correcciones.**

<b>Tipo de falla.</b>	<b>Síntoma.</b>	<b>Comentario.</b>	<b>Corrección.</b>
<b>Arranque Inundado</b>	Bujes y bielas gastadas, desgaste de pistones y cilindros en la parte inferior, cigüeñal desgastado.	Esto es el resultado de que el refrigerante arrastra el aceite de las superficies. Migración de refrigerante saturado hacia el cárter durante el ciclo de apagado. Cuando el compresor inicia su funcionamiento, el aceite diluido no puede lubricar adecuadamente el cigüeñal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se instala el compresor en ambientes calientes o sistema de auto-evacuado continuo como control de arranque y paro.</li> <li>• Se verifica la operación del calefactor del cárter.</li> </ul>
<b>Regreso de líquido</b>	Síntomas en el compresor enfriado por refrigerante: Arrastre del rotor, estator en corto circuito. Bujes desgastados.	Esto es el resultado de regreso de refrigerante líquido al compresor durante el ciclo de funcionamiento. El aceite se diluye con el refrigerante al punto de no poder lubricar, como el aceite viaja a través del	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenga un sobrecalentamiento adecuado en el compresor y en el evaporador.</li> <li>• Prevenga el retorno incontrolado de líquido con</li> </ul>

Tipo de falla.	Síntoma.	Comentario.	Corrección.
	rayadas o quebradas. Cigüeñal rayado.	cigüeñal la lubricación resulta insuficiente para lubricar las bielas y el buje principal. Esto puede provocar el arrastre del rotor y provocar un corto circuito en el estator.	<p>un acumulador si es necesario.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrija condiciones anormales de baja carga.</li> <li>• Revise el ciclo de deshielo.</li> <li>• Verifique que la válvula de termo-expansión o el tubo capilar no sea de una capacidad mayor a la requerida.</li> </ul>
<b>Alta temperatura en la descarga</b>	Plato (s) de válvulas descoloridos (no pueden limpiarse). Flappers recalentados o quemados. Anillos y pistones desgastados. Cilindros desgastados.	Esto es el resultado de altas temperaturas en las cabezas y cilindros del compresor de forma tal que el aceite pierde su habilidad para lubricar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corregir condiciones anormales de baja carga.</li> <li>• Aislar la tubería de succión.</li> <li>• Verifique la limpieza del condensador, falla del ventilador del</li> </ul>

Tipo de falla.	Síntoma.	Comentario.	Corrección.
	<p>Bielas, bujes y cigüeñales rayados. Quemaduras en el estator.</p>		<p>condensador y temperatura ambiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique el aire alrededor en el caso de los compresores enfriados por aire.</li> </ul>
<b>Golpe de líquido</b>	<p>flappers, biela o cigüeñales rotos. Pernos de descarga flojos o sueltos. Juntas rotas.</p>	<p>El golpe de líquido es el resultado de tratar de comprimir líquido en los cilindros. El líquido puede ser aceite o refrigerante y en la mayoría de los casos, una mezcla de ambos. El golpe de líquido es principalmente el resultado de la migración de refrigerante líquido.</p>	

Tipo de falla.	Síntoma.	Comentario.	Corrección.
<b>Falta de aceite</b>	Bujes rayados, Bielas quebradas. Cigüeñal rayado. Bajo nivel de aceite en el cárter. Esto es el resultado de insuficiencia de aceite en el cárter para lubricar adecuadamente los mecanismos en movimiento.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique el tamaño de las tuberías y de las trampas de aceite.</li> <li>• Verifique un deshielo insuficiente.</li> <li>• Corrija condiciones anormales de baja carga.</li> <li>• Elimine los ciclos cortos.</li> <li>• Verifique posible falla en el control de falla de lubricación</li> </ul>
<b>Quemadura del embobinado de trabajo</b>	Solo el embobinado de trabajo está quemado en un motor de una sola fase.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revise el relevador</li> <li>• Verifique el capacitor de trabajo.</li> </ul>

Tipo de falla.	Síntoma.	Comentario.	Corrección.
<b>Quemadura del embobinado de arranque</b>	Sólo el embobinado de arranque del motor de una sola fase está quemado debido a una corriente excesiva a través del embobinado de arranque.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revise el alambrado del común, arranque y de trabajo.</li> <li>• Revise el capacitor de arranque y/o el relevador de arranque.</li> <li>• Revise sobrecarga en el compresor.</li> </ul>
<b>Quemadura de la mitad del embobinado</b>	La mitad o todas las fases en un compresor de doble devanado se sobrecalentaron o se quemaron como resultado de que uno de los contactores se abrió.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambiar el o los contactores por unos de la capacidad correcta.</li> <li>• Revisar un posible regreso de corriente o un contactor cerrado.</li> </ul>

Tipo de falla.	Síntoma.	Comentario.	Corrección.
<b>Quemadura de una sola fase</b>	<p>Esto se mostrará como una sola fase quemada. Las otras dos están bien. Esto es el resultado de la pérdida de una fase en el primario de un transformador.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revise los voltajes de entrada y salida del transformador.</li> <li>• Revise los contactos del contactor</li> </ul>
<b>Quemadura general uniforme</b>	<p>Todas las bobinas están quemadas o sobrecalentadas</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar que el voltaje esté correcto</li> <li>• Revisar que el voltaje no esté desbalanceado</li> <li>• Revisar en el caso de los enfriados por aire por un flujo de aire inadecuado</li> </ul>

Tipo de falla.	Síntoma.	Comentario.	Corrección.
<b>Punto caliente o un punto quemado</b>	Una quemada localizada en un punto, entre bobinas, o entre bobinas y tierra.	Este no es el resultado de una falla mecánica, revisar por parpadeos o bien subidas o bajadas de voltaje.	
<b>Terminales en corto circuito</b>	Una fractura o pérdida de aislamiento entre las terminales y el cuerpo del compresor.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generalmente se debe a un sobre apriete en los tornillos de las terminales.</li> </ul>

**Tabla 7. Fallas eléctricas.**

Falla.	Síntoma	Causas	Comentario.
<b>Rotor bloqueado.</b>	La temperatura de la bobina auxiliar aumenta rápidamente al igual que la corriente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Sistema no está con las compresiones equilibradas. (solo para compresores LST)</li> <li>• Defectos mecánicos del compresor.</li> <li>• Tensión de red alta.</li> <li>• Capacitor de partida defectuoso o capacitancia inadecuada.</li> </ul>	
<b>Bobina de partida operando</b>	Este problema se asemeja bastante al caso anterior de “motor bloqueado” con la única diferencia que no existe consumo por la bobina auxiliar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bobina auxiliar no operando.</li> <li>• Defectos en el relay</li> </ul>	Esto puede ser detectado, midiendo la resistencia de la bobina auxiliar y probando los o combinando los otros componentes.

---

<p><b>El compresor parte, pero el protector térmico actúa inmediatamente después de la partida.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobrecarga en el motor.</li> <li>• Operación anormal del relay o protector térmico.</li> </ul>	<p>Cuando las presiones y temperaturas estén ecualizadas y se ponga en marcha el sistema.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tensiones muy arriba de las recomendables.</li> <li>• Mala selección de relay o la utilización de compresores con corriente de desconexión muy baja.</li> <li>• El protector térmico sea muy sensible y actúe prematuramente en función a la carga en el motor.</li> </ul>	<p>De esta manera se presentará la sobrecarga. La operación defectuosa del relay provoca la no desconexión de la bobina auxiliar, haciendo que el protector térmico se active.</p>
---	---	---	--

---

Falla.	Síntoma	Causas	Comentario.
<b>Protector térmico actúa durante el funcionamiento.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la temperatura.</li> <li>• Aumento del consumo de corriente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura ambiente elevada.</li> <li>• Presión de condensación alta.</li> <li>• Poca ventilación en el compresor.</li> <li>• Sobretensión.</li> <li>• Alta presión en el evaporador.</li> <li>• Aumento de la presión de evaporación.</li> <li>• Aumento de la presión de condensación.</li> <li>• Sobretensión.</li> </ul>	De acuerdo con la manera que el protector opera, la corriente de conexión siempre está relacionada con la temperatura del cuerpo del compresor.

**Tabla 8. Fallas y procedimientos.**

falla	Razones.	Procedimiento.	Instrumentos a utilizar.
<b>El compresor no parte, el protector no actúa.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta el termostato conectado.</li> <li>• Hay tensión en la red.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique si hay tensión en las terminales del compresor.</li> <li>• Verificar si hay tensión en los terminales del termostato.</li> <li>• Retire los terminales del compresor, verifique si hay interrupción entre los terminales “común” y “funcionamiento” como alternativa.</li> <li>• Pruebe hacer partir el compresor sin relé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luz de prueba.</li> <li>• Ohmímetro.</li> <li>• Tenazas.</li> </ul>
<b>El protector térmico actúa después del arranque o durante la operación.</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique el voltaje de la red, así como el del compresor.</li> <li>• Verificar los componentes electrónicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltímetro.</li> <li>• Luz de prueba.</li> <li>• Ohmímetro.</li> <li>• Tenazas.</li> </ul>

falla	Razones.	Procedimiento.	Instrumentos a utilizar.
El protector térmico actúa después del compresor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interrupción del circuito de partida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar el embobinado auxiliar.</li> <li>• Revisar el relay de partida y el capacitor de arranque.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltímetro.</li> <li>• Ohmímetro.</li> <li>• Mangueras.</li> </ul>
El compresor parte más el protector actúa inmediatamente después de la partida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotor bloqueado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar si el bloqueo es por partes mecánicas.</li> <li>• Para compresores HST revisar las presiones verificar si estas están equilibradas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manómetros.</li> <li>• Luz de prueba.</li> <li>• Tenazas.</li> </ul>
El protector actúa durante la operación			
El protector actúa después de que el compresor arranca, pero no continúa la operación.			

falla	Razones.	Procedimiento.	Instrumentos a utilizar.
<b>Protector actúa durante la operación.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta carga de trabajo.</li> <li>• Alto voltaje de línea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir las temperaturas de la superficie del evaporador.</li> <li>• Verifique el voltaje de línea.</li> <li>• Verifique las condiciones de temperatura alrededor del compresor y condensador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltímetro.</li> <li>• Amperímetro.</li> <li>• Termómetro.</li> </ul>

## 2.4 Instrumentos para verificación de fallas en los compresores [10]

Los instrumentos esenciales para la evaluación de los defectos en los compresores herméticos. La siguiente tabla muestra cada una de las fallas y los instrumentos necesarios para la verificación de este tipo de fallas:

**Tabla 9. Tabla de instrumentos.**

<b>Defectos</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Verificación del voltaje</b>	Voltímetro
<b>No parte interrupción o corto-circuito</b>	Luz de prueba, ohmímetro, dispositivo de partida manual
<b>El protector actúa inmediatamente</b>	Luz de prueba, ohmímetro, dispositivo de partida manual.
<b>Rotor bloqueado, presiones no ecualizadas, interrupciones en el circuito de partida</b>	Manómetros
<b>El protector actúa durante la operación.</b>	Amperímetro
<b>Voltaje y/o condiciones de temperatura inadecuadas.</b>	Vatímetro Voltímetro
<b>Dimensionamiento del sistema incorrecto</b>	Termómetro de contacto Manómetro
<b>Escapes para tierra</b>	Megohmetro
<b>Enfriamiento insatisfactorio</b>	Termómetro de contacto
<b>Defectos en los sistemas o refrigerador</b>	Manómetros Amperímetros Vatímetros

### 2.4.1 Voltímetro [10]

Dispositivo que permite realizar la medición de la diferencia de potencial o tensión que existe entre dos puntos pertenecientes a un circuito eléctrico.

Para la verificación de los defectos en los compresores, el voltímetro se utilizará midiendo el voltaje que es alimentado al compresor. El bajo voltaje que se produce en la red, influye en la partida del arranque del compresor. Para medir este bajo voltaje se puede realizar de la siguiente manera, tratar de no equilibrar las presiones en el compresor y este se comportará como un compresor LST. La lectura se deber realizar antes de la actuación del protector térmico.

El voltímetro también puede ser utilizado para las interrupciones en el sistema eléctrico. El instrumento debe ser dimensionado para que pueda ser medida la zona, considerándose un 10% de sobre-tensión.



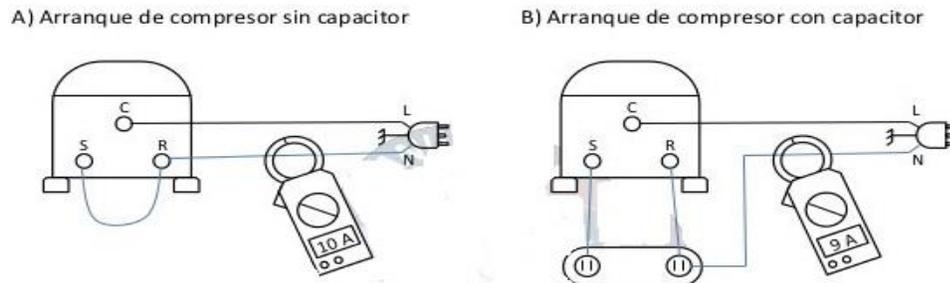
*Figura 60. Voltímetro análogo.*

### 2.4.2 Amperímetro [10]

Es un dispositivo que permite realizar la medición de los amperios que tiene la corriente eléctrica.

La aplicación del amperímetro en los compresores, es para estimar la carga del motor del compresor durante la operación, lo que produce que actué el

protector térmico, como se muestra en la fig.61. El amperímetro es un instrumento muy valioso para la localización de defectos en el sistema porque se encarga de verificar la carga del motor a través del consumo de corriente, lo que también ayuda a verificar y determinar muchos defectos como mucha carga de refrigerante, capacidad muy baja en el condensador, etc.

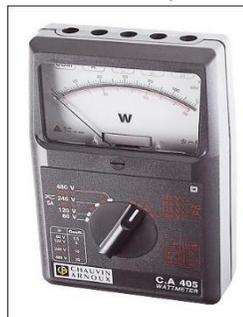


**Figura 61. Conexión de un amperímetro a un compresor**

### 2.4.3 Vatímetro. [10]

El vatímetro es un instrumento electrodinámico para medir la potencia eléctrica o la tasa de suministro de energía eléctrica de un circuito eléctrico dado. El dispositivo consiste en un par de bobinas fijas, llamadas bobinas de corriente o amperimétrico, y una bobina móvil llamada bobina de potencial.

Este instrumento no es necesario para la detección de defectos, ya que con la medida de la corriente es suficiente para considerar los defectos.



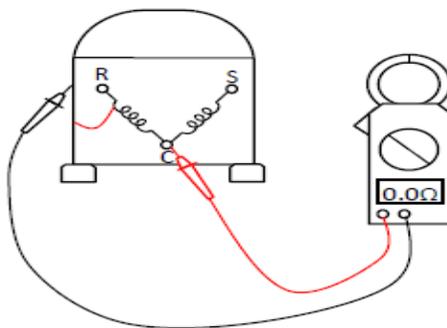
**Figura 62. Vatímetro**

#### 2.4.4 Ohmímetro. [10]

El aparato destinado a medir la resistencia de un conductor o de otro elemento, como una resistencia, al paso de la corriente.

El ohmímetro es utilizado esencialmente para la resistencia óhmica en las bobinas del motor. Conociendo el funcionamiento de las bobinas de partida y funcionamiento, verificando la resistencia posible y si una de las bobinas esta interconectada y una de ellas está en cortocircuito.

El instrumento debe estar conectado directamente en los terminales del compresor debiendo tener un buen contacto eléctrico, como se puede mostrar la conexión en la fig.63. La suma de las resistencias de la bobina secundaria y primaria, dan como resultado el mismo medido entre los terminales de las bobinas.



**Figura 63. Conexión del ohmímetro en el compresor**

El ohmímetro también puede ser usado también para medir la temperatura en las bobinas del motor. Para que esta medición con el ohmímetro tenga un buen contacto eléctrico a los terminales donde será conectado. Cuando la medición se realiza con el compresor funcionando, este debe ser conectado y la temperatura hecha en seguida.

La temperatura puede ser calculada de la siguiente forma:

$$T = \frac{RT - R_t}{R_t} * (234,5 + t) + t$$

<b>T= temp. Para caliente</b>	(a ser calculado)
<b>RT= resistencia para caliente</b>	(valor medido con el compresor)
<b>Rt = resistencia para frio</b>	(valor medido con el compresor frio o indicada por el fabricante del compresor)
<b>t=temperatura</b>	(temperatura ambiente en la cual fue medida la resistencia para frio o indicada)

El ohmímetro puede también ser utilizado con ciertos límites de precisión para medición de cortocircuitos entre fase y tierra conectándolo al terminal común, y de puesta a tierra del compresor.

El uso del ohmímetro para este propósito no es seguro, porque cuando existe indicación de que hay paso de corriente del motor para tierra, podemos asegurar que el compresor no está en buenas condiciones.

El ohmímetro no es absolutamente necesario para la detección de fallas, porque se pueden utilizar otros tipos de instrumentos, como luz de prueba, dispositivo de partida manual, etc.

#### **2.4.5 Megohmetro. [10]**

Es un aparato o instrumento que permite establecer la resistencia de aislamiento existente en un conductor o sistema de tierras. Funciona en base a la generación temporal de una sobrecorriente eléctrica la cual se aplica al sistema hasta que se rompe su aislamiento, al establecerse un arco eléctrico.

El Megohmetro se presta para pruebas de resistencia de aislamiento en el compresor. La prueba en el compresor es efectuada conectando el Megohmetro y uno de los contactos del terminal hermético en alguna parte no aislada, como por ejemplo en la tierra.

Mientras el Megohmetro mide con voltaje relativamente bajo (DC) la prueba de alta tensión presenta seguridad con los altos voltajes.

Comúnmente es recomendado que los compresores para 220V deben resistir al potencial de 1500V, por un segundo sin haber rotura de aislamiento.

#### **2.4.6 Luz de prueba. [10]**

Esta herramienta sirve para verificar si los cables o líneas eléctricas del compresor se encuentran en buen estado, también se utiliza para verificar la existencia de corriente o tierra en las mismas.

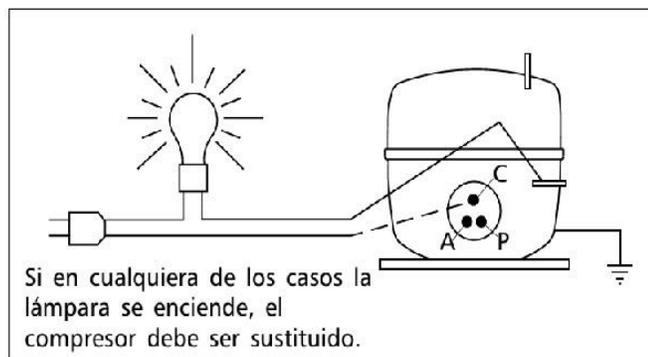
Cuando el cable de alimentación de la luz de prueba fuere conectado al tomacorriente, cortocircuitándose las puntas de pruebas, la luz naturalmente se encenderá.

La luz de prueba puede ser utilizada en un equipo eléctrico separado, como también el compresor u otra parte del circuito eléctrico. Uno de los terminales se puede conectar en uno de los terminales de la bobina principal o secundaria.

Si la luz no se enciende durante la prueba en una u otra bobina, indicara que tal bobina esta interrumpida. Mientras que, si la luz se enciende, la bobina estará conectada, mas no se estará seguro que la bobina no está cortocircuitada. Para comprobar esto es necesario utilizar un ohmímetro, como esta mostrado la conexión en la fig.64

La luz de prueba también se utiliza, para pruebas en las conexiones externas del circuito eléctrico, porque esta permite verificar todas las conexiones, detectando posibles interrupciones. Cuando la luz de prueba es utilizada para verificar escapes hacia tierra, se puede realizar de la siguiente manera:

Se debe de tener cuidado con el compresor, para que la punta de prueba que sale de la luz sea conectada al terminal común del compresor. Con la otra punta se toca el terminal de puesta a tierra del compresor. Si la luz enciende indica que el compresor esta en escape.



**Figura 64. Conexión de la luz de prueba**

#### **2.4.7 Dispositivo para sistemas de arranque. [10]**

Si el compresor no arranca, la falla debe ser buscada en una de las tres partes del circuito:

1. Suministro de energía
2. Circuito eléctrico del refrigerador
3. El compresor

Primeramente, se debe evaluar que aun este en buenas condiciones el compresor. Se puede conectar directamente a la red y así evaluar su funcionamiento. Para este propósito debe ser utilizado un dispositivo de sistema

de arranque. Este dispositivo debe ser usado solamente por personas entrenadas, porque un mal uso puede dar a una cristalización del esmalte del embobinado del motor.

Para la utilización de este tipo de dispositivo, se debe realizar de la siguiente manera:

Conecte el dispositivo en el compresor, asegurando que esté realizando un buen contacto eléctrico, en cuanto el cable del dispositivo esté conectado al toma corriente, la bobina estará alimentada.

En seguida se debe presionar el botón de partida de la bobina auxiliar, dejándolo conectado como máximo cinco segundos, si se pasa de este tiempo límite, la bobina secundaria puede quemarse.

Si el compresor no arranca, la alimentación deberá ser desconectada también de la bobina primaria antes de los 5 segundos desde su alimentación. Si el compresor arranca con este procedimiento, quiere decir que este está en buenas condiciones y el defecto debe ser buscado en el circuito eléctrico del refrigerador o en los componentes auxiliares del compresor.

#### **2.4.8 Termómetro para mediciones de temperatura de superficie. [10]**

Cuando se producen problemas en el sistema hermético de refrigeración, el termómetro de superficie, es usado para medir la temperatura en la superficie del evaporador, condensador y del mismo compresor.

Por lo tanto, para el uso de este tipo de termómetro, se deben admitir lecturas en los componentes antes mencionados entre un rango de -50 a 150°C. El aparato tiene respuesta lenta para ciertos valores, debiéndose esperar hasta que el puntero pare, para tomar la lectura.

Cuando se para el puntero, se produce cuando el termómetro alcanza la temperatura del objeto a tomar su lectura. Cuando se cambia el sensor de una superficie fría a una superficie caliente o viceversa, es cuando se realizan malas lecturas.

#### 2.4.9 Manómetros y termómetros. [10]

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local.

Para los sistemas de refrigeración, la mayoría de defectos tienen influencia característica en la presión de evaporación y condensación. Por esta razón se utiliza los manómetros, ya que con esto se verifica las presiones a ciertas temperaturas, donde se puede verificar si hay caídas de presión puede ser por fugas.

La medición de las presiones en los sistemas de refrigeración herméticos, involucran la abertura de estos. Para ser utilizada la válvula de trabajo, según como se muestra en la fig.65.



**Figura 65.** Manómetro con la válvula de trabajo.

En otros casos de defectos en sistemas, el tiempo de reparación puede ser reducido, dejando la válvula de trabajo en el sistema, después de completar el trabajo.

En estos casos, es necesario considerar la posibilidad de escurrimientos en las válvulas. Para mediciones en el refrigerador en el compartimiento del compresor o del aire alrededor del condensador, un termómetro de mercurio deberá utilizarse.

### 3. VARIABLES DE DISEÑO Y MODULOS DE MEDICIÓN PARA EQUIPO DE DIAGNOSTICO DE FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS



**Figura 66.** Diseño propuesto de banco de fallas.

Como damos a demostrar en la imagen, se realizó la construcción de un banco de pruebas para compresores herméticos de tipo portátil, que pueda desplazarse a cualquier lugar y a la vez que contenga los dispositivos más importantes para la toma de mediciones en los compresores.

#### 3.1 Instrumentos de medición del banco de pruebas

Se trata de realizarlo lo más adecuado posible para su facilidad de desplazamiento y sobre todo que cada componente este al alcance del usuario. Este tipo de banco de diagnóstico comprende los elementos básicos para las mediciones:

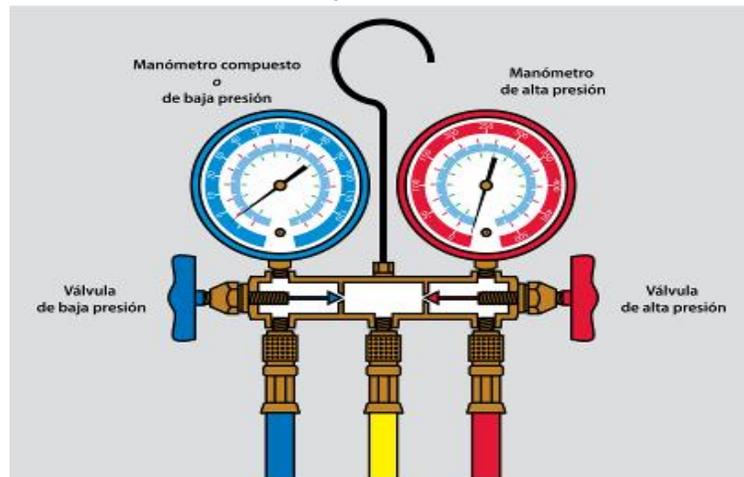
- Manómetros
- Voltímetro, amperímetro y ohmímetro
- Termómetro de contacto

- Herramientas para la facilidad del usuario (como llaves, corta tubo, llaves halen, pinzas, tenazas y probador de luz)
- Está compuesto por un armazón de tubo estructural de 1x1" de 2mm de espesor y una chapa de lámina N°12 de 1/32''

### 3.1.1 Manómetro. [22]

Los manómetros que se requieren para la medición en el compresor son de los comunes que se utilizan para los sistemas de refrigeración, ya que se requieren mayormente para caídas de presión en el compresor.

Este tipo de manómetro consta de dos caratulas, que mide presiones de alta y baja y están conectadas a cada válvula o nipple del juego de manómetros. Estos están identificados de acuerdo a un color, como se muestra en la fig.67, el manómetro azul mide presiones de baja, el manómetro rojo mide presiones de alta. El cuerpo o maniful de los manómetros están conectados las mangueras que están conectados por unos nipples. Estas están divididas también por colores a excepción de la manguera central que es de color amarillo, que esta se ocupa para crear un vacío en el compresor.



**Figura 67. Juego de manómetros.**

### 3.1.2 Mangueras. [7]

Las mangueras de servicio para carga, descarga y vacío, cuentan con un excelente rendimiento. Estas mangueras son flexibles y poseen una protección de barrera de nylon, y de humedad que proporciona resistencia máxima para evitar la migración de humedad que contamina refrigerantes costosos y asegura una larga vida útil. Poseen también pequeños orificios para evitar se generen burbujas y revienten. Estas mangueras tienen identificación de color y conexiones de latón de 1/4" SAE y 1/2" ACME.



**Figura 68. Mangueras de servicio.**

Este tipo de mangueras también pueden estar caracterizadas de acuerdo al tipo de refrigerante que se desea usar. Como para las pruebas que se realizaran en el compresor se utilizara para refrigerante R-134a, se tiene de acuerdo a la siguiente tabla el tipo de manguera:

**Tabla 10. Modelos de mangueras de servicio.**

Modelo	Unidad	Refrigerante	Conexión	Colores	Longitud pulg (mt)
VA-336-134-RYB	JUEGO	R-134A, R-404 <sup>a</sup> , R-507	¼ SAE (FLARE) 45°	ROJO, AMARILLO Y AZUL	36" (0.90)
VA-360-134-RYB			Hembra X ¼ SAE (FLARE) Recta hembra.		60" (1.50)
VA-372-134-RYB					72" (1.80)
VA-336-410-RYB		R-410A	¼ SAE (FLARE) 45°	ROJO, AMARILLO Y AZUL	36" (0.90)
VA-360-134-RYB			Hembra X ¼ SAE (FLARE) Recta hembra.		60" (1.50)
VA-372-134-RYB					72" (1.80)

De acuerdo a la tabla se ocuparán mangueras de 36" de longitud y ¼" de diámetro SAE. Con estas características se cumplen los requerimientos para poder realizar mediciones de presiones, carga y extracción de aceite del compresor.

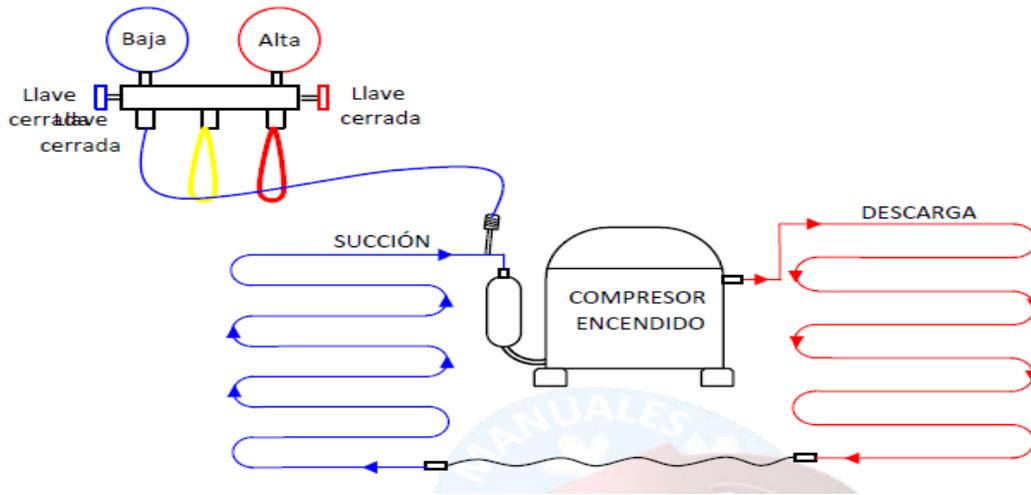
### 3.1.3 Conexiones o nipples. [7]

Las conexiones o adaptadores para sistemas de refrigeración alternativos se ocupan en las conexiones de las mangueras al manifold y a las tuberías de servicio en el compresor. Funcionan con bombas de vacío, colectores y tanques de recuperación. Estos conectores son diseñados y fabricados con estrictos estándares para la industria, siendo muy eficiente su uso.



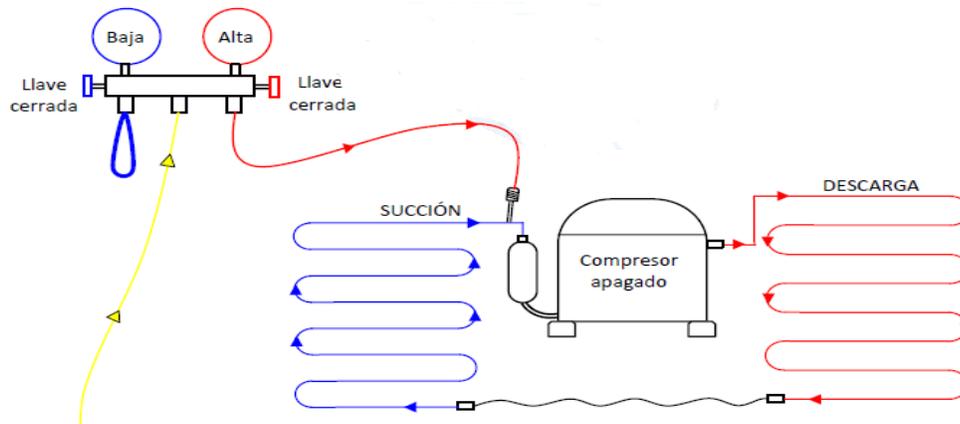
**Figura 69. Conector o nipple de manguera.**

Para la toma de mediciones de presiones en el compresor, se debe de seguir de acuerdo al siguiente diagrama conectando las mangueras a las tuberías de servicio.



**Figura 70. Conexión para medición de presiones.**

Para la toma de fugas o revisión extracción propia del aceite se ocupa una bomba de vacío en algunos casos o se debe de cortar las tuberías con un corta tubo y solo voltear el compresor para extraer el aceite. Para este caso se utiliza el siguiente diagrama para revisión de fugas en el compresor o en el sistema de refrigeración



**Figura 71. Conexión para toma de fugas.**

### 3.1.4 Equipo de medición de corrientes y voltajes

En esta parte del diseño propuesto para las mediciones de fallas en los compresores herméticos, se tiene que tener en cuenta las mediciones en el circuito eléctrico del funcionamiento del compresor, ya que como se demostró en el capítulo anterior existen fallas eléctricas. Por lo tanto, se deben realizar mediciones con los instrumentos adecuados y evitar que componentes como relés, capacitores o el motor eléctrico propio del compresor falle.

#### - VOLTÍMETRO ANALOGO

El voltímetro análogo es un instrumento se caracteriza por estar encapsulado en una pequeña caja transparente, en su interior se encuentra una aguja la cual va recorriendo una escala de valores. Para el banco de pruebas móvil se desea instalar uno de este tipo por la facilidad de colocarlo como en un tablero electrónico y solo sacar las líneas de toma de datos.



**Figura 72. Voltímetro análogo AC**

Se utilizará un voltímetro de corriente alterna por las mediciones que se realizarán en el compresor y con un rango de 300 voltios para el voltaje de arranque y de marcha.

## - AMPERIMETRO ANALOGICO

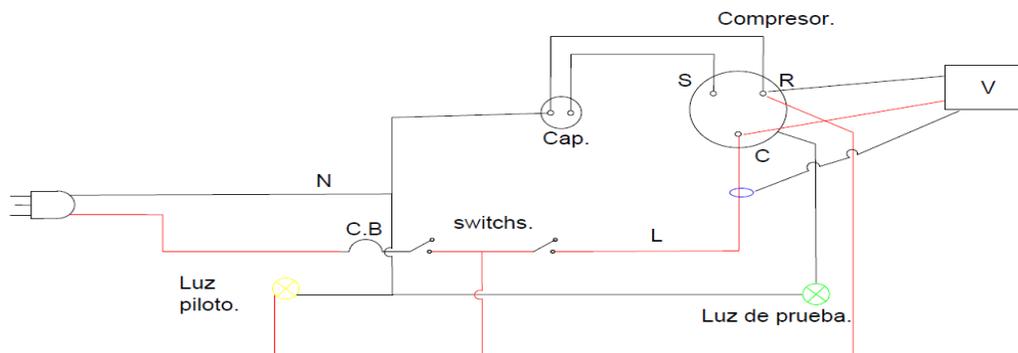
Es un dispositivo o instrumento eléctrico que se utiliza para medir la carga de consumo en amperes. La medición es a través del desplazamiento de una aguja que está sujeta con un eje para su movimiento, este movimiento se ejecuta a través de un embobinado que es el que recibe el voltaje acompañado de su potencia que es el amper.

Este es el instrumento en medición eléctrica que nos brindara la información necesaria de amperios que podría estar consumiendo el compresor y a partir de eso verificar si existe alguna falla.



**Figura 73. Amperímetro analógico AC**

Con los componentes para las pruebas eléctricas en los compresores, se realizará de la forma como se representa en el diagrama eléctrico.



**Figura 74. Conexión eléctrica del equipo.**

Donde se muestra como están conectados el voltímetro para realizar la prueba de voltaje, la luz de prueba para la prueba de puesta a tierra, el capacitor de arranque y cada uno de los componentes eléctricos como la luz piloto, el interruptor de circuito y los interruptores de encendido.

### 3.1.5 Termómetro digital de contacto

El termómetro digital se utilizará para mediciones de temperatura en carcasa de compresor y a partir de ese dato obtener rangos de temperaturas ideales de trabajo de compresor o verificar si existe alguna falla por altas temperaturas que pueden ser ocasionadas debido a refrigerantes o aceite mezclados en combustión. El termómetro que se instalara en el banco de pruebas puede ser de tipo alimentado con conexión eléctrica o tipo de bolsillo utilizando baterías.



*Figura 75. Termómetro de contacto*

### 3.1.6 Kit de refrigeración

Para el banco de pruebas en compresores herméticos, se requiere también de un equipo auxiliar si el compresor se encuentra con defectos y sea

necesario reemplazarlo. Para dicho procedimiento se incorporará un kit de refrigeración que ayude al usuario para el momento de realizar alguna prueba y sea necesario cortar tuberías o que estas estén dañadas. Para esto se dispondrá del siguiente equipo:



Muelles para Doblartubos		
Modelo	Descripción	Para diámetros
W-163	Juego muelles dobla tubo	3/8" - 1/2" - 5/8"
W-102	Muelle dobla tubos	3/4"

Doblartubos			
Modelo	Para Ø tubo	Radio curvatura (mm)	Bend radius
TB-364-04	1/4"	14,2	9/16"
TB-364-06	3/8"	24	15/16"
TB-364-08	1/2"	38,1	1-1/2"
TB-364-10	5/8"	57	2-1/4"
TB-364-12	3/4"	76	3"

Abocardadores		
Modelo	Descripción	Para diámetros
W275L	Abocardador ensanchador	1/8"-3/16"-1/4"-5/16"-3/8"-1/2" +5/8"-3/4"
W525	Abocardador universal	3/16" + 5/8" 4,7 + 16 mm
W810A	Abocardador excéntrico carraca	1/4"-5/16"-3/8"-1/2"-5/8"-3/4"

Cortatubos		
Modelo	Cuchilla recambio	Para diámetros
W127	W127B	1/8" + 5/8" 4 + 16 mm
W274	W274B	1/8" + 1 1/8" 4 + 28 mm

Llaves de Chicharra	
Modelo	
Llave de chicharra mod. 127-C	

**Figura 76.** Kit de herramientas para refrigeración.

### 3.1.7 Estructura del banco de pruebas

En la estructura o armazón interna del banco de pruebas, estará compuesto de tubo estructural de 1" con espesor de 2mm para que sea resistente y a la vez facilite al usuario al desplazar el equipo.



**Figura 77. Tubo estructural de 1".**

Las características más importantes de este tipo de tubo son: Tubo estructural cuadrado 6 mt.1" ancho (25 mm) Chapa 14" (1.8 mm) Hierro negro. Para la lámina que será parte de lo exterior del banco de pruebas, estará compuesta de lámina chapa N°16 de 1/32" de espesor, para dar fijeza y buena apariencia al banco portátil.



**Figura 78. Lamina de hierro negro de 1/32 ".**

### **3.2 Variables de diseño**

Se propone realizar un diseño de un equipo de diagnóstico para determinar fallas en compresores herméticos la cual contara con diferentes dispositivos para la correcta medición de las fallas en los compresores.

Este contara con los siguientes elementos: amperímetro, voltímetro, termómetro de contacto y manómetros para verificación de presiones. Con los cuales se realizarán diferentes mediciones para diagnosticar las posibles fallas de los compresores herméticos.

Además, se cuenta con un banco de compresores herméticos en los cuales se realizarán las prácticas de fallas.

A continuación, se presentan algunos parámetros a tomarse en cuenta para la elaboración y selección de compresores herméticos.

- **El protector térmico. [3]**

El protector térmico tiene la función de proteger contra:

- Sobrecarga
- Baja tensión
- Bloqueo del motor
- Corto circuito
- Falta de rendimiento



**Figura 79. Protector térmico.**

Consideraciones sobre el protector térmico externo:

- Censa la corriente del motor y la temperatura del cárter o la combinación de ambos.
- Cuando se acciona, inhabilita la alimentación eléctrica del motor.
- Generalmente no protege ante la pérdida de gas.
- Están diseñados para compresores específicos. No se deben realizar sustituciones de los mismos.
- No protege al compresor si el mismo opera por fuera de su rango de evaporación

- **Capacitor de arranque.** [2]

Su función es aumentar la robustez del arranque de los compresores. Eso explica por qué son utilizados obligatoriamente en compresores HST (alto torque de arranque). Los modelos con bajo torque de arranque (LST) son proyectados sin considerar su utilización como obligatoria, pero algunos de ellos cuentan con capacitor de arranque, pues eso facilita el arranque del compresor en condiciones de subtensión.

En situaciones en las cuales los sistemas de refrigeración pueden arrancar con una diferencia presiones, también se recomienda el uso del capacitor de arranque, pues se exige un esfuerzo extra del compresor en el momento del arranque.



**Figura 80. Capacitores de arranque para compresor hermético.**

Estos se utilizarán para forzar el arranque de algunos compresores herméticos, a continuación, se muestra una tabla con las diferentes capacidades de capacitores. [4]

**Tabla 11. Capacitores electrolíticos para arranque de motores monofásicos en 110 y 220 V.C.A**

CAPACIDAD (uf)	APLICACIÓN
<b>60 - 70</b>	Motores de 1/8 HP
<b>70 - 90</b>	Motores de 1/6 HP
<b>80 - 100</b>	Motores de 1/6 HP
<b>100 - 120</b>	Motores de 1/5 HP
<b>120 - 140</b>	Motores de 1/4 HP
<b>140 - 160</b>	Motores de 1/3 HP
<b>170 - 190</b>	Motores de 1/2 HP
<b>190 - 210</b>	Motores de 1/2 HP
<b>210 - 240</b>	Motores de 1/2 HP
<b>240 - 270</b>	Motores de 3/4 HP
<b>270 - 310</b>	Motores de 3/4 HP
<b>320 - 360</b>	Motores de 1 HP

A continuación, se muestra un cuadro resumen de algunas características importantes a tomar en cuenta en los compresores herméticos a utilizarse para

las prácticas y uso adecuado del equipo de diagnóstico para determinar fallas en compresores herméticos.

- **Para moto compresores de 1/8 hp [19]**

**Tabla 12. Especificaciones de compresores de 1/8 con R-12**

Gas refrigerante	<b>R12</b>
Rango de temperatura	Baja LBP 420 BTUH
Características eléctricas	115v, 1 fase (monofásico), 60 Hz
Consumo de amperaje	1.45 A
Consumo de watts	114 W
Tipo de motor	LST / RSIR-CSIR
Elemento de control	Sistema de control con tubo capilar
Temperatura de evaporación	LBP - 35 °C HASTA - 10 °C
Sistema de arranque	Con PTC o relé amperimetrico

**Tabla 13. Especificaciones de compresores de 1/8 con R-134a**

Gas refrigerante	<b>R134a</b>
Rango de temperatura	Baja LBP 375 BTUH
Características eléctricas	115v, 1 fase (monofásico), 60 Hz
Consumo de amperaje	1.21 A
Consumo de watts	90 W
Tipo de motor	LST / RSIR-CSIR
Elemento de control	Sistema de control con tubo capilar
Temperatura de evaporación	LBP - 35 °C HASTA - 10 °C
Sistema de arranque	Con PTC o relé amperimetrico



Figura 81. Compresor de 1/8 HP

- para moto compresores de ¼ hp [19]

Tabla 14. Especificaciones de compresores de 1/4 con R-12

Gas refrigerante	<b>R12</b>
Rango de temperatura	Media MBP 1850 BTUH y alta HBP 2770 BTUH
Características eléctricas	115v, 1 fase (monofásico), 60 Hz
Consumo de amperaje	4.25 A
Consumo de watts	383 W
Tipo de motor	LST / RSIR
Elemento de control	Sistema de control con tubo capilar
Temperatura de evaporación	MBP - 35 °C HASTA - 5 °C
Sistema de arranque	Con PTC o relé amperimetrico

**Tabla 15. Especificaciones de compresores de 1/4 con R-134a**

Gas refrigerante	<b>R134a</b>
Rango de temperatura	Media MBP y alta HBP 3220 BTUH
Características eléctricas	115v, 1 fase (monofásico), 60 Hz
Consumo de amperaje	4.78 A
Consumo de watts	418 W
Tipo de motor	HST / CSIR
Temperatura de evaporación	MBP - 35 °C HASTA - 5 °C
Sistema de arranque	Con capacitor de arranqué

**Figura 82. Compresor de ¼ HP**

#### 4. CONSTRUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS

En el proceso de construcción del banco de pruebas portátil para detección de fallas en los compresores de refrigeración, se utilizaron materiales adecuados para una mayor facilidad de desplazar el equipo y que resultara de la forma más factible para el usuario.

Este proceso se dividió en tres partes las cuales son:

1. Estructura metálica (cuerpo del banco de pruebas)
2. Módulos de medición
3. Accesorios de conexión y montaje

##### 4.1 Construcción de estructura metálica

El equipo e insumos que se utilizó para la fabricación de la armazón de tubos y los cortes en las láminas:

**Tabla 16 Herramientas utilizadas para construcción**

Pulidora mecánica	Limas plana y redonda
Cinta métrica	Brocas de 1/8", 1/4", 5/16"
Taladro de mano	Martillo de bola
Prensa de banco	Cangrejas de 8"
Equipo de soldadura de arco	Dobladora de lamina
Electrodo revestido 6013	

**Tabla 17. Insumos y material utilizado en construcción.**

Lamina hierro negro de 1/32''	Base anticorrosiva 1/4''
Tubo cuadrado estructural de 1''	Pintura automotriz color azul 1/4''
Rodos de 4'' y llantas de 20 mm	Pintura automotriz color negro
Caño de 3/4'' galvanizado	

En la siguiente figura se muestra el proceso de armado y construcción de la parte estructural del equipo de diagnóstico

**Figura 83. Construcción de estructura metálica**

Para la fabricación de la estructura del banco de pruebas, se realizaron los procesos de acuerdo a un seguimiento y comprobación de medidas. En el siguiente listado se muestra paso a paso el proceso de construcción:

1. Corte de tubos y piezas de laminas
2. Rectificación de tubos y cortes de láminas de acuerdo a medida
3. Doblecés de pestañas en piezas de lámina para ajuste en armazón
4. Colocación de rodos y eje de llantas traseras para la movilidad del equipo
5. Colocación de base anticorrosiva y previa lijada para evitar oxidación de lámina y estructura
6. Taladrado de agujeros para sujeción de láminas en estructura del banco

#### **4.2 Construcción de módulos de medición**

Para la colocación de los módulos de medición como el voltaje, amperímetro, sensor de temperatura, ohmímetro, Smith de encendido, se utilizaron las herramientas siguientes:

**Tabla 18. Herramientas para construcción de módulos de medición**

Cinta métrica	Punzón
Martillo de bola	Regla para marcar
Herramienta rotativa (Dremel) y discos de corte	Lima fina plana

Como los módulos ya vienen respectivamente armados y calibrados, solo se requiere de ciertos pasos para su colocación:

1. Distribución de módulos y marcación de espacios
2. Marcación con punzón para agujeros de manómetros
3. Cortes con dremel para apertura de espacio de módulos
4. Rectificado de espacios y colocación de módulos de medición
5. Aplicación de pintura a laminas y partes estructurales



*Figura 84.* Construcción de módulos de medición.

### **4.3 Accesorios de conexión y montaje**

En esta sección, es la parte final de la construcción del banco de pruebas, donde se conectan y adaptan los módulos de medición, conexiones eléctricas, conexiones de niples y mangueras de manómetros.

Para esta última parte de construcción y montaje de todo el equipo se utilizaron las siguientes herramientas e insumos:

**Tabla 19. Herramientas para montaje de accesorios y conexiones.**

Taladro de mano	Brocas de 1/8'' y de 1/4''
Cangreja de 8''	Remachadora
Tenaza de electricista	

**Tabla 20. Insumos y material para montaje de accesorios.**

Tornillos golosos de 1/8''	Remaches de 1/8''
Pernos largos de 1/4''	Cable thhn #10, #12 y #18
Manecilla	Bisagras
Cable dúplex vulcano	Conectores tipo hembra
Caja eléctrica	Voltímetro, amperímetro
Sensor de temperatura	Relé PTC
Condensador de arranque	Manómetros de alta y baja
Mangueras de alta y baja	niplees
ohmímetro	Switchs de encendido



**Figura 85.** Montaje de accesorios y equipos de medición.

## 5. GUIAS DE LABORATORIOS PARA ELABORACIÓN DE PRÁCTICAS Y DESARROLLO DE PRUEBAS EN EL EQUIPO.

A continuación, se presentan unas alternativas de prácticas que pueden ser realizadas por los estudiantes en el equipo de diagnóstico de fallas para compresores herméticos, con la finalidad de guiar al estudiante en el uso del equipo.

En cada una de las prácticas, se indica el objetivo que se desea alcanzar en los ejercicios y actividades a desempeñar, además, familiarizarse con los componentes y dispositivos que se utilizaran para las prácticas.

### 5.1 Metodología.

Para la elaboración del formato que sirve de base para la construcción de guías, se presenta el número de la práctica y su objetivo, luego se muestra el listado de componentes necesarios de esta, la conexión que se debe realizar y el procedimiento y funcionamiento. Y finalmente se concluye con una serie de preguntas con respecto a la práctica. Cabe destacar que en cada una de ellas se resalta las medidas de seguridad para evitar accidentes

***Tabla 21. Estructura y contenido de los laboratorios.***

<b>Contenido de la guía.</b>
Título de la practica
Objetivo de la practica
Equipos a utilizar.
Procedimientos de la práctica.
Tabla de resultados.
Preguntas.

## **PRACTICA 1.**

### **IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS PARTES DE UN COMPRESOR HERMÉTICO Y DEL EQUIPO PARA DETERMINACIÓN DE FALLAS.**

#### **1. OBJETIVOS.**

- Identificar y familiarizarse con los componentes de los compresores herméticos y con el equipo a utilizar para la determinación de fallas.

#### **2. EQUIPO A UTILIZAR.**

- Equipo de diagnóstico para determinar fallas en compresores herméticos.
- Compresor hermético seccionado.
- Llaves fijas (10mm, 12mm, 15mm)

#### **3. PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA.**

##### **I. Identificación de las partes del compresor.**

- Colocar en la mesa de trabajo el compresor seccionado para poder identificar las partes.
- Quitar la carcasa superior del compresor y con las llaves fijas aflojar los pernos.
- Desmontar todo el núcleo de hierro fundido del compresor y desmontar todas las partes e identificar cada una.
- Terminada la identificación proceder a cerrar el compresor del mismo modo como lo abrió.

##### **II. Identificación de las partes del Equipo de diagnóstico para determinar fallas en compresores herméticos.**

- Identificar las partes principales del equipo de medición y los instrumentos digitales que contiene.
  - Familiarizarse con el equipo e identificar las alimentaciones que este contiene.
- III. Identificación de los terminales del compresor (común, trabajo y arranque).
- Cada compresor está provisto por tres terminales, común (C), trabajo (T), arranque (A).
  - Después, de haber leído las indicaciones de operación del equipo y las indicaciones de seguridad continuar con el siguiente punto.
  - Con el equipo de medición (ohmímetro), y utilizando las puntas de pruebas adecuadas proseguir a tomar las mediciones de los terminales.



#### 4. TABLA DE RESULTADOS DE LA PRÁCTICA.

Identificación de los pines del compresor y toma de valores entre cada pin. Común (C), Trabajo (T), Arranque (A)			
C – T	( $\Omega$ )	Sumatoria de (C – T) y (C – A).	( $\Omega$ )
C – A	( $\Omega$ )		
T - A	( $\Omega$ )		( $\Omega$ )

- la Sumatoria de los valores de (C – T) y (C – A) debe de ser igual o aproximadamente igual que el valor (T - A).

#### 5. PREGUNTAS.

- Como se puede diferenciar las dos bobinas de un compresor hermético.
- Porque la configuración (C-T) presenta menor valor que la configuración (C-A).
- Mencione dos métodos de arranque en los compresores herméticos.
- Mencione las diferentes pruebas que se pueden realizar en el equipo de medición.

## **PRACTICA 2.**

### **CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO EN COMPRESORES HERMÉTICOS UTILIZANDO EL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO PARA DETERMINAR FALLAS EN COMPRESORES HERMÉTICOS.**

#### **1. OBJETIVOS.**

- Caracterizar los parámetros de funcionamiento en los compresores herméticos, evaluar el funcionamiento, las fallas si es que existan y caracterizarlas en los cuadros de fallas.

#### **2. EQUIPO A UTILIZAR.**

- Equipo de diagnóstico para determinar fallas en compresores herméticos.
- Diferentes compresores herméticos.
- Extensión de 110 V.
- Fuente de alimentación de 110 V.

#### **3. PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA.**

- I. Leer el manual de operación, funcionamiento y seguridad antes de iniciar la práctica.
- II. Identificación de los terminales del compresor (común, trabajo y arranque).
- III. Seguir cada paso del manual de operación junto la supervisión del instructor.
- IV. Completar la ficha de datos para fallas en compresores herméticos.

- V. Comparar las fallas encontradas en los diferentes compresores con la tabla de fallas proporcionadas en la práctica.
- VI. Tomar nota de los procedimientos efectuados durante la práctica.

#### 4. TABLA DE RESULTADOS DE LA PRÁCTICA.

Identificación de los pines del compresor y toma de valores entre cada pin. Común (C), Trabajo (T), Arranque (A)			
C – T	( $\Omega$ )	Sumatoria de (C – T) y (C – A).	( $\Omega$ )
C – A	( $\Omega$ )		
T - A	( $\Omega$ )		( $\Omega$ )

- la Sumatoria de los valores de  $(C - T)$  y  $(C - A)$  debe de ser igual o aproximadamente igual que el valor  $(T - A)$ .

<b>FICHA DE DATOS PARA FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS.</b>			
Identificación del compresor por medio del número.			
Prueba de resistencia en los compresores herméticos.			
Identificación de los pines del compresor y toma de valores entre cada pin. Común (C), Trabajo (T), Arranque (A)			
C – T	( $\Omega$ )	Sumatoria de $(C - T)$ y $(C - A)$ .	( $\Omega$ )
C – A	( $\Omega$ )		
T - A	( $\Omega$ )		( $\Omega$ )
Tiempo de duración de la prueba.	<b>25 minutos</b>	Anomalías visuales y auditivas del compresor.	
Corriente de entrada al compresor .	(A)	Presenta vibraciones.	SI
Voltaje de entrada al compresor.	(V)		NO
Potencia consumida del compresor.	(W)	Presenta ruidos anormales.	SI
Energía consumida.			NO
Temperatura de la carcasa del compresor	°C	Presenta aplastamiento en la carcasa.	SI
Presión en el manómetro de alta.			NO
Observaciones.			

## 5.2 Desarrollo de pruebas en el equipo.

Luego de instalado todos los dispositivos y habiendo examinado que todo funcionara perfectamente se procedió a la realización de pruebas y toma de datos en los compresores herméticos.

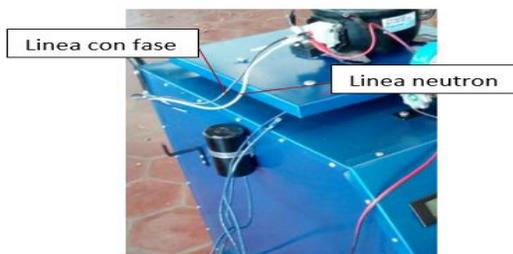
### Procedimiento:

- Verifique que el botón de encendido del equipo este en OFF.
- Conecte el equipo a una alimentación monofásica.



*Figura 1. 1 alimentación monofásica, botón de encendido del equipo.*

- Verifique que las puntas de los cables alimentadores del compresor estén separadas/aisladas o bien conectadas.



*Figura 1. 2 línea de alimentación del compresor.*

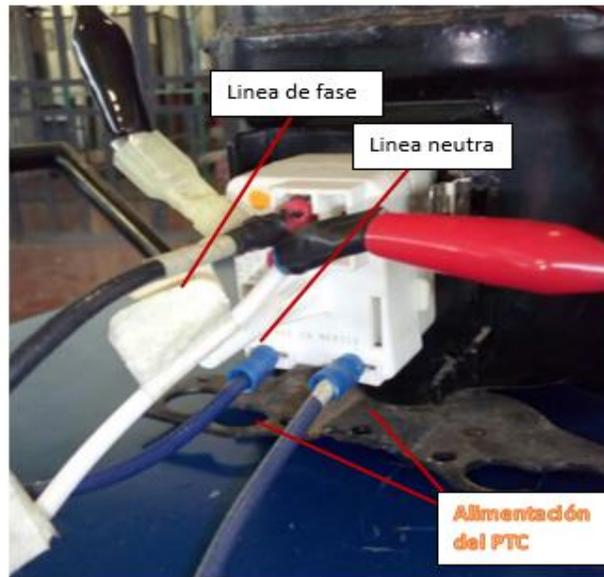
- Colocar las puntas de prueba al ohmímetro, punta negra en el lugar de línea negra y punta roja al lugar donde dice línea roja.

- Con las puntas de prueba verificar e identificar los pines del compresor común (C), trabajo (T) y arranque (A).



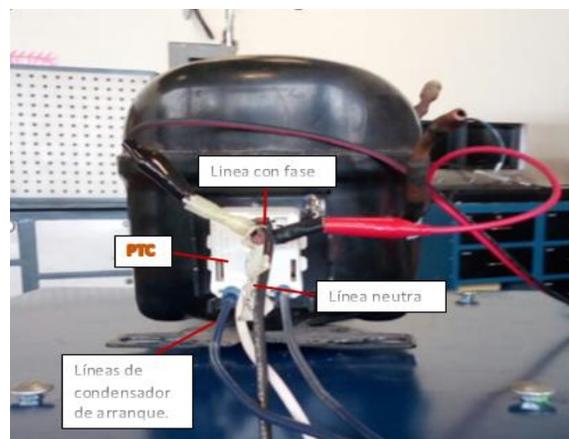
***Figura 1. 3 Imagen demostrativa de los pines, determinación de pines de un compresor hermético.***

- Conectar el dispositivo PTC en los pines del compresor.
- Verificar nuevamente los cables de energización del compresor deben estar separados.
- Identificar los cables de alimentación del compresor NEUTRO (color blanco) y FASE (color negro).
- Colocar cada cable fase y neutro en el lugar indicado en el dispositivo PTC.
- Identificar los cables del condensador de arranque.
- Identificar en el dispositivo PTC ranuras donde se colocan los cables del condensador de arranque.
- Colocar los cables del condensador de arranque en el dispositivo PTC.



**Figura 1. 4 Conexión de cables en el dispositivo PTC.**

- Identificar las puntas del voltímetro.
- Colocar las puntas del voltímetro en los espacios indicados al final de los cables de alimentación del compresor color rojo (Línea de fase), color negro (Línea neutra).



**Figura 1. 5 Conexión de las puntas de prueba del voltímetro.**

- Extraiga de la gaveta inferior del equipo las mangueras para la respectiva medición de presiones.
- Coloque la manguera roja en la salida del manómetro del mismo color el cual es manómetro de alta presión.
- Proceda a enroscando firmemente la manguera en la tubería de salida de presión del compresor.



***Figura 1. 6 realizando medición de presiones a la salida del compresor.***

- Active el botón encendido del compresor (ON); se activará la pantalla de instrumentos.
- Proceda a colocar el sensor de temperatura en la carcasa de metal del compresor.
- Realice las lecturas correspondientes después de transcurridos 5 minutos y mencione todos los acontecimientos vistos en la prueba del compresor.



**Figura 1. 7 Equipo en funcionamiento listo para la toma de datos.**

- Apague el botón encendido del compresor (OFF).
- Apague el botón encendido de instrumentos de medición (OFF).
- Apague el botón de encendido del equipo (OFF).
- Proceda con mucho cuidado a desconectar la manguera de alta presión.
- Proceda a desconectar los cables de los instrumentos de medición.
- Desconecte los cables de alimentación que están conectados en el dispositivo PTC.
- Ordene los cables adecuadamente en el lugar correspondiente.
- Desmonte el compresor de la mesa de trabajo.
- Desconecte la línea de alimentación del equipo.

### 5.3 Resultados de las pruebas de los compresores herméticos con el equipo diseñado.

Se presentarán los resultados de diferentes compresores herméticos, las pruebas fueron realizadas con un tiempo de duración de 25 minutos, en los cuales, algunos compresores presentaron fallas características y otros permanecieron todo este tiempo sin mostrar ninguna falla.

Lo que nos da como resultado el buen funcionamiento del equipo diseñado para la determinación de fallas en compresores herméticos.

<b>FICHA DE DATOS PARA FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS.</b>			
Identificación del compresor por medio del número.		1	
Prueba de resistencia en los compresores herméticos.		Excelente estado	
Identificación de los pines del compresor y toma de valores entre cada pin. Común (C), Trabajo (T), Arranque (A)			
C – T	6 ( $\Omega$ )	Sumatoria de (C – T) y (C – A ).	19 ( $\Omega$ )
C – A	13 ( $\Omega$ )		
T - A	18 ( $\Omega$ )		18 ( $\Omega$ )
Tiempo de duración de la prueba.	25 minutos	Anomalías visuales y auditivas del compresor.	
Corriente de entrada al compresor.	13.2 (A)	Presenta vibraciones.	SI
Voltaje de entrada al compresor.	120 (V)		NO
Potencia consumida del compresor.	2000 (W)	Presenta ruidos anormales.	SI
Energía consumida.			NO

Temperatura de la carcasa del compresor	79 °C	Presenta aplastamiento en la carcasa.	SI
Presión en el manómetro de alta.			NO
Observaciones.			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta vibraciones mínimas, se escucha que zumba, esto se debe a que se encuentra con el rotor pegado, además, muestra una elevación de corriente esto debido a la obstrucción que existe en el rotor.</li> <li>• Se mantuvo los 25 minutos y no arranco, se observó que elevo la temperatura hasta por arriba de los 100 °C transcurrido los 25 minutos.</li> </ul>			

<b>FICHA DE DATOS PARA FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS.</b>			
Identificación del compresor por medio del número.	2		
Prueba de resistencia en los compresores herméticos.	Excelente estado		
Identificación de los pines del compresor y toma de valores entre cada pin. Común (C), Trabajo (T), Arranque (A)			
C – T	10 (Ω)	Sumatoria de (C – T) y (C – A).	28 (Ω)
C – A	18 (Ω)		
T - A	23 (Ω)		23 (Ω)
Tiempo de duración de la prueba.	25 minutos	Anomalías visuales y auditivas del compresor.	
Corriente de entrada al compresor.	7 (A)	Presenta vibraciones.	SI
Voltaje de entrada al compresor.	121 (V)		NO
Potencia consumida del compresor.	672 (W)	Presenta ruidos anormales.	SI

Energía consumida.			NO
Temperatura de la carcasa del compresor	80 °C	Presenta aplastamiento en la carcasa.	SI
Presión en el manómetro de alta.			NO
Observaciones.			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Presenta vibraciones elevadas, se escucha que zumba, esto se debe a que se encuentra con el rotor pegado, además, muestra una elevación de corriente esto debido a la obstrucción que existe en el rotor, también, presenta escape de humo por la tubería de servicio.</li> <li>Se mantuvo los 25 minutos y no arranco</li> </ul>			

<b>FICHA DE DATOS PARA FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS.</b>			
Identificación del compresor por medio del número.	3		
Prueba de resistencia en los compresores herméticos.	Excelente estado		
Identificación de los pines del compresor y toma de valores entre cada pin. Común (C), Trabajo (T), Arranque (A)			
C – T	10 (Ω)	Sumatoria de (C – T) y (C – A).	22 (Ω)
C – A	12 (Ω)		
T - A	19 (Ω)		19 (Ω)
Tiempo de duración de la prueba.	25 minutos	Anomalías visuales y auditivas del compresor.	
Corriente de entrada al compresor.	0.97 (A)	Presenta vibraciones.	SI
Voltaje de entrada al compresor.	124 (V)		NO
Potencia consumida del compresor.	54.7 (W)		SI

Energía consumida.		Presenta ruidos anormales.	NO
Temperatura de la carcasa del compresor	45 °C	Presenta aplastamiento en la carcasa.	SI
Presión en el manómetro de alta.			NO
Observaciones.			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Presenta vibraciones normales, funciona normalmente y presenta excelentes condiciones de operación.</li> </ul>			

<b>FICHA DE DATOS PARA FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS.</b>			
Identificación del compresor por medio del número.	4		
Prueba de resistencia en los compresores herméticos.	Excelente estado		
Identificación de los pines del compresor y toma de valores entre cada pin. Común (C), Trabajo (T), Arranque (A)			
C – T	7 (Ω)	Sumatoria de (C – T) y (C – A).	21 (Ω)
C – A	14 (Ω)		
T - A	19 (Ω)		18 (Ω)
Tiempo de duración de la prueba.	25 minutos	Anomalías visuales y auditivas del compresor.	
Corriente de entrada al compresor.	10.3 (A)	Presenta vibraciones.	SI
Voltaje de entrada al compresor.	120 (V)		NO
Potencia consumida del compresor.	920 (W)	Presenta ruidos anormales.	SI
Energía consumida.			NO

Temperatura de la carcasa del compresor	108°C	Presenta aplastamiento en la carcasa.	SI
Presión en el manómetro de alta.			NO
Observaciones.			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta vibraciones mínimas, se escucha que zumba, esto se debe a que se encuentra con el rotor pegado, además, muestra una elevación de corriente.</li> <li>• No arranco, se desconecta al intentar arrancar cada 2 minutos.</li> <li>• Eleva la temperatura rápidamente.</li> <li>• No muestra presión de salida, estos problemas son atribuibles a la obstrucción del dispositivo de arranque.</li> </ul>			

<b>FICHA DE DATOS PARA FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS.</b>			
Identificación del compresor por medio del número.	5		
Prueba de resistencia en los compresores herméticos.	Excelente estado		
Identificación de los pines del compresor y toma de valores entre cada pin. Común (C), Trabajo (T), Arranque (A)			
C – T	7 (Ω)	Sumatoria de (C – T) y (C – A).	23 (Ω)
C – A	16 (Ω)		
T - A	23 (Ω)		23 (Ω)
Tiempo de duración de la prueba.	25 minutos	Anomalías visuales y auditivas del compresor.	
Corriente de entrada al compresor.	1.74 (A)	Presenta vibraciones.	SI
Voltaje de entrada al compresor.	120 (V)		NO

Potencia consumida del compresor.	52.9 (W)	Presenta ruidos anormales.	SI
Energía consumida.			NO
Temperatura de la carcasa del compresor	40 °C	Presenta aplastamiento en la carcasa.	SI
Presión en el manómetro de alta.			NO
<p>Observaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta vibraciones mínimas, se escucha que zumba, se presentan emisiones de humo debido a la falta de aceite lubricante.</li> <li>• Presenta presiones bajas en la salida debido al desgaste de los flapper y los sellos del pistón.</li> <li>• Se escucha ruidos anormales dentro del compresor causados por los resortes de apoyo del armazón de hierro.</li> </ul>			

## **6. DETERMINACIÓN DE COSTOS**

Dentro del marco de la justificación para la realización de este trabajo de graduación se contempla el aspecto económico como una de las variables importantes para la elaboración y compra de algunos elementos; en el mercado actual se mira la deficiencia de encontrar un equipo diagnóstico de fallas en compresores herméticos; por lo tanto, la elaboración de este equipo para la determinación de fallas se ve ampliamente justificada para la realización de prácticas en la institución.

### **6.1 Costo**

El costo real de la elaboración del equipo se divide en dos rubros:

- Materia prima (materiales de construcción).
- Tiempo de diseño y construcción.

Dentro del primer rubro, se contempla el valor de todas las materias primas necesarias para la elaboración del equipo, así mismo, la selección de los elementos digitales y de refrigeración.

El segundo rubro, se contempla la cantidad de horas/hombre de dedicadas al diseño y búsqueda de elementos, siendo este valor dedicado al trabajo de ingeniería llevado a cabo para el desarrollo del equipo; también, se contempla el costo de la mano de obra necesaria para la construcción y ensamble de los componentes del equipo.

## 6.2 Detalles de costos

En el diseño se tomó en cuenta el material y las dimensiones de cada componente mecánico del equipo. Además, se seleccionaron los dispositivos eléctricos que complementan a éste. Así, en la valorización de los recursos económicos para la construcción del equipo de diagnóstico para determinar fallas en compresores herméticos.

Las siguientes tablas presentan los costos agrupados en rubros, con los detalles de cantidad y precio unitarios.

**Tabla 22. Costos de la estructura el equipo.**

Componentes del módulo de fallas			
Descripción	Cantidad	Precio	Total.
<b>Tubo estructural de 1"</b>	5 varillas de 6 m.	\$ 9.50	\$ 47.50
<b>Lamina negra 1/32 "</b>	2	\$ 11.50	\$ 23
<b>Manecillas</b>	1	\$ 0.90	\$ 0.90
<b>Bisagras</b>	2	\$ 0.60	\$ 1.20
<b>Pintura azul.</b>	½ galón	\$ 15	\$ 15
<b>Base de pintura.</b>	½ galón	\$10	\$10
<b>Chapas de gaveta.</b>	3	\$ 5	\$ 15
<b>Ruedas</b>	4	\$ 5.75	\$ 11.5
total			<b>\$ 124.19</b>

**Tabla 23. Costo de elementos eléctricos y electrónicos.**

<b>Componentes eléctricos y electrónicos.</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Total.</b>
<b>Termómetro de contacto de -40 a 200 °C</b>	1	\$ 30.67	\$ 30.67
<b>Amperímetro Digital.</b>	1	\$ 30.43	\$ 30.43
<b>Voltímetro Digital.</b>	1	\$ 30.43	\$ 30.43
<b>Ohmímetro Digital.</b>	1	\$15	\$15
<b>Lámpara de prueba.</b>	1	\$ 2.70	\$ 2.70
<b>Cables de corriente (toma de 6 muestras.)</b>	6	\$ 1.15	\$ 6.90
<b>Protección (dados térmicos.)</b>	1	\$ 8.90	\$ 8.90
<b>Cables de conexión 110 v-220 v</b>	1	\$ 2.45	\$ 2.45
<b>Interruptor de arranque.</b>	1	\$ 7.45	\$ 7.45
<b>Condensador de carga.</b>	1	\$ 4.74	\$ 4.74
<b>Capacitor de arranque</b>	1	\$11.50	\$11.50
<b>total</b>			<b>\$151.17</b>

**Tabla 24. Costos de los componentes de refrigeración**

Componentes de refrigeración.			
Descripción	Cantidad	Precio	Total.
<b>Encharrador/prensa 3/16"-5/8"</b>	1	\$ 11.58	\$ 11.58
<b>Corta tubo 1/8 – 1</b>	1	\$ 6.34	\$ 6.34
<b>Manifold para R-12-22-404-134 A - R – 1</b>	1	\$ 47.34	\$ 47.34
<b>410 C/ mangueras QS8N3SM-5 UNIWELD</b>			
<b>Expansores múltiples 3/16, 1/4, 5/16, 3/8, 1/2, 5/8</b>	1	\$ 7.09	\$ 7.09
<b>Acoples.</b>	15	\$ 0.45	\$ 6.75
<b>Adaptadores.</b>	15	\$ 0.65	\$ 9.75
<b>Tubo de cobre.</b>	10 ‘	\$ 0.75	\$ 7.50
<b>Unión de bronce tipo flare de 1/4"</b>	7	\$0.41	\$2.87
<b>Unión de bronce tipo flare de 1/2"</b>	7	\$1.11	\$7.77
<b>Tuerca flare de 1/2" tipo pesada</b>	7	\$1.08	\$7.56
<b>Tuerca flare de 1/4" tipo pesada</b>	7	\$0.36	\$2.52
<b>Adaptador recto para manguera ezabm turn anti-blowback de 1/4" M x 5/16" H (r410A)</b>	1	\$10.40	\$10.40
<b>Válvula con centro 1/4" flare AVX (HT-04A) GENERICO.</b>	1	\$0.66	\$0.66
<b>Compresor recip. 1/2 HP 115v R134A S15G, 104G7550 DANFOSS</b>	1	\$171.75	\$171.75
<b>Compresores recip. De 1/8" HP, 1/4" HP</b>	5	\$25	\$125
<b>total</b>			<b>\$424.88</b>

**Tabla 25. Costos de componentes especiales.**

Componentes especiales.			
Descripción	Cantidad	Precio	Total.
<b>Juegos de Llaves fijas.</b>	1	\$ 13.50	\$ 13.50
<b>Juegos de Llaves Allen.</b>	1	\$ 7.65	\$ 7.65
<b>Tenazas.</b>	1	\$ 6.00	\$ 6.00
<b>Pinzas.</b>	1	\$ 4.95	\$ 4.95
<b>Otros gastos</b>			\$100
<b>Total.</b>			<b>\$132.10</b>

Costos totales.	
Descripción	Costos.
<b>Componentes del módulo de fallas.</b>	\$124.19
<b>Componentes eléctricos y electrónicos.</b>	\$151.17
<b>Componentes de refrigeración.</b>	\$424.88
<b>Componentes especiales.</b>	\$132.10
<b>Total.</b>	<b>\$832.34</b>

## CONCLUSIONES

Por medio del diseño y construcción del equipo diagnóstico de fallas en compresores herméticos, realizado en este trabajo de graduación y como resultado de las distintas etapas en las que se llevó a cabo, se puede concluir lo siguiente:

- El diseño y la construcción del equipo para el diagnóstico de fallas en compresores herméticos fue realizada de manera exitosa.
- La realización de pruebas en diferentes compresores utilizando el equipo diagnóstico de fallas en compresores herméticos, fue realizada sin ningún inconveniente demostrando el buen funcionamiento del equipo.
- Además, los manuales de operación del equipo son sumamente descriptivos y amigables para el entendimiento de funcionamiento y operación del equipo.
- Las guías de laboratorio son adecuadas, para poner en práctica las operaciones principales del equipo y demostrar la capacidad de este en la determinación de fallas auxiliándose de las tablas características de fallas.
- Los manuales de mantenimiento y seguridad juegan una parte fundamental en el desempeño del equipo y se deben de seguir al pie de la letra para evitar accidente en las personas que operan el equipo.

## OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta todas las recomendaciones y medidas de seguridad al momento de operar los elementos eléctricos del equipo de diagnóstico, para evitar accidentes y posibles quemaduras
- La ubicación del equipo de diagnóstico, será en el laboratorio del departamento de sistemas termomecánicos, de la escuela de Ingeniería mecánica.
- El equipo de practica para diagnóstico de fallas en compresores, es para fines didácticos para el aprendizaje de los estudiantes de la escuela de Ingeniería Mecánica, no se podrán realizar prácticas con mayor carga.
- El diseño del equipo, podrá ser adaptados a nuevos módulos para medición, ya sea para mediciones de ruidos y vibraciones en los compresores. Lo que permitirá un mayor aprendizaje no solo en el área de refrigeración sino en otras áreas para los estudiantes.
- Tener precaución al momento de realizar mediciones en la mesa de trabajo del equipo, ya que al mantener demasiado tiempo en pruebas un compresor su temperatura se eleva y podrá ser dificultoso moverlo.
- Tomar en cuentas las instrucciones en las guías de laboratorios, las instrucciones del docente y del equipo para una mejor realización de toma de datos.
- Seguir paso a paso las guías de operación y de mantenimiento para tener una mejor funcionalidad del equipo y poder realizar las practicas

## REFERENCIAS

- [1] *Arranque de compresores monofásicos*. (2017). *Instalaciones Frigoríficas Comerciales e Industriales*. Obtenido: <https://frigoristas.wordpress.com/arranque-compresores/>
- [2] *Blog quimicos basicos*. (s.f.). Obtenido de Capacitores de arranque: <https://blogquimobasicos.com/2013/05/13/la-importancia-de-los-capacitores-de-arranque-y-trabajo-2/>
- [3] C.Martinez, P. (s.f.). *Slideplayer*. Obtenido de Arranque de motocompresores hermeticos: <http://slideplayer.es/slide/4904700/>
- [4] *Capacitores campos*. (s.f.). Obtenido de Capacitores electroliticos: <http://www.capacitorescampos.com.ar/Folleto/electro.htm>
- [5] *Compresores Frigoríficos - Tipos y Características*. (2017). *Tu Aire Acondicionado*. Obtenido: <http://www.tuaireacondicionadoweb.com/compresores-frigorificos-diferentes-tipos-y-caracteristicas-2/>
- [6] *Compresores hermeticos Copeland*. (s.f.). Emerson Clinabe.
- [7] Cortez, I. (s.f.). *IMCOSA*. Obtenido de Mangueras y tipos: <http://www.imcosamex.com/category/avalay/mangueras/>
- [8] *El compresor. Parte fundamental en los sistemas de refrigeracion*. (2014). Obtenido de mundohvacr: <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2007/11/el-compresor-parte-fundamental-en-los-sistemas-de-refrigeracion/>
- [9] *El compresor hermético de scroll*. (2017). *Aireacondicionadoyclima.com*. Obtenido: <http://www.aireacondicionadoyclima.com/2013/01/el-compresor-hermetico-de-scroll.html>
- [10] Embraco. (2006). *manual de servicio ( curso dorientador de aplicacion)*. brazil: embraco.
- [11] Forofrio. (s.f.). *MOTORES ELÉCTRICOS EN AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACIÓN y CALEFACCIÓN*.
- [12] *Frionline.net*. (2014). Obtenido de <http://frionline.net/articulos-tecnicos/71-tipos-de-compresores-para-refrigeracion.html>
- [13] *Fundamentos de la compresion gaseosa*. (1999). Obtenido de Tecnologia de compresores: <http://tecnologia-compresores.blogspot.com/>

- [14] Ibáñez, D. (2017). Frionline - Lubricación de compresores. Frionline.net. Obtenido <http://frionline.net/articulos-tecnicos/87-lubricacion-de-compresores.html>
- [15] *Lubricación de Compresores* |. (2014). *Blog.simec.biz*. Obtenido: <http://www.blog.simec.biz/lubricacion-de-compresores/>
- [16] *lubricación y refrigeración*. (2017). *Forofrio*. Obtenido: [http://www.forofrio.com/index.php?option=com\\_content&view=article&catid=9:actualidad&id=37](http://www.forofrio.com/index.php?option=com_content&view=article&catid=9:actualidad&id=37).
- [17] M.Vega, J. J. (s.f.). *Compresores*. Obtenido de Forofrio: [http://www.forofrio.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=34&catid=9&Itemid=54](http://www.forofrio.com/index.php?option=com_content&view=article&id=34&catid=9&Itemid=54)
- [18] *Manual de aplicacion de compresores hermeticos*. (s.f.). Danfoss Compressors.
- [19] *Manual de instalacion de compresores fraccionarios*. (2011). Embraco.
- [20] *Mundo HVAC&R*. (s.f.). Obtenido de Consideraciones electricas en los compresores: <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2007/02/75-5/>
- [21] *Operación y características de los compresores herméticos*. (s.f.). Obtenido de <https://www.0grados.com/caracteristicas-y-operacion-de-los-compresores-hermeticos-reciprocantes/>
- [22] *Refrigeracion y aire acondicionado*. (02 de Marzo de 2013). Obtenido de Manómetros para refrigeracion: <http://refrigeracionyaireacond.blogspot.com/2013/03/manometros-para-refrigeracion.html>
- [23] Rodríguez, M., Rodríguez, M., & perfil, V. (2017). *compresores para refrigeración*. *Refrigeracionyaireacond.blogspot.com*. Obtenido: <http://refrigeracionyaireacond.blogspot.com/2013/03/compresores-para-refrigeracion.html>
- [24] seam/pnud/pnuma. (2014). *manual de buenas practicas de refrigeracion*. paraguay.
- [25] Silva, d. (s.f.). *Manual de analisis de irregularidades en los compresores*. Bitezer International.
- [26] Vásquez Pérez, V. (2011). *Análisis de daños presentados en compresores reciprocantes para refrigeración* (1st ed.). Poza rica. Veracruz.
- [27] willianc. whitman, w. m. (2000). *tecnologia de la refrigeracion y aire acondicionado* . mexico: S.A. MARCOMBO.

- [28] *www.bitzer.com.mx*. (2016). Obtenido de <http://bitzermx.com/blog/>
- [29] *www.bohn.com.mx*. (2016). *www.bohn.com.mx*. Obtenido de
- [30] Yáñez, G. (s.f.). *Alta temperatura en el compresor*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ingenierogildardo/alta-temperatura-en-el-compresor-de-refrigeracion>

## **ANEXOS 1. MANUAL GENERAL DE OPERACIONES DEL EQUIPO DE DIAGNOSTICO DE FALLAS PARA COMPRESORES HERMETICOS.**

### **Procedimiento:**

1. Verifique que el botón de encendido del equipo este en OFF.
2. Conecte el equipo a una alimentación monofásica.
3. Verifique que las puntas de los cables alimentadores del compresor estén separadas/aisladas o bien conectadas.
4. Verifique que el botón encendido del equipo este OFF.
5. Verificar que el botón encendido de instrumentos de medición este en OFF, así también, el botón encendido del compresor debe estar en OFF.
6. Colocar un compresor encima de la mesa de trabajo y fijarlo a la mesa.
7. Proceder a encender el botón encendido del equipo (ON).
8. Activar el botón encendido de instrumentos de medición (ON).
9. Colocar las puntas de prueba al ohmímetro, punta negra en el lugar de línea negra y punta roja al lugar donde dice línea roja.
10. Con las puntas de prueba verificar e identificar los pines del compresor común (C), trabajo (T) y arranque (A).
11. Conectar el dispositivo PTC en los pines del compresor.
12. Verificar nuevamente los cables de energización del compresor deben estar separados.
13. Identificar los cables de alimentación del compresor NEUTRO (color negro) y FASE (color blanco).
14. Colocar cable fase y neutro en el lugar indicado en el dispositivo PTC.
15. Identificar los cables del condensador de arranque.
16. Identificar en el dispositivo PTC ranuras donde se colocan los cables del condensador de arranque.
17. Colocar los cables del condensador de arranque en el dispositivo PTC.
18. Identificar las puntas del voltímetro.
19. Colocar las puntas del voltímetro en los espacios indicados al final de los cables de alimentación del compresor color rojo (Línea de fase), color negro (Línea neutra).

20. Extraiga de la gaveta inferior del equipo las mangueras para la respectiva medición de presiones.
21. Coloque la manquera roja en la salida del manómetro del mismo color el cual es manómetro de alta presión.
22. Proceda a enroscando firmemente la manguera en la tubería de salida de presión del compresor.
23. Active el botón encendido del compresor (ON); se activará la pantalla de instrumentos.
24. Proceda a colocar el sensor de temperatura en la carcasa de metal del compresor.
25. Realice las lecturas correspondientes después de transcurridos 5 minutos y mencione todos los acontecimientos vistos en la prueba del compresor.
26. Apague el botón encendido del compresor (OFF).
27. Apague el botón encendido de instrumentos de medición (OFF).
28. Apague el botón de encendido del equipo (OFF).
29. Proceda con mucho cuidado a desconectar la manguera de alta presión.
30. Proceda a desconectar los cables de los instrumentos de medición.
31. Desconecte los cables de alimentación que están conectados en el dispositivo PTC.
32. Ordene los cables adecuadamente en el lugar correspondiente.
33. Desmonte el compresor de la mesa de trabajo.
34. Desconecte la línea de alimentación del equipo.

## ANEXO 2. BUENAS PRACTICAS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD



Cada vez que se utilice el equipo de diagnóstico de fallas para compresores herméticos, deben de cumplirse las siguientes normas de seguridad.

- Informaciones generales.
  - El estudiante podrá trabajar con el equipo siempre y cuando esté presente el instructor.
  - Utilice equipo de protección y seguridad personal adecuado, tal es el caso de botas de seguridad, gafas de protección y gabacha.
  - Utilice adecuadamente el equipo de trabajo y las herramientas del mismo.
  - Lea detenidamente las indicaciones de operación y funcionamiento, así también, las guías de laboratorio.
- Sistema eléctrico.
  - El suministro del equipo es a una fuente monofásica 110 voltios.
  - Las conexiones eléctricas se deben realizar únicamente cuando el equipo este sin energía para mayor seguridad.
  - Verifique las conexiones eléctricas, una segunda vez para evitar cualquier inconveniente que pueda causar un accidente.
  - Verificar que los cables no presenten ninguna rasgadura que pueda poner en peligro la integridad de las personas.
- Sistema de refrigeración.
  - Verificar si las mangueras están en buen estado.
  - Cuando realice las conexiones de mangueras verificar que estén con el apreté adecuado para evitar daños.

- Verificar la posición de los manómetros y el buen funcionamiento.
- Mecanismo.
  - Verificar que el equipo este en buen estado.
  - Efectué el montaje del compresor a la mesa de trabajo firmemente para evitar vibraciones.
  - Asegure el equipo con los frenos de cada rueda para evitar el desplazamiento.

### ANEXO 3. GUIA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO DE DIAGNOSTICO

Equipo de diagnóstico para fallas en compresores herméticos  
 Lugar: Escuela de Ingeniería Mecánica  
 Departamento:  
 Fecha de revisión: / /

#### CODIGOS DE MANTENIMIENTO

Acción	Resultados	Periodo
L: Limpiar	S: Satisfactorio	Sem: Semanal
I: Inspeccionar	C: Corregir	Mens: Mensual
M: Medir	Remp: Reemplazar	Tm: Trimestral
P: Probar	O: Observado	A: Anual
R: Revisión		

Actividades	Acción	Periodo	Resultados	Observaciones
<b>Verificación de suministro de energía</b>	M/P	Sm		
<b>Cables de electricidad</b>	R/P	Sm		
<b>Terminales de electricidad</b>	I/L	Mn		
<b>Módulos de medición</b>	L/R/P	Mn		
<b>Terminales de medición</b>	M/P	Mn		
<b>Mangueras de manómetros</b>	L/R/P	Sm		
<b>Manómetros de alta y baja presión</b>	R/M/P	Mn		
<b>Válvulas de servicio</b>	R/L	Mn		
<b>Relé PTC</b>	L/R/M	Mn		
<b>Condensador de arranque</b>	M/P	Mn		
<b>Sujeciones de equipo</b>	R	Tm		
<b>Lubricación de rodos y llantas</b>	L/R	Tm		

#### Evaluaciones adicionales

Verificación de las líneas del compresor, revisión de compresores para pruebas didácticas, limpieza de nipples, limpieza de mesa de trabajo y limpieza de equipo luego de jornada laboral

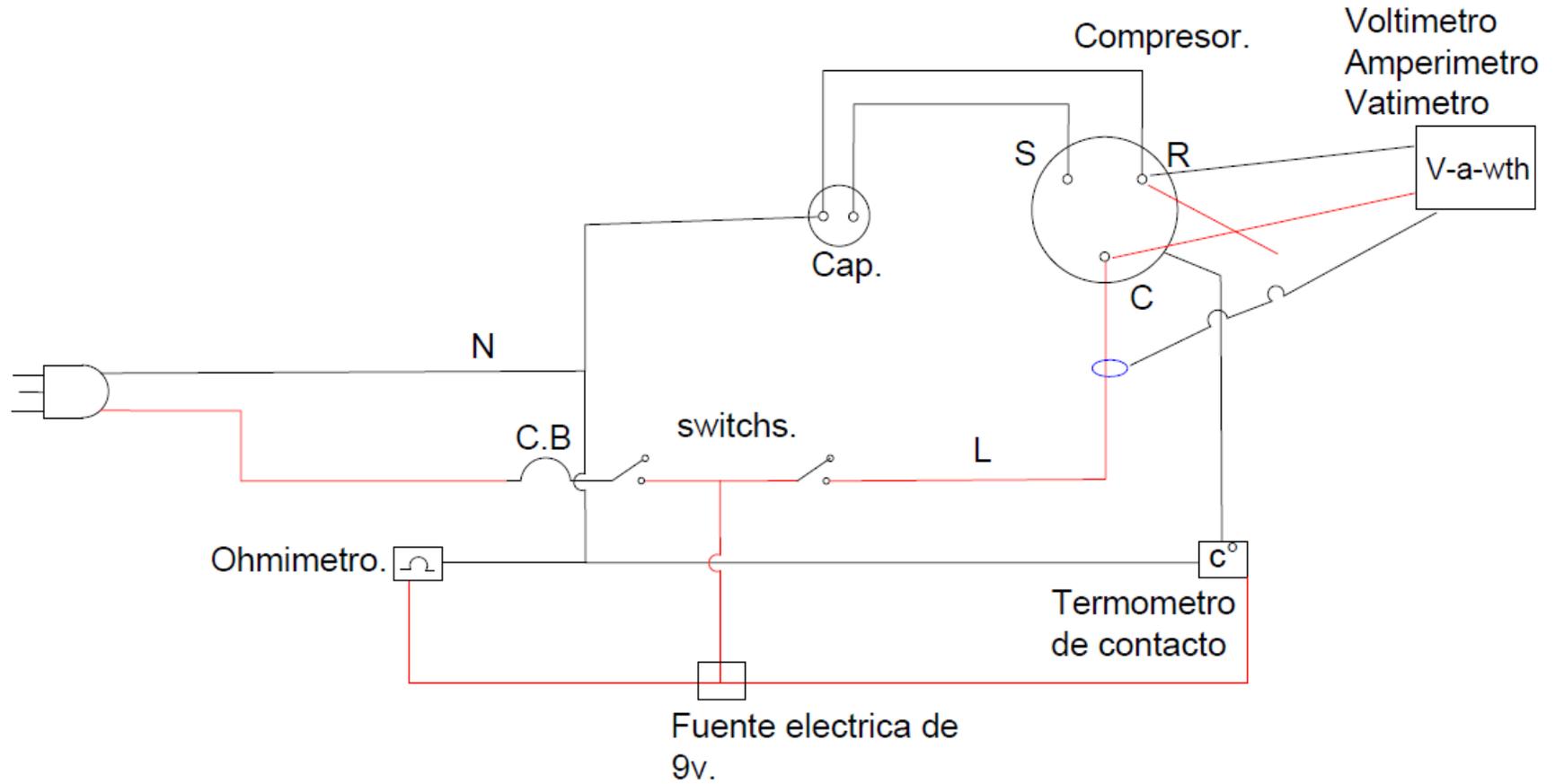
Inspección	Fecha de recibido	Encargado
------------	-------------------	-----------

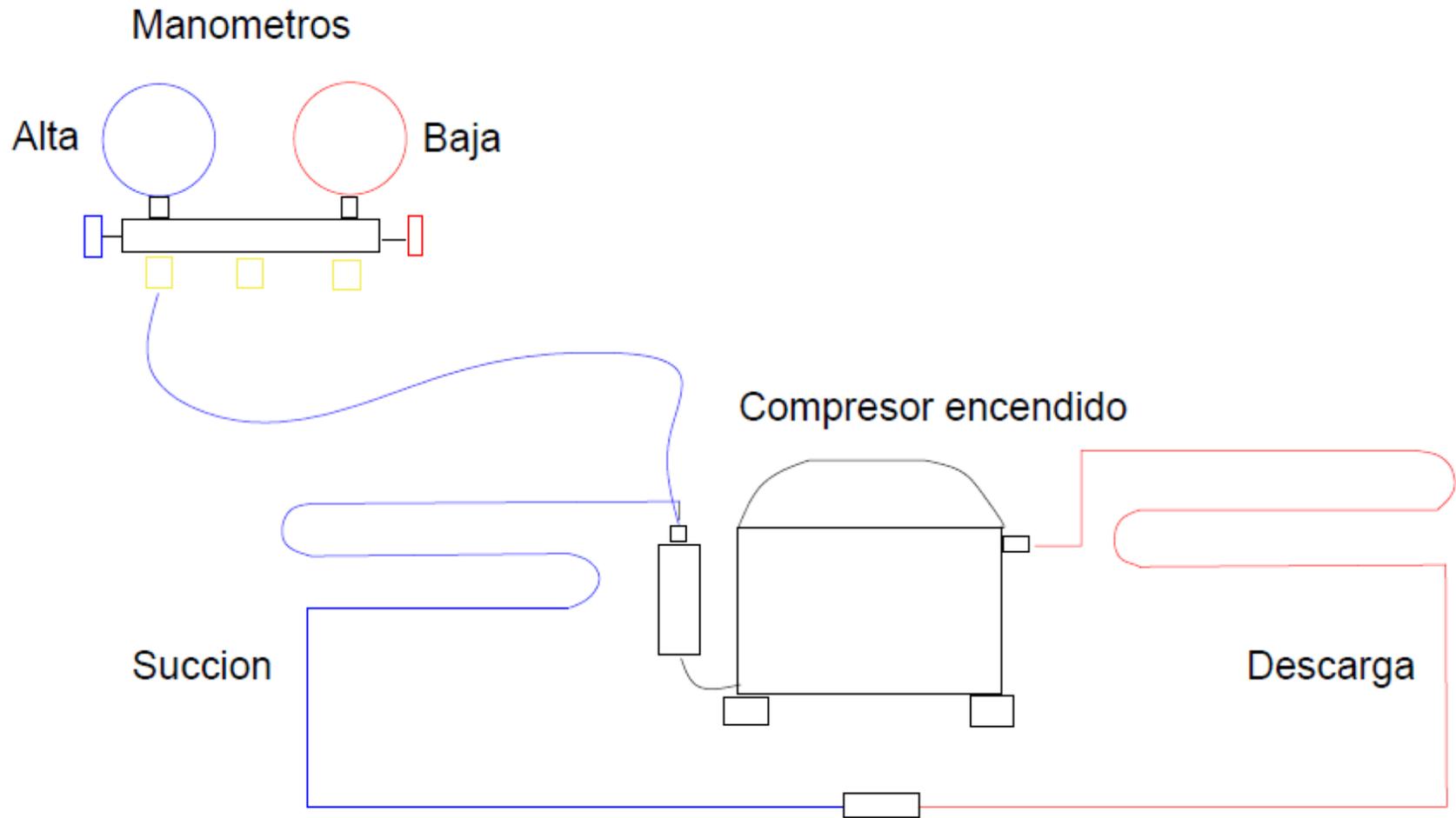
#### ANEXO 4. CARTA DE COLORES DE FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS

Problemas	Tipo de falla	Fallas	Solución
<b>Ruidos</b>	Mecánico	Colocación inadecuada del compresor	Se verifica si los amortiguadores están muy apretados
		Compresor con ruidos internos	se debe a nivelación incorrecta del refrigerador
	Eléctrico	Protector térmico incorrecto	Se debe sustituir el conjunto de relé de arranque
		Protector térmico fallado	Se verifica si hay oxidación en los terminales y el disco bimetálico
<b>Choque eléctrico</b>	Eléctrico	Compresor con pasaje de corriente a carcasa	Se utiliza una lámpara de prueba, conectando una punta al borne común del compresor y otra a la tierra, si se enciende la lámpara habrá que reemplazar dicho compresor
<b>Compresor arranca. Protector térmico actúa</b>	Mecánico	Compresor inadecuado al sistema	Se verifica si el compresor es adecuado. Sino deber ser sustituido
	Eléctrico	Bobina del motor del compresor interrumpida	Con la utilización de un ohmímetro, se deben medir las resistencias de las bobinas principal y auxiliar
		Compresor con alto amperaje	La solución a esta falla es reemplazar el protector térmico
<b>Compresor no arranca. Protector térmico actúa</b>	Mecánico	Compresor Trabado	El compresor puede tener rozamientos debido a la fricción internamente. Deberá cambiarse
		Alto torque de arranque	Se debe utilizar una válvula de expansión para compresores del tipo HST (High Start Time)
	Eléctrico	Bobina del motor del compresor quemada	Con la utilización de un ohmímetro, se deben medir las resistencias de las bobinas principal y auxiliar
		Capacitor de arranque fallado	Se debe conectar el capacitor con una luz de prueba. Se verificará si el capacitor esta en cortocircuito o si las placas están circuito abierto
<b>Compresor no arranca. Protector térmico no actúa</b>	Eléctrico	Bobina del motor del compresor quemada	Con la utilización de un ohmímetro, se deben medir las resistencias de las bobinas principal y auxiliar
		Componentes eléctricos fallados	Fallas en termostato, transformador auxiliar, temporizador. Se deben verificar
		Protector térmico fallado	Se verifica si hay oxidación en los terminales y el disco bimetálico

<b>Alto consumo de energía</b>	Mecánico	Compresor con baja capacidad	Es una falla muy inusual, pero cuando ocurre se debe cambiar dicho compresor
		Compresor inadecuado al sistema	Se verifica si el compresor es adecuado. Sino deber ser sustituido
	Eléctrico	Compresor con alto amperaje	La solución a esta falla es reemplazar el protector térmico
		Voltaje muy alto	Se debe utilizar un estabilizador de voltaje

### ANEXO 5. CONEXIÓN ELECTRICO EN EQUIPO DE DIAGNOSTICO DE FALLAS



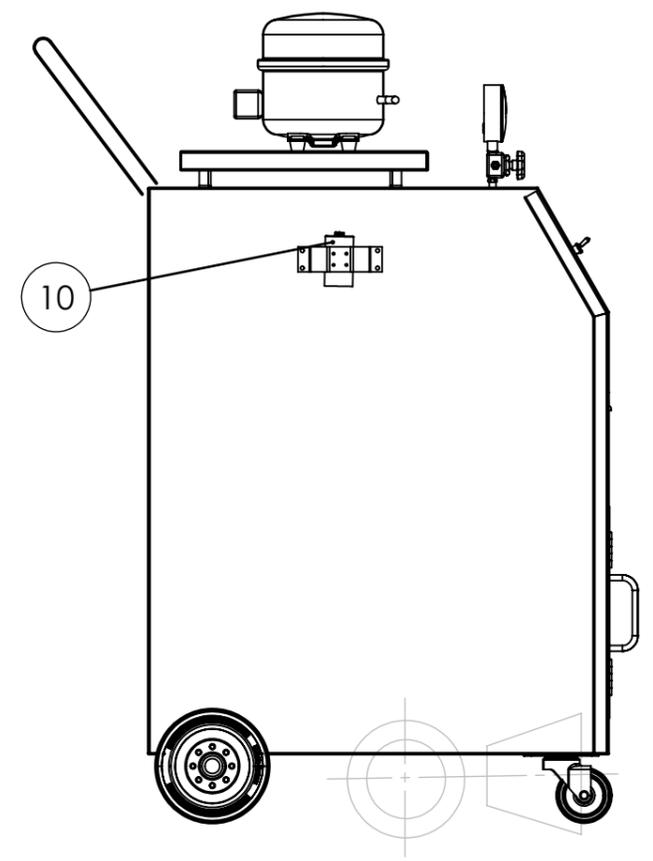
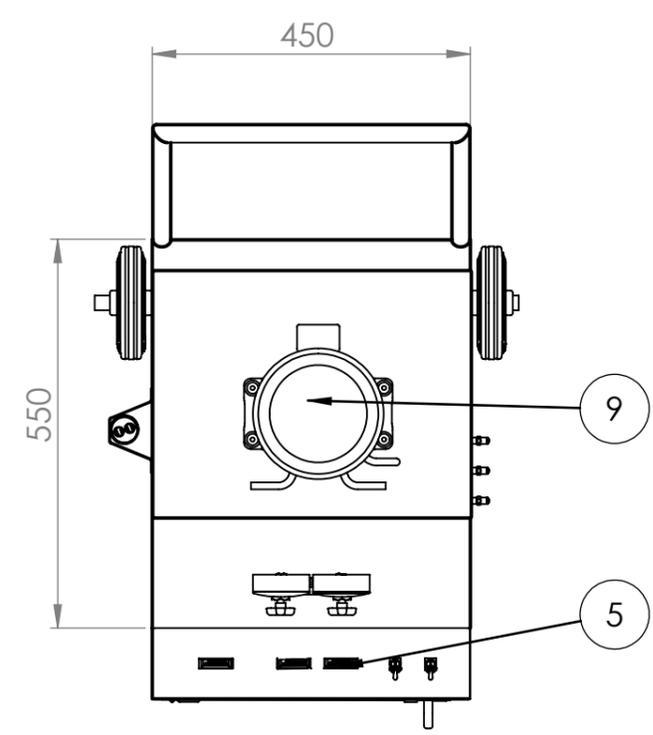
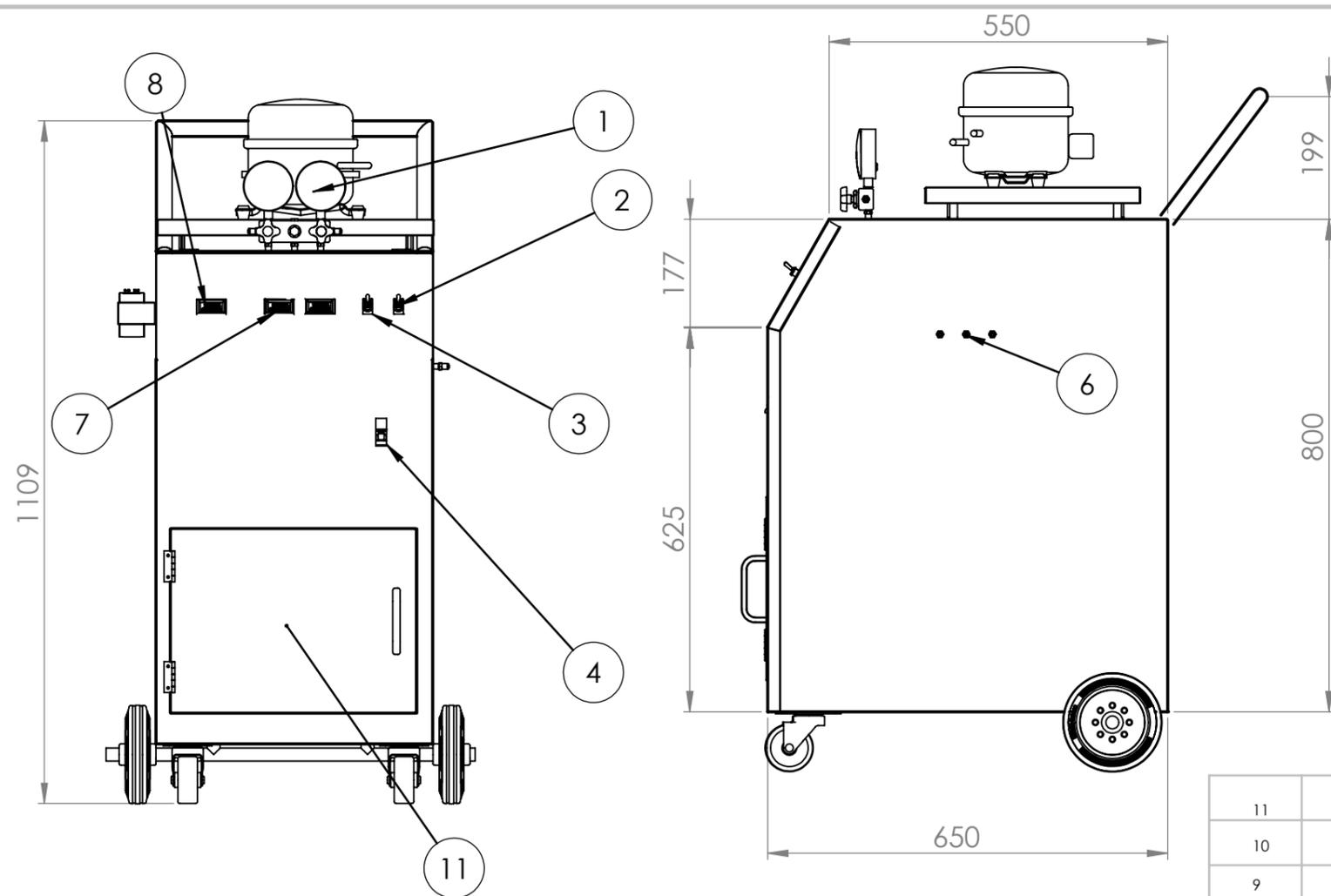
**ANEXO 6. CONEXIÓN DE NIPLEES Y MANGUERAS PARA PRUEBAS CON MANOMETROS EN LOS COMPRESORES**

## **ANEXO 7. PLANOS DE CONSTRUCCION DE EQUIPO DE DIAGNOSTICO DE FALLAS EN COMPRESORES HERMETICOS**

Los planos para la fabricación y construcción del equipo de diagnóstico, comprende los siguientes planos:

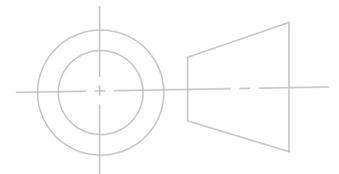
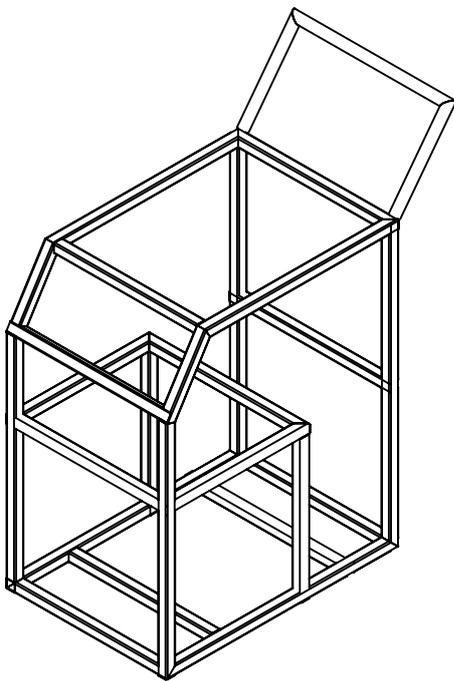
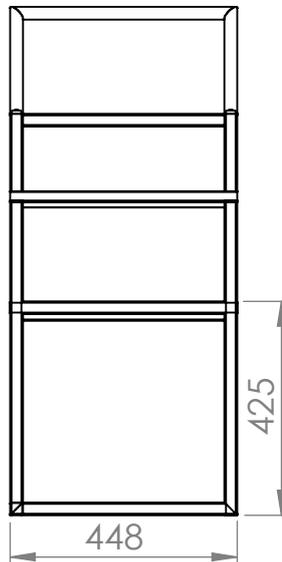
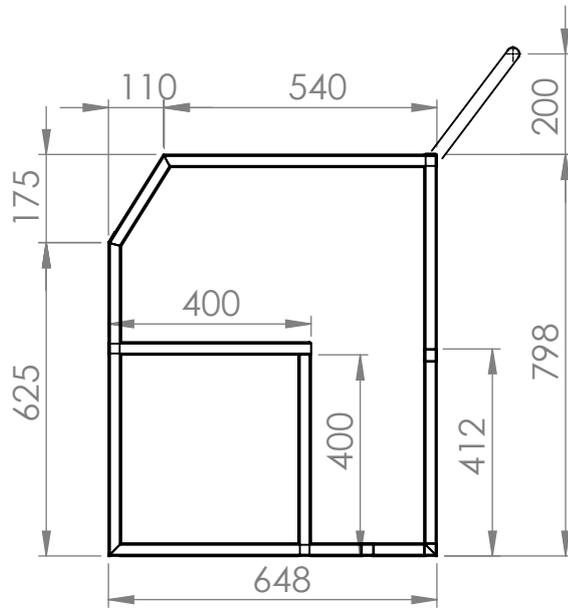
1. Plano de conjunto de equipo de diagnostico
2. Plano de armazón de tubos
3. Plano de desglose de laminas
4. Plano de detalle de ensamble

Nota: todas las cotas en los planos están mm



11	CAPACITOR DE ARRANQUE	1			
10	COMPARTIMIENTO PARA ACCESORIOS Y REPUESTOS	3			
9	COMPRESOR HERMETICO DE PRUEBA	1			
8	VOLTIMETRO Y AMPERIMETRO DIGITAL	1			
7	TERMOMETRO DIGITAL DE CONTACTO	1			
6	NIPLES PARA CONEXION DE MANGUERAS	3		COBRE Y LATON	D 1/4"
5	OHMIMETRO	1			
4	CIRCUIT BREAKER	1			
3	INTERRUPTOR DE ENCENDIDO DE INSTRUMENTOS DE MEDICION	1			
2	INTERRUPTOR DE ENCENDIDO DEL COMPRESOR	1			
1	MANOMETROS DE ALTA Y BAJA	1			
MARCA	DENOMINACION	Nº DE PIEZA	PESO	MATERIAL	DIMENSIONES

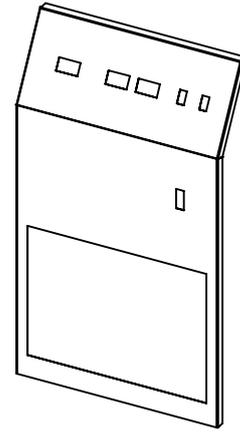
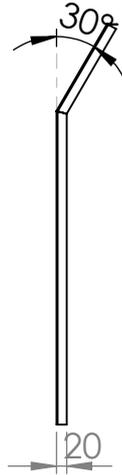
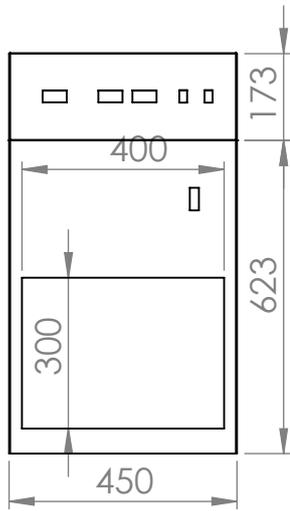
DIBUJADO	FECHA	NOMBRES	FIRMAS	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
	Marzo/2017	PV09019 VP07001			
COMPROBADO	ING. FRANCISCO DE LEON				
ESCALA	TITULO:			DIBUJO DE CONJUNTO	
1:10	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN COMPRESORES HERMÉTICOS			MEDIDAS EN MM	DIBUJO 1 DE 4



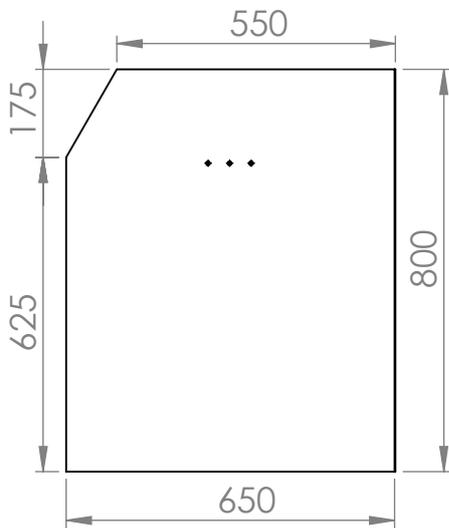
	FECHA	NOMBRES	FIRMAS		
DIBUJADO	Marzo/2017	PV09019		UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
		VP07001			
COMPROBADO		ING. FRANCISCO DE LEON			
ESCALA	TITULO:			ESTRUCTURA	
1:15	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN COMPRESORES HERMÉTICOS			MEDIDAS EN MM	DIBUJO 2 DE 4



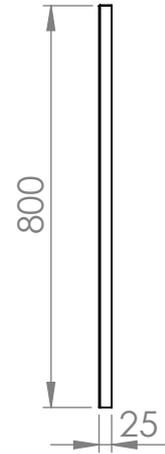
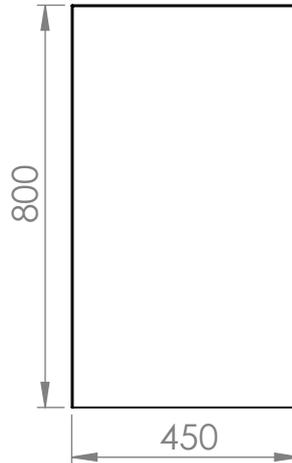
### LAMINA FRONTAL



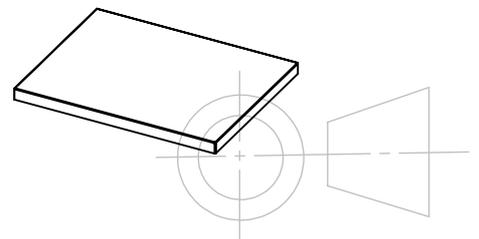
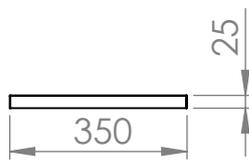
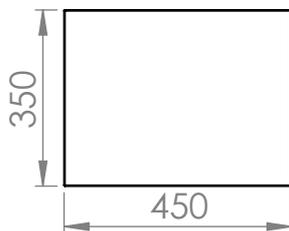
### LAMINA LATERAL



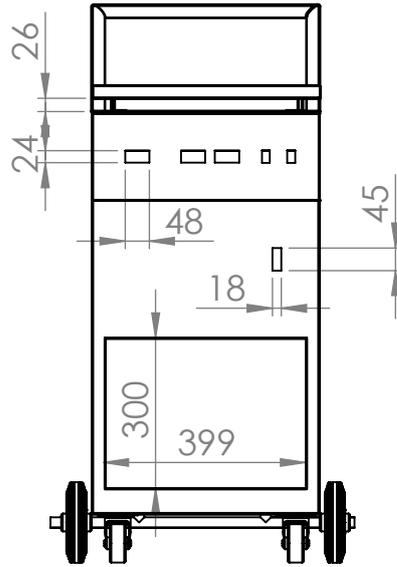
### LAMINA POSTERIOR



### MESA DE TRABAJO



	FECHA	NOMBRES	FIRMAS	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
DIBUJADO	Marzo/2017	PV09019			
		VP07001			
COMPROBADO		ING. FRANCISCO DE LEON			
ESCALA	TITULO:			DETALLE DE LAMINAS	
1:10	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN COMPRESORES HERMÉTICOS			MEDIDAS EN MM	DIBUJO 3 DE 4

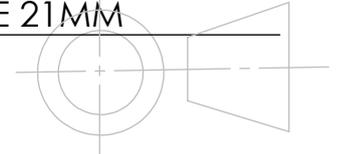
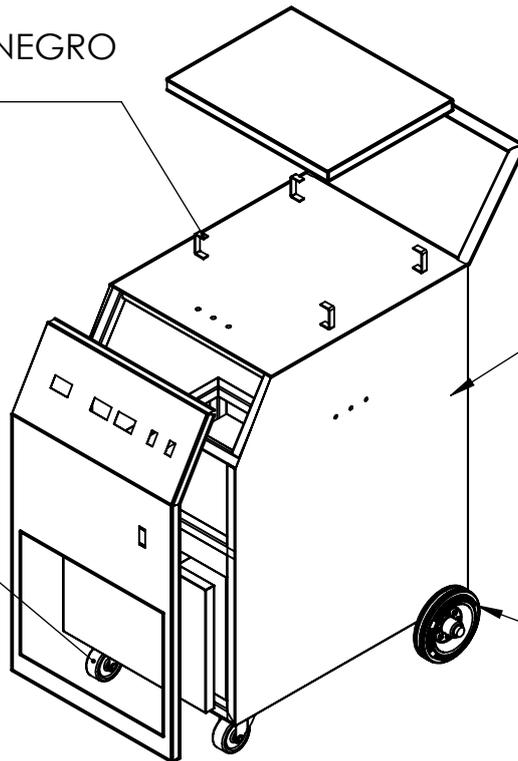


PLATINA HIERRO NEGRO  
DE 1/2''

LAMINA HIERRO  
NEGRO 1/32''

RODO GIRATORIO  
DE 4'' X 2''

RUEDAS DE GOMA  
DE 21MM



	FECHA	NOMBRES	FIRMAS	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
DIBUJADO	Marzo/2017	PV09019			
		VP07001			
COMPROBADO		ING. FRANCISCO DE LEON			
ESCALA	TITULO:			DETALLE DE ENSAMBLE	
1:15	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN COMPRESORES HERMÉTICOS			MEDIDAS EN MM	DIBUJO 4 DE 4