



**Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura**  
**Carrera de Ingeniería en Mecánica Naval**

**Proyecto de titulación**

**Modalidad Proyecto técnico**

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ESTUDIO  
DEL COMPORTAMIENTO DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS EN  
SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.

**Autores:**


BACUSOY ROSADO WASHINGTON JOSE  
CORNEJO BRAVO BRYAN JESUS

**Tutor:**

ING. EFREY BEETHOVEN ALCÍVAR VÉLEZ

**Manta - Manabí - Ecuador**

**2024**

 <b>Uleam</b> <small>ELOY ALFARO DE MANABÍ</small>	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> <b>CERTIFICADO DE TUTOR(A).</b>	<b>CÓDIGO: PAT-04-F-004</b>
	<b>PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO  BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	<b>REVISIÓN: 1</b> Página 1 de 1

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y construcción de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la modalidad de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es “Diseño y construcción de un banco de pruebas para el estudio del comportamiento de los componentes eléctricos en sistemas de refrigeración.”, el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde al señor Bacusoy Rosado Washington Jose, estudiante de la carrera de Ingeniería en Mecánica Naval, período académico 2017-2024, quien se encuentra apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.


Manta, 31 de Julio del 2024.

Lo certifico,



**Ing. Efrey Beethoven Alcivar Vélez, MSC**  
**Docente Tutor(a)**

**Facultad:**  
**Ingeniería, Industria y Arquitectura**

 <b>Uleam</b> <small>ELOY ALFARO DE MANABÍ</small>	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> <b>CERTIFICADO DE TUTOR(A).</b>	<b>CÓDIGO: PAT-04-F-004</b>
	<b>PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO  BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	<b>REVISIÓN: 1</b> Página 1 de 1

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y construcción de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la modalidad de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es “Diseño y construcción de un banco de pruebas para el estudio del comportamiento de los componentes eléctricos en sistemas de refrigeración.”, el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde al señor Cornejo Bravo Bryan Jesus, estudiante de la carrera de Ingeniería en Mecánica Naval, período académico 2017-2024, quien se encuentra apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 31 de Julio del 2024.

Lo certifico,

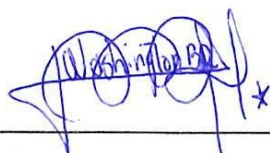


Ing. Efrey Beethoven Alcívar Vélez, MSC  
**Docente Tutor(a)**

**Facultad:**  
**Ingeniería, Industria y Arquitectura**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

BACUSOY ROSADO WASHINGTON JOSE Y CORNEJO BRAVO BRYAN JESUS, egresados de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura, de la carrera de Mecánica Naval, libre y voluntariamente declaro que la responsabilidad del contenido de la presente tesis titulada "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN" Nos corresponde exclusivamente y la propiedad intelectual de la misma pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



---

BACUSOY ROSADO WASHINGTON JOSE



---

CORNEJO BRAVO BRYAN JESUS



---

ING. EFREY BEETHOVEN ALCIVAR VELEZ

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**

**Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura**

**Carrera de Ingeniería en Mecánica**

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.", elaborado por los egresados BACUSOY ROSADO WASHINGTON JOSE y CORNEJO BRAVO BRYAN JESUS de la carrera de Ingeniería en Mecánica Naval.

---

Decano

---

Tutor

---

Miembro del Tribunal

---

Miembro del Tribunal

Secretario

## DEDICATORIA

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

Le dedico el resultado de este trabajo a mi Padre principalmente, quien me apoyo y estuvo conmigo en los malos momentos y buenos momentos, a mi Madre quien no pudo estar conmigo en este proceso, pero sé que desde el Cielo está orgullosa de mi porque falta poco para poder cumplir su sueño.

Gracias de corazón por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

Dedico este trabajo a mi familia quienes han tenido su paciencia y comprensión hacia mí, demostrando su apoyo en cada decisión y proyecto que se me presente dándome los empujones necesarios para poder salir siempre victorioso.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas las personas que me han apoyado cuando más las necesite, por extender su mano en momentos difíciles mil gracias a todos.

*Bacusoy Rosado Washington José*

Esta tesis es el fin, pero también el inicio de un camino lleno de desafíos y aprendizajes, y quiero expresar mi profunda gratitud a mi amada familia. Su amor incondicional y apoyo constante han sido mi luz en los momentos más oscuros. A mis queridos compañeros, gracias por compartir risas, desafíos y triunfos; su amistad ha enriquecido esta experiencia académica.

A los profesores que han dejado una huella imborrable en mi formación, les agradezco por su dedicación, paciencia y sabiduría compartida. Cada lección impartida ha sido un pilar en la construcción de mi conocimiento.

Este logro no habría sido posible sin la sinergia de estos pilares fundamentales en mi vida: mi familia, compañeros y profesores. A todos ustedes, les dedico este trabajo con profundo agradecimiento y reconocimiento por ser parte integral de mi viaje académico.

*Cornejo Bravo Bryan Jesús*

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradecer a mi Familia, Mi Madre que desde el cielo nos cuida, Mi Padre, Mi Esposa e Hijas que siempre me brindaron su apoyo para poder llegar hasta aquí donde estoy, brindándome el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y no abandonarlos.

Le agradezco a mi tutor por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido llegar hasta estas instancias tan anhelada. A los docentes que han sido muchos a todos ellos agradecerle por transmitirme los conocimientos necesarios para poder estar aquí. A mis compañeros los cuales se convirtieron en mis amigos y hermanos gracias por las horas compartidas los trabajos que hicimos en equipo e historias que vivimos.

Por último, agradecer a la universidad que me ha exigido Tanto, pero al mismo tiempo me permitirá lograr y obtener mi tan ansiado título, agradezco a cada directivo por su trabajo y gestión en pocas palabras “Gracias a Todos”.

*Bacusoy Rosado Washington José*



Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi familia, quienes han sido mi mayor apoyo durante este viaje académico. A mis padres, su amor y sacrificios han sido la fuerza impulsora detrás de mis logros. A mis hermanos, gracias por alentarme en cada paso. A mis abuelos, por ser fuente de inspiración. Este logro en mi tesis es también suyo, y estoy agradecido por tener una familia tan increíble a mi lado. Su apoyo ha sido mi mayor motivación

*Cornejo Bravo Bryan Jesús*

## RESUMEN

La refrigeración es un campo diverso y cubre una gran cantidad de procesos que van desde la calefacción hasta el aire acondicionado y desde la refrigeración de alimentos hasta la comodidad humana. Los ingenieros mecánicos navales, además de tener conocimiento sobre los fundamentos de refrigeración, también deben saber leer un diagrama eléctrico, que actualmente es muy importante en el funcionamiento e instalación de estos equipos. El diseño de un banco de pruebas para el estudio de los componentes eléctricos en las instalaciones frigoríficas permite la realización de diferentes instalaciones eléctricas y el análisis del funcionamiento de los diferentes componentes eléctricos en el sistema de refrigeración. Este banco permite a los estudiantes adquirir los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para restablecer el funcionamiento de una instalación frigorífica de pequeña potencia cuando el defecto se debe a la instalación eléctrica.

**Palabras clave:** *Refrigeración, estudio experimenta, electricidad, electro refrigeración.*

## **ABSTRACT**

Refrigeration is a diverse field and covers a large number of processes ranging from refrigeration to air conditioning and from food refrigeration to human comfort. Naval mechanical engineers, in addition to having knowledge of the fundamentals of refrigeration, must also know how to read an electrical diagram, which today is very important in the operation of this equipment. The design of a bench for the study of electrical components in refrigeration installations allowed the realization of different electrical installations and the analysis of the operation of the different electrical components in refrigeration systems. This bench allows students to acquire theoretical and practical knowledge necessary to restore the operation of a low- power refrigeration installation when the defect is due to the electrical installation. **Keywords:** *Refrigeration, experimental study, electricity, electro refrigeration.*

## ÍNDICE

CERTIFICADO DE TUTOR.....	II
CERTIFICADO DE TUTOR II.....	III
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	IV
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTOS .....	VIII
RESUMEN .....	X
ABSTRACT .....	XI
ÍNDICE .....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	1
JUSTIFICACIÓN .....	2
OBJETIVO GENERAL .....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. CICLO DE REFRIGERACION.....	4
1.2. EQUIPOS QUE INTERVIENEN EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN ..	5
1 3. COMPONENTES ELÉCTRICOS DE UN SISTEMA DE REFIRGARACIÓN	9
1.3.1. Termostatos.....	9
1.3.2. Presostato.....	12
1.3.3. Relé de arranque .....	13
1.3.4. Protector térmico.....	17
1.3.5. Capacitores.....	19
1.4. PRINCIPALES FALLAS Y POSIBLES SOLUCIONES EN SISTEMAS	

ELÉCTRICOS DE REFRIGERACION.....	21
2. CAPÍTULO II. DISEÑO DEL BANCO DE ESTUDIO .....	24
2.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	24
2.1.1. Compresor hermético.....	24
2.1.2. Manómetros de alta y de baja.....	25
2.1.3. Set completo de componentes para el desarrollo del programa didáctico: 27	
2.1.4. Condensador de arranque y marcha.....	28
2.2. DISEÑO FINAL DEL BANCO DE PRUEBAS EDUCATIVAS .....	31
2.2.1. Elaboración de la estructura .....	31
2.2.2. Diseño de plantilla de equipos .....	32
2.2.3. Funcionamiento de equipos .....	33
2.2.4. Montaje de equipos y pruebas.....	37
2.2.5. Montaje final del banco .....	38
2.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....	39
3. CAPÍTULO III. MANUAL DE PRÁCTICAS .....	40
3.1. PRÁCTICA 1. RESISTENCIA P.T.C. COMO SISTEMA DE ARRANQUE .40	
3.2. PRÁCTICA 2. ARRANQUE DE COMPRESOR MEDIANTE RELÉ AMPERIMETRICO .....	42
3.3. PRÁCTICA 3. ARRANQUE DE COMPRESOR MEDIANTE RELÉ AMPERIMETRICO Y CAPACITOR DE ARRANQUE CSIR .....	43
3.4. PRÁCTICA 4. ARRANQUE DE COMPRESOR MEDIANTE RELÉ VOLTÍMETRO.....	44
3.5. PRÁCTICA 5: COMPROBACIÓN DEL MOTOCOMPRESOR (Arranque manual) .....	46
3.6. PRÁCTICA 6: COMPROBACIÓN DE LAS BOBINAS DEL COMPRESOR . 47	
3.7. SEGUIMIENTO EN CASO DE AVERIAS ELÉCTRICAS.....	48
3.7.1. PRÁCTICA 7. COMPRESOR FRIGORÍFICO NO SE PONE EN MARCHA	

3.7.2.	PRÁCTICA 8. LA INSTALACIÓN FUNCIONA UN PAR SE SEGUNDOS	
	51	
3.7.3.	PRÁCTICA 9. EL COMPRESOR NO SE PONE EN MARCHA .....	52
3.8.	PRÁCTICA 10. COMPROBACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS .....	54
3.8.1.	Comprobación del interruptor general.....	54
3.8.2.	Comprobación del termostato .....	55
3.8.3.	Comprobación del condensador de arranque .....	56
3.8.4.	Comprobación del protector de motor.....	57
3.8.5.	Comprobación del relé de intensidad.....	58
3.8.6.	Comprobación del motocompresor .....	59
	CONCLUSIONES.....	60
	RECOMENDACIONES .....	62
	BIBLIOGRAFÍA .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Termostato con bulbo sensor de temperatura	10
Figura 2. Termostato bimetálico	11
Figura 3. Termostato electrónico	11
Figura 4. Presostato	12
Figura 5. Relé de corriente magnética	14
Figura 6. Relé Voltimétrico	16
Figura 7. Relé PTC	17
Figura 8. Protector térmico	17
Figura 9. Capacitor o condensador	19
Figura 10. Datasheet HBL27YG-3	24
Figura 11. Compresor hermético HBL27YG-3	25
Figura 12. Manómetro de baja	26
Figura 13. Manómetro de alta	26
Figura 14. Plano de la estructura	31
Figura 15. Proceso de soldadura y pintura	31
Figura 16. Plantilla de banco de pruebas.	32
Figura 17. Válvula de diafragma de cierre Tipo BML 6	33
Figura 18. Selección de la válvula	34
Figura 19. Doble presostato tipo KP 15	35
Figura 20. Montaje de equipos.	37
Figura 21. Pruebas de funcionamiento	37
Figura 22. Diseño final de banco de pruebas.	38
Figura 23. Arranque mediante RELE PTC	39
Figura 24. Arranque mediante relé amperimétrico	39
Figura 25. Sistema de arranque mediante resistencia PTC	40
Figura 26. Posibilidades de alimentación de arranque por resistencia PTC	41
Figura 27. Esquema eléctrico básico de refrigeración	42
Figura 28. Arranque CSIR	43
Figura 29. Comprobación del motocompresor.	47
Figura 30. Seguimiento de averías eléctricas I	49
Figura 31. Seguimiento de averías eléctricas II	50
Figura 32. Equipo no se pone en marcha	50

Figura 33. La instalación funcional por pocos segundos.	51
Figura 34. Compresor no se pone en marcha	52
Figura 35. Compresor no se pone en marcha II	53
Figura 36. Comprobación del interruptor general	54
Figura 37. Comprobación del termostato	55
Figura 38. Comprobación de resistividad del termostato	55
Figura 39. Comprobación del condensador.	56
Figura 40. Fallas de condensador	57
Figura 41. Comprobación del protector de motor	58
Figura 42. Comprobación del relé de intensidad	58
Figura 43. Si realizamos la medición del valor de sus resistencias	59



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes eléctricos.	27
Tabla 2. Características de la válvula	34
Tabla 3. Datos técnicos doble presostato tipo KP	36
Tabla 4. Sistema de contacto	36
Tabla 5. Comprobación del interruptor general	54

## INTRODUCCIÓN

En la industria de la refrigeración existen muchas maneras de diseñar un sistema que cumpla los requisitos requeridos por los usuarios, pero, sin embargo, no es menos cierto que de todas estas maneras posibles de resolver el problema no siempre dentro del campo académico se han considerado condiciones bajo la óptica de la eléctrica dentro de la materia (Bonilla et al., 2018).

Cuando existen procesos de mantenimiento o reparación en equipos de refrigeración, existen varios tipos de eventos que podemos identificar. Principalmente podemos hablar en esta ocasión de 2 tipos de ellos; las fallas mecánicas y/o de control o eléctricas (Zamora et al., 2022).

Un ejemplo de fallas mecánicas puede ser; el plato de válvulas dañado, compresor con válvulas rotas, válvula de expansión obstruida, filtro deshidratador saturado, condensador o evaporador con serpentín sucio, etc. Que normalmente se dominan en la industria de la refrigeración. Pero no se debe dejar atrás las fallas de control y/o eléctricas que cada día son más relevantes en estos sistemas de refrigeración (Selvnes et al., 2021).

Los ingenieros mecánicos navales, además de tener los conocimientos sobre los fundamentos de refrigeración, también es necesario saber leer un diagrama eléctrico, que hoy por hoy son muy importantes en el funcionamiento de estos equipos. Los fabricantes normalmente, indican en un solo diagrama o esquemático, como se encuentra el cableado y que circuito se debe completar para que el sistema funcione correctamente, los cuales son representados en líneas, diagramas y dibujos.

## JUSTIFICACIÓN

La refrigeración es un campo diverso y cubre una gran cantidad de procesos que van desde la climatización hasta el aire acondicionado para la comodidad humana. La refrigeración como un todo, por lo tanto, parece complicada debido al hecho de que la termodinámica, la mecánica de fluidos y la transferencia de calor siempre se encuentran en cada proceso o aplicación de refrigeración (Franco, 2006). Para una buena comprensión del funcionamiento de los sistemas y aplicaciones de refrigeración, es indispensable un amplio conocimiento de dichos temas. Cuando un ingeniero o un estudiante de ingeniería emprende el análisis de un sistema de refrigeración y/o su aplicación, primero debe tratar varios aspectos básicos, dependiendo del tipo de problema que se esté estudiando, que puede ser de termodinámica, mecánica de fluidos, o transferencia de calor. Junto con esto, existe la necesidad de introducir varias definiciones y conceptos antes de profundizar en los sistemas y aplicaciones de refrigeración. Además, las unidades son importantes en el análisis de tales sistemas y aplicaciones. Uno debe asegurarse de que estas sean utilizadas de forma indicada para llegar a un resultado correcto (Calderón et al., 2020). Con la realización este banco de estudio se podrá realizar prácticas experimentales de diferentes instalaciones eléctricas y el análisis del funcionamiento de los diferentes componentes, este a su vez permite a los estudiantes adquirir los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para restablecer el funcionamiento de una instalación frigorífica cuando el defecto se debe a la instalación eléctrica.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Diseño y construcción de un banco de pruebas para estudiar el comportamiento de los componentes eléctricos en sistemas de refrigeración.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las características eléctricas de un sistema de refrigeración, principios de funcionamiento y tipos de equipos.
- Seleccionar equipos y construir un banco de pruebas para estudiar el comportamiento de los componentes eléctricos con la realización de diferentes circuitos y el análisis del funcionamiento de los diferentes componentes del sistema de refrigeración.
- Realizar pruebas de funcionamiento y elaborar un manual de prácticas teórico-experimental de los diferentes ejercicios permitidos por el banco de prueba.

# 1. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

## 1.1. CICLO DE REFRIGERACION

Según (Cano, 2022; Engineers Edge, 2023 y Valdés, 2014) el ciclo de refrigeración consta de los siguientes procesos:

- **Proceso 1-2. Proceso de Compresión:** El gas refrigerante a baja temperatura y a baja presión es aspirado por una máquina térmica que utiliza la energía mecánica para comprimir este gas a una presión y a una temperatura más elevada, la máquina térmica que interviene en este proceso se la denomina compresor, el trabajo que este compresor requiere es igual a la diferencia de entalpías entre el punto uno y el punto dos.
- **Proceso 2-3. Proceso de Condensación:** Los vapores comprimidos a temperaturas elevadas una vez que son enfriados, estos se condensan a la misma presión, este proceso lo realizan los condensadores que, utilizando el aire, el agua o ambos, extraen el calor de enfriamiento y el calor latente rechazándolo al ambiente. Podemos observar que el gas refrigerante en el punto 2 se convierte en líquido en el punto 3 a la misma presión y a la misma temperatura de condensación.
- **Proceso 3-4. Proceso de Expansión:** El líquido a alta presión pasa a través de un orificio calibrado experimentando una caída de presión, esto provoca por una parte una evaporación parcial y por otra el enfriamiento hasta la temperatura de evaporación del líquido restante. La expansión del líquido no sufre un cambio en su entalpía en el curso de la cual la cantidad de calor total contenida en el líquido antes del proceso y dentro de la mezcla líquido – vapor

a su paso por el orificio no ha variado. El elemento que realiza este proceso se lo denomina válvula de expansión.

- **Proceso 4-1. Proceso de Evaporación:** La mezcla vapor – líquido se evapora totalmente dentro del evaporador por ebullición a la temperatura correspondiente a la tensión de vapor saturado del fluido utilizado, esta ebullición es debido al intercambio de calor con el medio ambiente de transferencia del evaporador. En este punto es donde la refrigeración es utilizada, es en el evaporador donde se aprovecha el efecto de baja temperatura para enfriar o congelar.

## 1.2. EQUIPOS QUE INTERVIENEN EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Todos los equipos que intervienen en un sistema de refrigeración son:

- 1) **Compresores** La finalidad de un compresor tal como define su nombre es el de aspirar los vapores producidos por la evaporación del fluido frigorífero en el evaporador a una presión baja correspondiente a las condiciones de funcionamiento y de descargar a alta presión dichos vapores comprimidos al condensador, a fin de permitir su condensación por enfriamiento. Existen dos tipos principales de compresores, los alternativos o de pistones y los rotativos. En los compresores rotativos, su aspiración y compresión se basa en la carrera de sus pistones, estos pistones son accionados por un cigüeñal dando el movimiento alternativo deseado. Cuando el pistón baja, aspira el gas a través de sus válvulas de aspiración, determinando el volumen aspirado por el área del cilindro y la longitud de su desplazamiento hacia abajo. Una vez que el cilindro termina su carrera en la parte inferior, este comienza a

comprimir en su carrera hacia arriba, cerrando la válvula de admisión, descargando el gas a una mayor presión (Velázquez y González, 2021).

La mayoría de estos compresores tienen instalados un sistema de control de capacidad, que no es más que, mediante un sistema hidráulico que utiliza la presión de aceite de lubricación, desconecta las válvulas de succión, levantándolas, de tal manera que el pistón no realiza ningún trabajo, o sea, el gas que aspira en la camisa, lo vuelve a expulsar a la misma presión y temperatura en la misma cámara de succión. Este sistema puede ser controlado mediante una válvula manual que corta el paso de la presión de aceite al sistema de control de capacidad o también a través de una electroválvula, para que el control sea automatizado. Con este control lo que se logra es la disminución de capacidad de compresión para mantener una presión estable en la succión, de esta manera se logra controlar los requerimientos del sistema y disminuir el consumo de energía eléctrica, consumo innecesario si el sistema ya se encuentra en el rango de presión de succión de diseño (Zamora et al., 2022).

**2) Condensadores** La finalidad del condensador en un sistema de refrigeración ya quedó definida anteriormente, por lo que podemos resumir que es un equipo capaz de absorber calor de la descarga de un compresor y rechazarla en la mayoría de los casos al medio ambiente permitiendo bajar la temperatura del gas refrigerante saturado transformándolo en líquido saturado, a la misma presión. Existe una gran cantidad de tipos de condensadores, disponibles en el mercado, dependiendo del uso y requerimientos de los sistemas de refrigeración, pero podríamos clasificarlos en condensadores por calor sensible y condensadores por calor latente; dentro de esta clasificación se

encuentran los de evaporación forzada o evaporativos que son los tratados en esta tesis (Reyes, 2021).

El condensador evaporativo funciona de la siguiente manera. El gas que viene de los compresores ingresa por una entrada superior el cual es distribuido en un serpentín de tubos más pequeños con la finalidad de aumentar el área de transferencia de calor el que, es realizado mediante una lluvia de agua procedente de atomizadores bombeados por una bomba de agua de un recipiente inferior, a su vez un ventilador produce una contracorriente de aire logrando dos propósitos, enfriando el agua y produciendo una evaporación forzada, de esta manera el calor retirado del gas es enviado al ambiente y el condensado sale por la tubería inferior del serpentín, se utiliza un separador de gotas para evitar desperdicio de agua y también mayores daños en el ventilador (Sarbu y Sebarchievic, 2015).

Eléctricamente se puede observar que existe dos motores a considerarse, la bomba de agua y el ventilador y definiéndolo como imperativo dónde si uno de los dos motores se paraliza debe existir una señal eléctrica de control que desconecte el (los) compresor(s) ya que, si no existe buena condensación, la presión de descarga del sistema aumenta, poniendo en peligro toda la instalación (Bonilla et al., 2018).

**3) Válvulas de Expansión** Las válvulas de expansión según Cano, (2022) son realmente sistemas que restringen el paso del refrigerante, a través de un pequeño orificio o ranura que produce el estrangulamiento, dentro de este tipo existen las automáticas y las manuales. Las manuales son operadas por el hombre y una vez que se las regula, el área del orificio por donde pasa el refrigerante es siempre la misma, independiente de las condiciones de



operación del sistema, en cambio las automáticas mantienen constante la variable para la cual fueron construidas variando la apertura, abriendo o cerrando el orificio.

Existen dos tipos de válvulas de expansión de esta clase, las de presión constante y las de temperatura constante, esta última también denominada termostática.

- Las de presión constante censan la presión interna del evaporador y tratan de mantenerla constante, de tal manera que si la presión disminuye el área del orificio aumenta permitiendo mayor flujo y viceversa.
- Las termostáticas en cambio censan la temperatura de salida del gas del evaporador y actúan sobre la apertura del orificio de acuerdo al valor regulado.
- La acción sobre el vástago de apertura lo realizan a través de un diafragma, que en el caso de la termostática este diafragma es accionado por un líquido confinado en un bulbo que varía su presión interna de acuerdo con la temperatura censada.

**4) Evaporadores** El último elemento del ciclo de vapor – compresión es el evaporador, cuya finalidad es servir de cambiador térmico para captar o absorber el calor de los cuerpos hacia el líquido refrigerante produciendo su ebullición, utilizando para el efecto un medio de transmisión de calor que puede ser un metal, metal+aire o metal+líquido. Como la transmisión térmica va en relación directa con la superficie de evaporación, todo evaporador está compuesto por una serie de serpentines, que conducen el líquido refrigerante, cuando se trata de aire, estos serpentines tienen además alrededor de los

tubos aletas, con la finalidad de aumentar la superficie de transferencia. Existen también evaporadores por contacto en vez de tubos, utilizan placas o planchas metálicas, de esta manera el cuerpo a refrigerarse está en contacto con estas placas, este sistema se lo utiliza principalmente en congeladores, máquinas de hielo y enfriadores de agua (Reyes, 2021).

### **1.3. COMPONENTES ELÉCTRICOS DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

#### **1.3.1. Termostatos**

Los termostatos son interruptores que regulan automáticamente el funcionamiento del frigorífico, con el objetivo de mantener la temperatura deseada en el evaporador y cámara. Indican variaciones de temperatura y contactos eléctricos cerrados o abiertos.

Los termostatos se pueden clasificar según el elemento de medición de temperatura.

- **Termostato con bulbo sensor de temperatura.** El bulbo contiene un gas o líquido que cuando aumenta la temperatura en el bulbo, también hay un aumento de presión en el fluido que se transmite al fuelle del termostato. El movimiento del fuelle proporciona el cierre o apertura de los contactos a través del mecanismo de palanca.

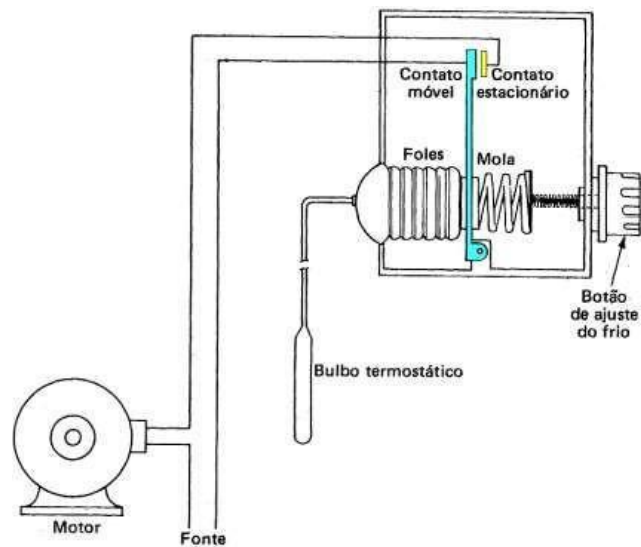


Figura 1. Termostato con bulbo sensor de temperatura  
Fuente: (Selvnes et al., 2021)

□ **Termostato bimetalico.** El tipo de termostato llamado bimetalico funciona expandiendo o contrayendo los metales debido a los cambios de temperatura. Estos termostatos están diseñados para controlar el calor y la refrigeración en unidades de aire acondicionado, cámaras frigoríficas, invernaderos, fancoils, etc. En la Figura 2, dos metales, cada uno con un coeficiente de expansión diferente, se sueldan entre sí para formar una lámina bimetalica. Con una cuchilla unida a un extremo se forma un circuito y los dos puntos de contacto se cierran mediante el paso de una corriente eléctrica (Chavez, 2022).

Debido a que una corriente eléctrica produce calor al pasar a través de la hoja bimetalica, los metales de la hoja comienzan a expandirse, pero en diferentes proporciones. Los metales están dispuestos de modo que el que tiene el mayor coeficiente de expansión quede debajo de la unidad. Después de un cierto período de tiempo, se alcanza la temperatura de funcionamiento y los puntos de contacto se separan, apagando así la entrada de corriente. Después de un corto período, la cuchilla se enfría lo suficiente como para hacer que los puntos de contacto se conecten, restableciendo así el circuito y

permitiendo que la corriente active el circuito nuevamente. El ciclo anterior se repite varias veces y de esta forma se evita que la temperatura suba demasiado o baje demasiado.

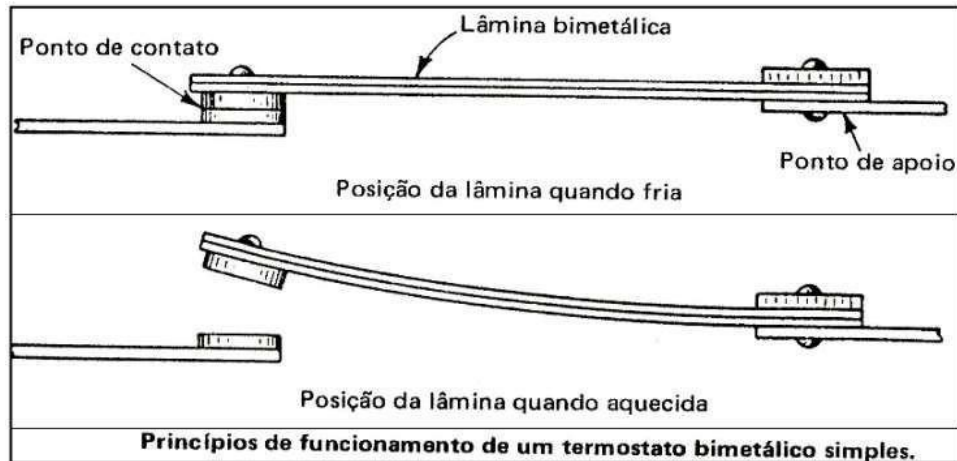


Figura 2. Termostato bimetalico.  
Fuente: (Selvnes et al., 2021)

- **Termostato electrónico.** Básicamente, sea cual sea el modelo de termostato electrónico, la temperatura interna del ambiente refrigerado se mide mediante un sensor eléctrico (NTC o PTC), que envía la señal a un circuito electrónico. Este circuito, a su vez, enciende o apaga el compresor (Franco, 2006).



Figura 3. Termostato electrónico  
Fuente: (GPM,2021)

### 1.3.2. Presostato

Los presostatos son interruptores eléctricos controlados por presión. El ajuste de la presión se realiza mediante un tornillo. En algunos modelos, el diferencial de presión (diferencia entre la presión de disparo y de reinicio) es ajustable. El reinicio puede ser automático o manual. Los presostatos con rearme manual se utilizan más cuando el dispositivo tiene función de protección. Es de gran importancia verificar el motivo de su actuación, asegurándose de que el sistema sólo se reinicie cuando esté listo para operar dentro de los límites de presión adecuados. En los casos en los que el presostato actúa en control, el reinicio automático es la mejor opción (Calderón y otros, 2020).

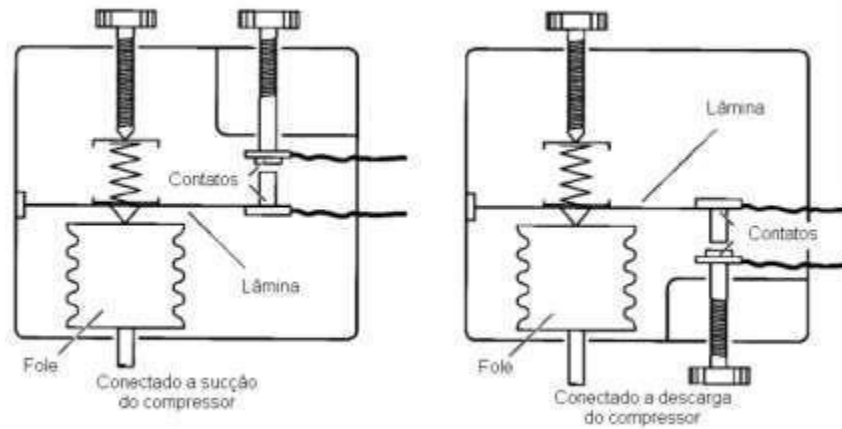


Figura 4. Presostato.  
Fuente: (Selvnes et al., 2021)

Los presostatos se clasifican en:

- Presostato de baja presión: se apagan cuando la presión de succión desciende por debajo de un cierto valor
- Presostatos de alta: se apagan cuando la presión de descarga supera un valor determinado

- Presostatos de alta y baja presión: combinan los dos tipos anteriores en un solo dispositivo
- Presostatos diferenciales: diseñados para controlar la presión del aceite de lubricación del compresor, que se apagan cuando la diferencia entre la presión de la bomba y el cárter del compresor es insuficiente para una adecuada lubricación.

### **1.3.3. Relé de arranque**

El relé de arranque es el dispositivo eléctrico que controla la operación de encendido/apagado del devanado de arranque, lo que permite encenderlo para ayudar a arrancar el motor y apagarlo justo antes de que el motor alcance su velocidad nominal o velocidad normal. La acción conjunta del relé de arranque y el protector térmico asegura un control preciso del tiempo de funcionamiento del devanado auxiliar, evitando el sobrecalentamiento del devanado y protegiendo el equipo contra daños más graves (Reyes, 2021).

En el momento del arranque, cuando el control de temperatura cierra el circuito eléctrico, un pulso de corriente eléctrica pasa por el devanado principal del motor y por la bobina del relé. Esto energiza el relé de arranque cerrando los contactos del devanado de arranque. La corriente que pasa por el devanado de arranque introduce un segundo campo magnético desfasado en el estator y arranca el motor. Cuando aumenta la velocidad del motor, se reduce la corriente del devanado en funcionamiento. En una condición predeterminada, la corriente del devanado de funcionamiento cae a un valor inferior al requerido para mantener la armadura del relé de arranque (Zamora et al., 2022).

La armadura cae y abre los contactos del devanado de arranque y lo saca del circuito. Luego, el motor continúa funcionando a través del devanado en funcionamiento, como un motor de inducción.

Los relés de arranque se clasifican en:

- **Relé de corriente magnético.** Es el tipo más utilizado en los equipos de refrigeración actuales, también conocido como relé de corriente. El relé magnético tiene una bobina conectada en serie con el devanado principal o de funcionamiento y una armadura con revestimiento en ambos lados, que a su vez están montados con pesas y resortes (Vergara, 2021).

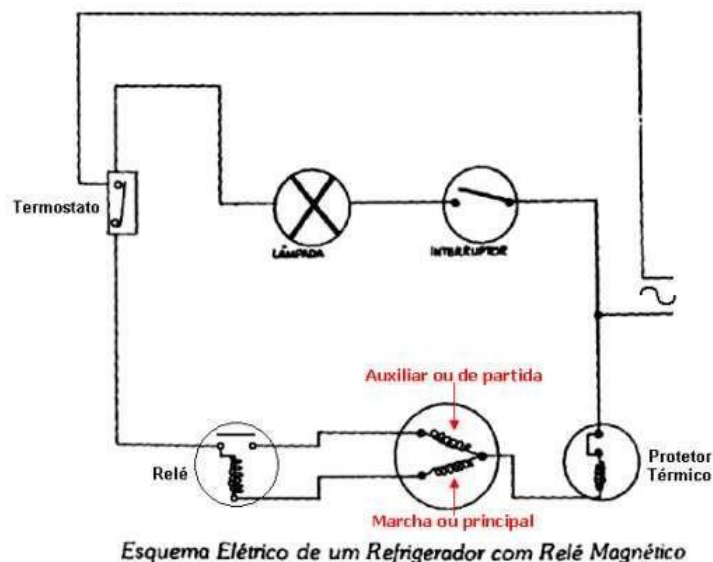


Figura 5. Relé de corriente magnética.  
Fuente: (Vergara, 2021)

- **Relé térmico.** Este tipo de relé contiene un dispositivo de sobrecarga bimetalico. Cuando se enciende, el termostato permite el paso de corriente eléctrica a los platinos del relé térmico. Al cerrarse estos, la corriente pasa a los devanados auxiliar y de funcionamiento, arrancando el motor. La corriente de arranque del compresor calienta el cable térmico y hace que se expanda, permitiendo que la pala del balancín se doble lo suficiente para permitir que las placas de platino se abran. Como resultado, el flujo de corriente al devanado

auxiliar se interrumpe y continúa solo a través del corriendo sinuoso. El relé térmico está cuidadosamente diseñado para permitir que el devanado auxiliar deje de funcionar cuando el motor alcance aproximadamente el 80% de su velocidad nominal. Mientras el motor está funcionando, en condiciones normales, el flujo de corriente mantiene abiertas las placas de arranque y cerradas las placas de funcionamiento. El relé térmico cuenta con protección interna contra sobrecarga, la cual está formada por el propio cable térmico, el cual actúa cuando la corriente eléctrica excede los límites establecidos por el fabricante (Vergara, 2021).

- **Relé Voltimétrico.** También se le conoce como relé de potencial, relé de tensión magnético o relé de tensión. Los relés voltímetros están conectados en paralelo a la red eléctrica y, por ello, funcionan con la tensión que se les suministra. Los relés voltimétricos sólo funcionan con condensadores de arranque y de marcha, ya que se utilizan en compresores que requieren un par de arranque elevado y cuya referencia comercial en los catálogos de los fabricantes dice por encima de 3/4 de HP. En relación a otros tipos de relés, el relé voltimétrico tiene los platos ya cerrados al arrancar el compresor, lo cual es una ventaja, ya que evita la formación de chispa eléctrica en caso de alta corriente eléctrica. El relé del voltímetro está conectado en paralelo con el terminal común y el terminal auxiliar de arranque del compresor (Caizatoa y Chamorro, 2019).





Figura 6. Relé Voltimétrico.  
Fuente: (Vergara, 2021)

- **RELÉ PTC.** El relé PTC, cuyo nombre proviene de las palabras Coeficiente de temperatura positivo. A temperatura ambiente, el relé PTC tiene baja resistencia óhmica y, si se establece una conexión en el circuito, el PTC permite el paso de corriente eléctrica. Cuando el compresor arranca, la corriente del serpentín auxiliar pasa a través del PTC, aumentando su temperatura. Como resultado, la resistencia del PTC aumenta hasta alcanzar un valor tan alto que impide el paso de corriente eléctrica a la bobina auxiliar. Este fenómeno se produce porque la corriente siempre busca seguir los caminos de menor resistencia (Garrafal, 2022).



Figura 7. Relé PTC.  
Fuente: (GPM, 2021)

#### 1.3.4. Protector térmico

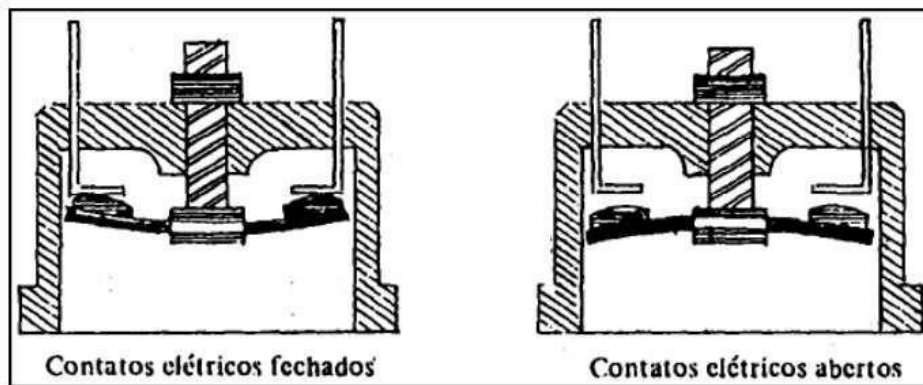


Figura 8. Protector térmico.  
Fuente: (Franco, 2006)

Como su nombre indica, el protector térmico sirve para proteger al compresor, impidiendo que funcione en condiciones adversas distintas a aquellas para las que fue diseñado. Su principal objetivo es evitar que el motor del compresor se caliente hasta una temperatura que lo dañe o incluso quemé, por falta de función de arranque, bloqueo del rotor, cortocircuito, alta temperatura de los devanados, sobrecarga continua o frecuente, baja tensión, etc. (Franco, 2006).

Actúa cuando detecta que la corriente del compresor y la temperatura de la bobina (motor) o de la carcasa del compresor están alcanzando un nivel crítico. Consiste en

una resistencia eléctrica en contacto con un disco bimetálico. Cuando persiste en el motor una tensión de corriente 2 a 3 veces superior a la tensión de funcionamiento, la resistencia se calienta y deforma el disco bimetálico, lo que abre los contactos eléctricos, interrumpiendo el circuito del motor; esto sucede en 2 a 5 segundos. La anomalía puede durar hasta que el técnico reparador localice la causa. La perturbación suele producirse cuando el circuito eléctrico se interrumpe y se enciende casi al mismo tiempo, sin esperar de 2 a 3 minutos para que las dos presiones, alta y baja, tengan la oportunidad de equilibrarse (Selvnes et al., 2021).

El protector térmico es, por tanto, un elemento de seguridad del compresor, que debe ser bien conocido por todos los técnicos en refrigeración. El protector térmico puede ser interno (es decir, dentro del compresor) o externo. La mayoría está más familiarizada con el protector térmico externo, que está montado en el terminal hermético del compresor, al lado del relé (Yildiz et al., 2021).

### 1.3.5. Capacitores



Figura 9. Capacitor o condensador  
Fuente: (Valdés, 2014)

El condensador o capacitor es un componente utilizado casi en todos los sistemas eléctricos de refrigeración. Permite almacenar cargas eléctricas en forma de campo electrostático y mantenerla durante un tiempo determinado, incluso si se corta el suministro eléctrico. Existen varios tipos de condensadores, entre ellos: poliéster, cerámicos, electrolíticos, etc.

Internamente, un condensador electrolítico está compuesto por dos láminas de aluminio, separadas por una capa de óxido de aluminio, enrolladas y empapadas en un electrolito líquido (compuesto predominantemente de ácido bórico o borato de sodio), que acaba evaporándose en pequeñas cantidades durante el funcionamiento.

usar. Como el condensador está sellado herméticamente, con el tiempo esto genera una presión interna que hace que se hinche. Esta es la señal visible de que el condensador está al final de su vida útil. En algunos casos, el electrolito puede tener fugas, corroer las pistas y otros componentes cercanos y provocar así una falla prematura del equipo. En los circuitos eléctricos de refrigeración, los condensadores se clasifican en dos tipos principales según su finalidad: arranque y funcionamiento (Valdés, 2014).

- **Condensadores de arranque:** tienen como objetivo aumentar el par de arranque de los compresores, ayudándolos en el arranque. Los compresores con motores de bajo par de arranque (LST) fueron diseñados para funcionar sin condensador de arranque. Pero en situaciones en las que hay problemas con la red de distribución de energía eléctrica (baja tensión), es necesario el uso de un condensador. En situaciones donde los sistemas de refrigeración pueden arrancar con presiones no ecualizadas, también se recomienda el condensador de arranque. Es muy común usarlo en sistemas comerciales. En motores de alto par de arranque (HST), es obligatorio el uso de un condensador de arranque. Estos compresores pueden funcionar en sistemas de refrigeración donde se utiliza una válvula de expansión. En esta aplicación, las presiones altas y baja nunca se igualan, lo que requiere un esfuerzo adicional por parte del compresor al arrancar.
  
- **Condensadores de marcha:** normalmente se encuentran en motores de alta eficiencia energética, con arranque PTC. Básicamente, este tipo de condensador permite que la corriente pase a través de la bobina auxiliar del compresor después de su arranque, haciendo que el devanado auxiliar también contribuya al funcionamiento del motor. Los motores que utilizan el

condensador de funcionamiento ya han sido diseñados previamente para ello. Esto se debe a que, con la aplicación del capacitor de operación, la energía pasará por el devanado de arranque y este devanado debe estar diseñado para soportar este tipo de trabajo. La aplicación incorrecta de un condensador de funcionamiento podría provocar que se queme la bobina auxiliar y, en consecuencia, que se queme el compresor.

#### **1.4. PRINCIPALES FALLAS Y POSIBLES SOLUCIONES EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE REFRIGERACION**

##### **Fallo de termistor PTC**

Hay dos indicadores principales para medir la confiabilidad de los termistores PTC:

- Capacidad de soportar voltaje: exceder el voltaje especificado puede causar una ruptura de cortocircuito del termistor PTC, la aplicación de alto voltaje puede eliminar productos con bajo voltaje de resistencia y garantizar que el termistor PTC esté por debajo del voltaje operativo máximo ( $V_{max}$ ) seguro.
- Capacidad de resistencia de corriente: exceder la corriente o los tiempos de conmutación especificados puede hacer que el termistor PTC muestre un estado de alta resistencia irre recuperable y falle. La prueba cíclica de encendido y apagado no puede eliminar completamente los productos de falla temprana.

##### **Falla de relé potencial o voltímetro**

En este tipo de relé se debe considerar varias posibilidades de falla:

Falla en la Bobina del Electroimán.

- Bobina del electroimán quemada o abierta.
- Bobina recalentada: se suele cometer un error al revisar la bobina, porque a pesar de mostrar un valor resistivo, ese valor puede no ser el que corresponde

a una bobina en buen estado, ya que una bobina recalentada no puede inducir el campo magnético con la suficiente potencia que permita atraer y sostener la platina de arrastre del contacto de forma sostenida, lo que puede originar un funcionamiento intermitente o simplemente no puede hacer el arrastre de la platina de contacto.

### **Falla en los Contactos**

- **Desgaste en los contactos:** Se origina en estado de reposo, el contacto no cierre perfectamente y por consiguiente al tomar continuidad entre ellos muestre estar abierto; lo que no va a permitir el arranque del motor y se dispare el protector térmico.
- **Contactos pegados:** se suele presentar casos en los cuales los contactos se quedan pegados, lo que impide la desconexión del bobinado de arranque del compresor.

### **Bobinado del Compresor Recalentado**

- **Bajo voltaje inducido:** Si bien esta falla nada tiene que ver con el relé propiamente dicho, se debe considerar al momento de efectuar la revisión de un motor que presenta problema en el arranque; cuando el bobinado del compresor está recalentado, el campo magnético inducido sufre una variación, lo que a su vez ocasiona un menor voltaje inducido que no es suficiente para hacer funcionar correctamente la bobina del relé.
- Cuando se presenta una disminución en el voltaje inducido el bobinado de arranque (Coil-voltaje: Voltaje que mide entre el borne de arranque y el borne de marcha cuando el compresor está en funcionamiento), la bobina del relé no

induce el campo magnético necesario para que el magnetismo del núcleo tenga la fuerza suficiente para atraer o sostener la platina de arrastre de contactos para abrir los contactos originando un funcionamiento errático del relé, a pesar de estar en buen estado; cuando se presenta esta falla, el relé se daña con mucha frecuencia.

- Cuando se presenta este tipo de falla en la cual el relé se daña, se debe hacer la prueba de voltaje inducido en el bobinado de arranque, conocida en el medio como el COIL VOLTAGE (Voltaje de bobina) y este debe coincidir al voltaje de funcionamiento de la bobina del relé, de acuerdo a una tabla de verificación para este tipo de relés



## 2. CAPÍTULO II. DISEÑO DEL BANCO DE ESTUDIO

### 2.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS

Para el diseño de este banco de pruebas, se seleccionará los equipos eléctricos y accesorios del sistema eléctrico de refrigeración a partir de la selección de un compresor hermético.

#### 2.1.1. Compresor hermético

Para este banco de pruebas se seleccionó un compresor hermético de la marca Daewoo Modelo HBL27YG de 1/3 que trabaja con el refrigerante R134a, con desplazamiento de 8.69 cc/rev, 992Btu/h de capacidad de congelación y 4Btu/W de eficiencia del tipo CSR que incluye termostato.

R134a LBP												110V 50Hz	
Series	Model	Displacement [cc/rev]	Consumption Power [W]	Cooling Capacity			Efficiency			Motor Type	Cooling Type	Net Weight [kg]	Oil Qty. [cc]
				kcal/h	Watt	Btu/h	EFF kcal/Wh	COP W/W	EER Btu/Wh				
Y	HEL11Y-3	4.51	104	95	110	377	0.91	1.06	3.62	RSQR	ST	6.7	230
	HEL13JE-3	4.62	114	120	140	476	1.05	1.22	4.18	RSQR	ST/FC	7.4	230
JE	HEL15JE-3	5.12	128	135	157	536	1.05	1.23	4.19	RSQR	ST/FC	7.7	230
	HEL19JE-3	5.84	144	155	180	615	1.08	1.25	4.27	RSQR	ST/FC	8.2	230
JX	JX51LHE3	5.12	132	150	174	595	1.14	1.32	4.51	RSQR	ST/FC	8.3	230
	JX58LHE3	5.84	143	170	198	675	1.19	1.38	4.72	RSQR	ST/FC	8.3	230
YH	HEL26YH-3	8.25	195	235	273	933	1.21	1.40	4.78	RSQR	ST/FC	9.2	290
YX	YX58LHE3	5.84	137	175	204	694	1.28	1.49	5.07	RSQR	ST/FC	9.5	290
	HEL21YG-3	6.73	166	185	215	734	1.11	1.30	4.42	RSQR	ST/OC/FC	9.0	290
	HCL23YG-3	7.03	180	200	233	794	1.11	1.29	4.41	CSIR	ST/OC/FC	9.3	290
YG	HEL23YG-3	7.03	179	200	233	794	1.12	1.30	4.43	RSQR	ST/OC/FC	9.3	290
	HBL25YG-3	7.68	197	215	250	853	1.09	1.27	4.33	CSR	ST/OC/FC	9.5	290
	<b>HBL27YG-3</b>	<b>8.69</b>	<b>246</b>	<b>250</b>	<b>291</b>	<b>992</b>	<b>1.02</b>	<b>1.18</b>	<b>4.03</b>	<b>CSR</b>	<b>ST/OC/FC</b>	<b>9.5</b>	<b>290</b>
	HBL23YE-3	7.03	181	190	221	754	1.05	1.22	4.17	CSR	ST/OC/FC	9.3	290
YE	HCL23YE-3	7.03	193	190	221	754	0.98	1.14	3.91	CSIR	ST/OC/FC	9.3	290
	HBL27YE-3	8.69	238	240	279	952	1.01	1.17	4.00	CSR	ST/OC/FC	9.5	290

Remark (\*) means under development mode

Test Condition(ASHRAE) LBP		Motor Type		Compressor Cooling	
1. Evaporating temperature	: -23.3 °C ( -10 °F )	1. RSIR	: Resistance Start Induction Run	1. ST	: Static Cooling
2. Condensing temperature	: 54.4 °C ( 130 °F )	2. RSCR	: Resistance Start Capacitor Run	2. OC	: Oil Cooling
3. Ambient temperature	: 32.2 °C ( 90 °F )	3. CSIR	: Capacitor Start Induction Run	3. FC	: Fan Cooling
4. Gas superheated to	: 32.2 °C ( 90 °F )	4. CSR	: Capacitor Start Capacitor Run		
5. Liquid subcooled to	: 32.2 °C ( 90 °F )				

Figura 10. Datasheet HBL27YG-3  
Fuente: DAEWOO, 2021



Figura 11. Compresor hermético HBL27YG-3  
Fuente: Elaboración propia

### **2.1.2. Manómetros de alta y de baja**

Generalmente, se debe seleccionar un manómetro cuyo rango sea 2 veces la presión de servicio óptima, ya que esto asegura el mejor rendimiento. Para ello se selecciona manómetro de presión lateral baja de repuesto IMPERIAL: R-134A/R-22/R-404A, 2 1/2 pulgadas de diámetro, seco para presiones de 30 pulgadas Hg a 250 psi.



Figura 12. Manómetro de baja.  
Fuente: IMPERIAL, 2021

Para la sección de alta se selecciona un manómetro IMPERIAL 423-CR tipo seco para presiones de 0-800PSI con MPT DE 1/8" modelo 423-CR.



Figura 13. Manómetro de alta.  
Fuente: IMPERIAL, 2021

### 2.1.3. Set completo de componentes para el desarrollo del programa didáctico:

Estos componentes se eligen a partir de la corriente de alimentación del compresor hermético (120V-60Hz)

Tabla 1. Componentes eléctricos.

<p>Relevador de Estado Sólido APSR-4001P 1/3, 1/4, 1/6, 1/8 hp, 110 V</p>	
<p>Relé amperimétrico tipo Compela <b>1/3</b> Hp 110- 220v</p>	
<p>Voltímetro Relé Qrp-66 1/3hp</p>	

Medidor de tensión y amperaje para tablero.



Interruptor magnetotérmico diferencial de 20 AMP.



Pulsador de emergencia



Fuente: Elaboración propia

#### 2.1.4. Condensador de arranque y marcha

Para saber el valor en microfaradios que necesitamos de un condensador y conseguir un par de funcionamiento (marcha) optimo en una línea monofásica,

primero deberemos conocer los datos del motor, potencia, intensidad y tensión. La potencia del motor normalmente deberemos obtenerla por las indicaciones del fabricante por ejemplo en la placa de características del motor, aplicaremos la fórmula y obtendremos los siguientes datos.

$$P = V * I * \cos\phi$$

En esta ecuación la potencia podemos obtenerla de la placa de características del motor. La tensión de trabajo sería 120V en monofásica. El coseno de phi también debe de estar indicado por el fabricante del motor, un valor común en motores eléctricos suele estar en 0.8 ó 0.85. Y por último la intensidad será el dato que tendremos que averiguar.

La siguiente ecuación queda despejada la intensidad de la ecuación anterior.

$$I = \frac{P}{V * \cos\phi} \approx \frac{0.246KW}{120 * \cos(0.8)} = 2.05 \times 10^{-3}$$

Una vez sabemos la intensidad despejaremos la reactancia inductiva:

$$X_L = \frac{V}{I} = 0.058$$

Dónde:

- $X_L$  = es la reactancia inductiva medida en ohmios.
- $V$  = es la tensión de alimentación, en alimentación monofásica, por ejemplo 120 Voltios.
- $I$  = es la intensidad medida en amperios.

Y por último calcularemos la capacidad del condensador en microfaradios.

$$C = \frac{1}{2\pi * F * X_C} = 0.045 \mu f$$

Donde:

- C = es la capacidad del condensador y se mide en faradios.
- I = es la intensidad medida en amperios.
- F = es la frecuencia y se mide en Hercios.
- XL= es la reactancia inductiva medida en ohmios

Otra regla por seguir es que el condensador de arranque está diseñado para un trabajo intermitente, es decir, solo entra en funcionamiento en el momento de arranque del motor. En algunas ocasiones necesitamos un poco más de fuerza para poner en marcha el motor, es en ese momento cuando trabaja el condensador de arranque. Debido a ello es mejor calcular 140 microfaradios por Kilovatio de potencia del motor, es decir:

- El condensador de arranque entonces es de 40 uF

El condensador que se conecta al motor está pensado para un funcionamiento permanente, es decir mientras el motor este en marcha el condensador estará trabajando. Debido a ello es mejor calcular 70 microfaradios por Kilovatio de potencia del motor, es decir:

- El condensador de funcionamiento entonces es de 25 uF



## 2.2. DISEÑO FINAL DEL BANCO DE PRUEBAS EDUCATIVAS

### 2.2.1. Elaboración de la estructura

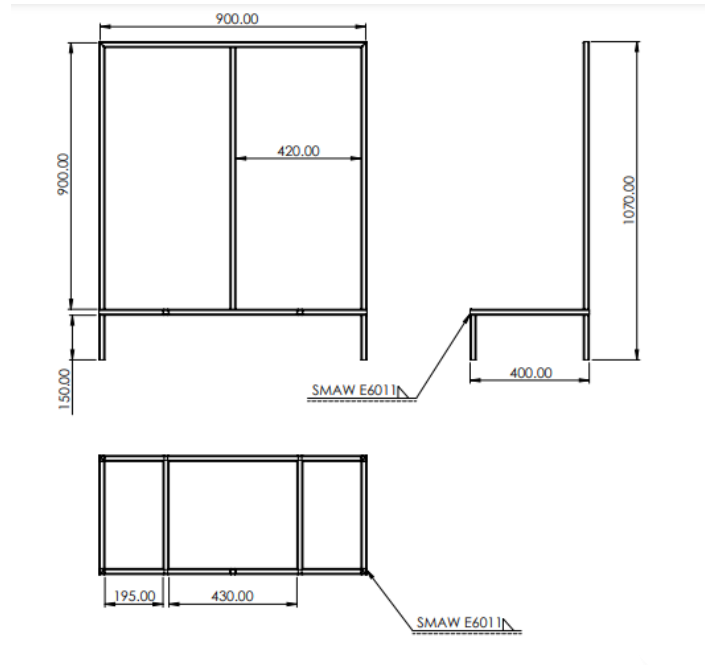


Figura 14. Plano de la estructura  
Fuente: Elaboración propia

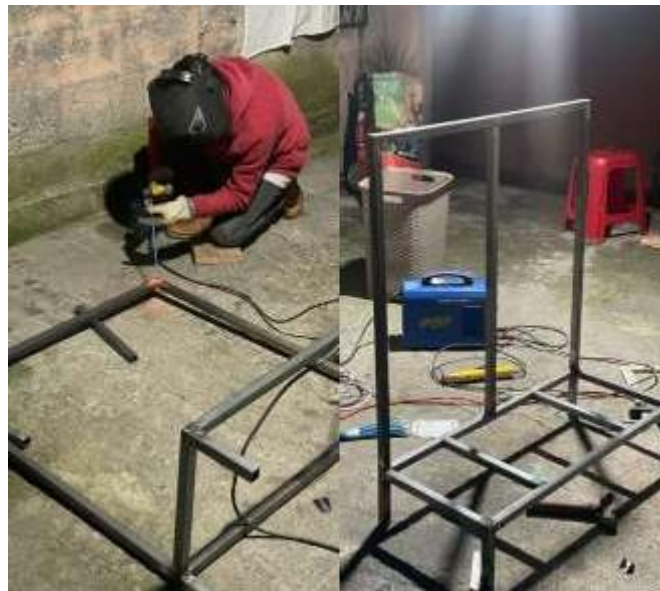


Figura 15. Proceso de soldadura y pintura.  
Fuente: Elaboración propia

## 2.2.2. Diseño de plantilla de equipos

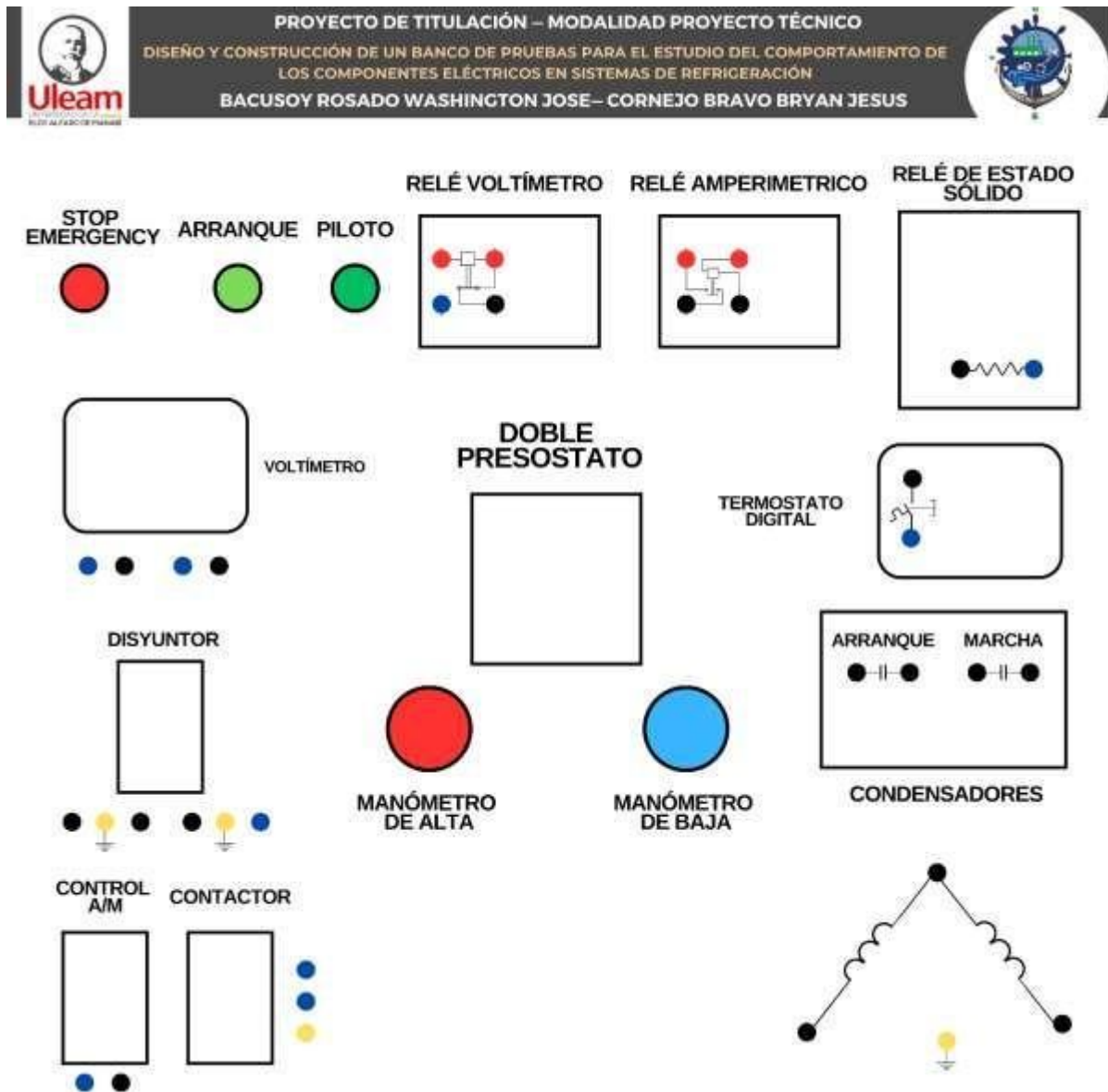


Figura 16. Plantilla de banco de pruebas.  
 Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3. Funcionamiento de equipos

#### *Válvula de diafragma de cierre Tipo BML 6*

Las válvulas de diafragma de cierre BML están diseñadas para instalarse en las líneas de líquido, succión y gas caliente de circuitos de refrigeración, para abrir y cerrar el paso interno del flujo de refrigerante accionando el volante. Las válvulas BML se pueden entregar con are, soldadura ODF o soldadura ODF con extremos extendidos. En la misma categoría de producto, BMT 6 es una válvula de cierre manual de tres vías con características similares.

#### Características

- Equipada con tres diafragmas de acero inoxidable que evitan fugas durante toda la vida útil de la válvula.
- Placa de válvula de nailon poliamida para un cierre completo con un par mínimo.
- Tapa de válvula con contra asiento para evitar la entrada de humedad.



Figura 17. Válvula de diafragma de cierre Tipo BML 6

Tabla 2. Características de la válvula

Position	Inscription	Explanation
Box label	Shut-off diaphragm valve	Product name
Box label	BML 6s	Product type
Box label	009G0202	Code number
Box label	Straightway	Direction
Box label	With Hand wheel	Hand wheel type
Box label	1/4 in Extended ends, ODF	Connection size and type
Box label	PS 28 bar/MWP 406 psig	Max. working pressure in bar and psig
Box label; Handwheel	Additional information: Relevant approval authority logos	
Box label	BE2720E	Code for production place and time (BE = Wuqing, week 27, year 2020, weekday E = Friday)
Box label; Handwheel	MADE IN CHINA	Manufacturing site acc. to EN standards
Box label	EAN code	Barcode for individual code no. identification according to EAN standard
Handwheel	OPEN	Open direction

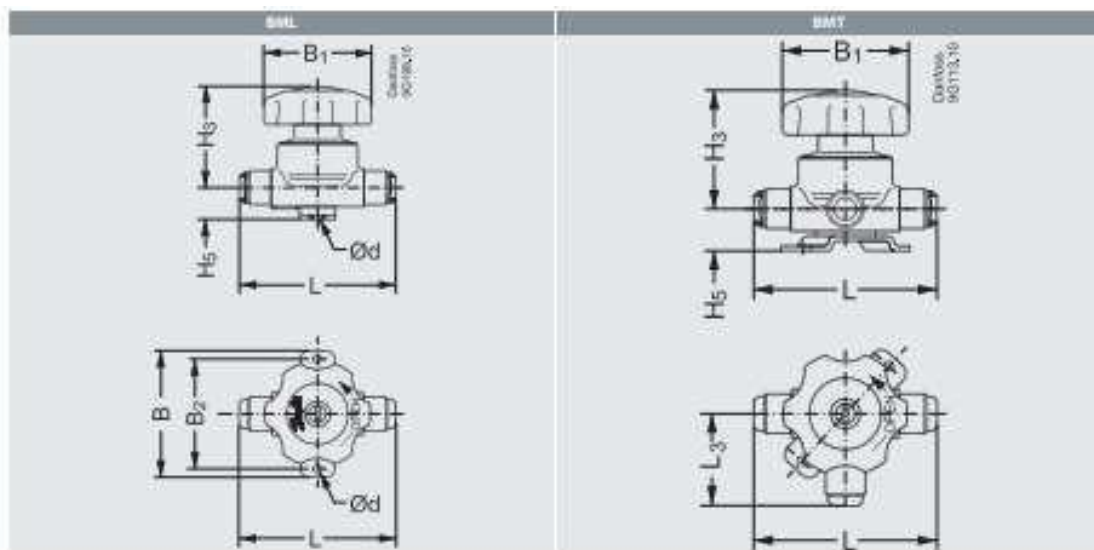


Table 5: Flare version

Type	SAE Flare	Flare Thread	Hand wheel	H3	H5	L	L3	B	B1	B2	Ød	Net weight [kg]	Code no.
	[inch]			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
BML 6	1/4	7/16-20UNF-2A	Yes	46	15	77	—	62	50	50	5	0.3	009G0101
<b>BML 8</b>	1/4		No	47	15	77	—	62	—	50	5	0.3	009G0115
BMT 6	1/4	5/8-18UNF-2A	Yes	46	19	65	32.5	62	50	50	5	0.3	009G0105
BML 10	3/8		Yes	49	15	85	—	62	50	50	5	0.3	009G0127
BML 12	1/2	3/4-16UNF-2A	Yes	56	18	102	—	70	60	56	6	0.6	009G0141
BML 15	5/8	7/8-14UNF-2A	Yes	60	19	118	—	83	71	69	6	0.8	009G0168
BML 18	3/4	1 1/16-14UNF-2A	Yes	66	24	130	—	85	71	69	6	1.1	009G0183

Figura 18. Selección de la válvula

## **Doble Presostato Tipo KP**

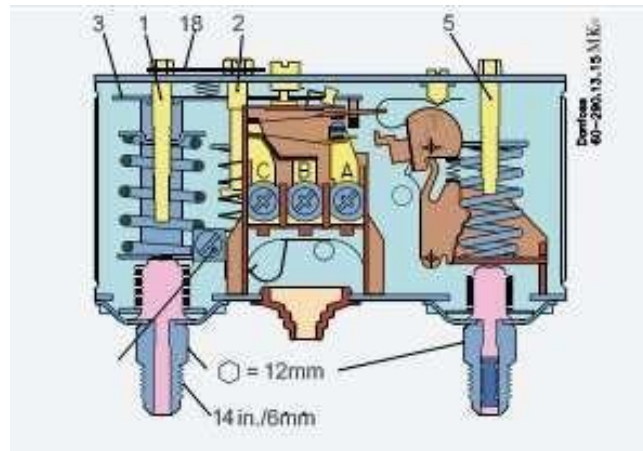


Figura 19. Doble presostato tipo KP 15

Los presostatos KP se usan para proporcionar protección a sistemas de refrigeración y aire acondicionado frente presión de aspiración excesivamente baja o presión de descarga excesivamente alta.

Los presostatos KP también se emplean para arrancar/parar compresores y ventiladores de condensadores refrigerados por aire. Los presostatos KP se pueden conectar directamente a un motor AC monofásico de, aproximadamente, 2 kW de potencia máxima, o instalar en el circuito de control de un motor CC o un motor CA de mayor potencia.

Todos los presostatos KP están equipados con un interruptor SPDT. La posición del interruptor se determina a partir del ajuste del presostato y la presión en el conector.

Los presostatos KP están disponibles con protecciones IP30, IP44 e IP55.

Características:

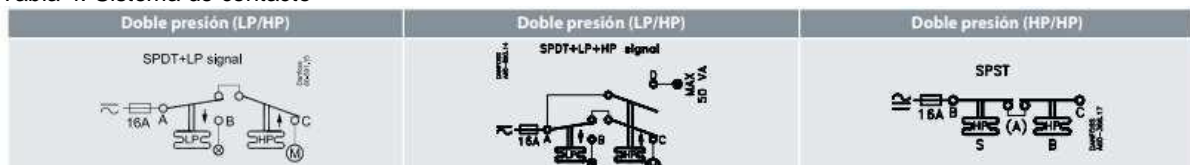
- Tiempo de reacción ultracorto gracias a la función de acción rápida (reduce al mínimo el desgaste y aumenta la fiabilidad).
- Función de disparo manual (permite comprobar el estado de los contactos eléctricos sin necesidad de usar herramientas)

- Resistente a vibraciones e impactos
- Diseño compacto
- Fuelle completamente soldado
- Alta confianza eléctrica y mecánica

Tabla 3. Datos técnicos doble presostato tipo KP

Características		Valores
Temperatura ambiente		-40 - +65 °C (80 °C durante máx. 2 horas)
Temperatura ambiente (unidades con homologación PED)		-25 - 65 °C (80 °C durante un máx. de 2 horas)
Temperatura del medio <sup>(1)</sup>		De -50 a 100 °C
Presión de trabajo máx.		BP: PS / MWP = 17 bar
		AP: PS / MWP = 35 bar
		KP 6: PS / MWP = 46,5 bar
Presión de prueba máx.		BP: P <sub>e</sub> = 20 bar
		AP: P <sub>e</sub> = 35 bar
		KP 6: P <sub>e</sub> = 46,5 bar
Carga de contacto.	Corriente alterna	AC1 = 16 A, 400 V AC3 = 16 A, 400 V AC15 = 10 A, 400 V
	Corriente continua	DC13 = 12 W, 220 V (corriente de control)
Dimensiones de los cables	sólidos/trenzados	0,75 - 2,5 mm <sup>2</sup>
	Flexibles, sin casquillos	0,7 - 2,5 mm <sup>2</sup>
	Flexibles, con casquillos	0,5 - 1,5 mm <sup>2</sup>
Par de apriete		2 N·m máx.
Tensión nominal de impulsos		4 kV
Grado de polución		3
Protección contra cortocircuito, fusible		16 A
Aislamiento		400 V
Protección		IP 30/IP 44/IP 55

Tabla 4. Sistema de contacto



**2.2.4. Montaje de equipos y pruebas**

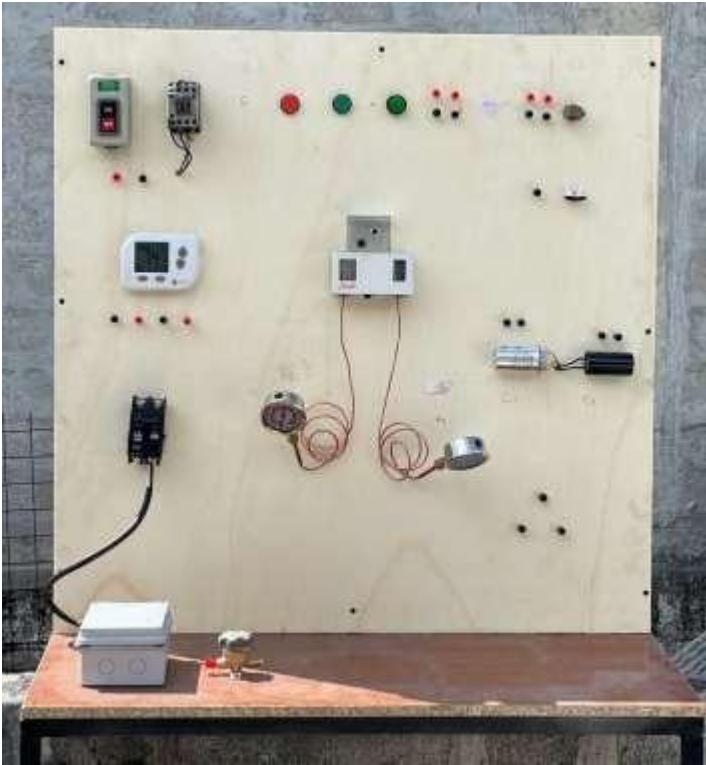


Figura 20. Montaje de equipos.  
Fuente: Elaboración propia

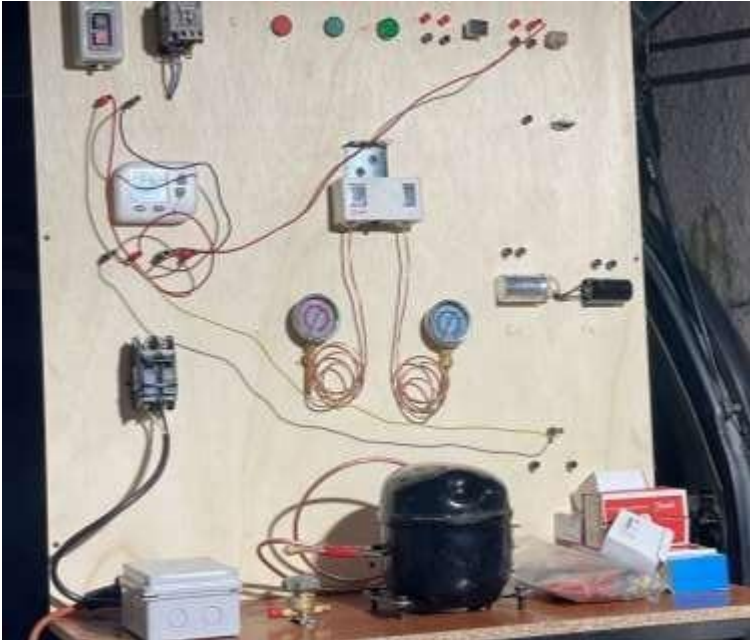


Figura 21. Pruebas de funcionamiento  
Fuente: Elaboración propia

## 2.2.5. Montaje final del banco



Figura 22. Diseño final de banco de pruebas.  
Fuente: Elaboración propia



## 2.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO



Figura 23. Arranque mediante RELE PTC  
Fuente: Elaboración propia



Figura 24. Arranque mediante relé amperimétrico  
Fuente: Elaboración propia

### 3. CAPÍTULO III. MANUAL DE PRÁCTICAS

#### 3.1. PRÁCTICA 1. RESISTENCIA P.T.C. COMO SISTEMA DE ARRANQUE

Los termistores P.T.C. están fabricados con titanato de bario (aglomerados policristalinos) estructurados en numerosos pequeños cristales, unidos entre sí en el proceso de fabricación. Al aumentar la temperatura, los cristales siempre en vibración creciente, forman barreras homogéneas que obstaculizan el paso de electrones, esto hace que la resistividad aumente, siendo mucho más elevada que la de los metales, por lo que este componente en frío tendrá poca resistencia y conforme aumente su temperatura irá aumentando su resistencia (Mariños et al., 2019).

La P.T.C. proporciona al compresor un bajo par de arranque, y se utiliza básicamente en sistemas de refrigeración que expansionen con tubo capilar, en los cuales se efectúa la igualación de presión entre los lados de aspiración y de descarga durante cada pausa del compresor, teniendo en cuenta que el tiempo de parada no debe ser inferior a 5 minutos.

Si el tiempo de igualación de presiones es mayor, el periodo de parada debe prolongarse correspondientemente.

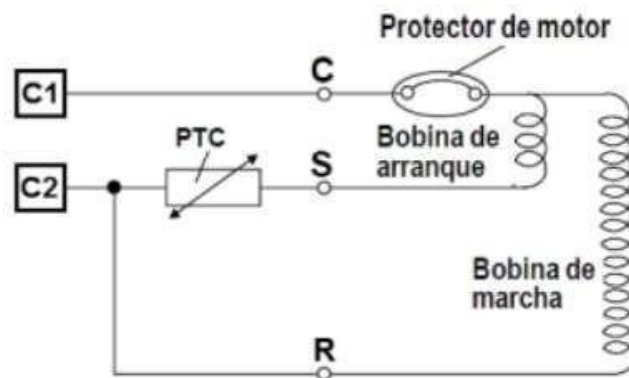


Figura 25. Sistema de arranque mediante resistencia PTC.

Fuente: Elaboración propia

Si al intentar arrancar el compresor, los cortes de corriente no tienen duración adecuada para enfriar la P.T.C., puede producirse un desajuste entre la P.T.C. y el protector de devanado, que puede durar 30 minutos aproximadamente. Esta condición de desajuste puede evitarse cortando la corriente de la red eléctrica durante cinco minutos.

Es conveniente que estos compresores no se pongan en marcha si no es con su equipo eléctrico original, debido a que algunos modelos de compresor montan los bornes de conexión en posición invertida con respecto a los compresores que arrancan con relé de intensidad, pero además también puede variar la situación de las bobinas de arranque y trabajo con respecto a los terminales del relé.

En el mercado, los P.T.C. que sólo llevan un terminal al exterior donde instalar la alimentación eléctrica de la red, pero cuando se tenga que sustituir es normal que nos den una equivalente con varios terminales al exterior donde poder instalar el cable de alimentación (Vergara, 2021).

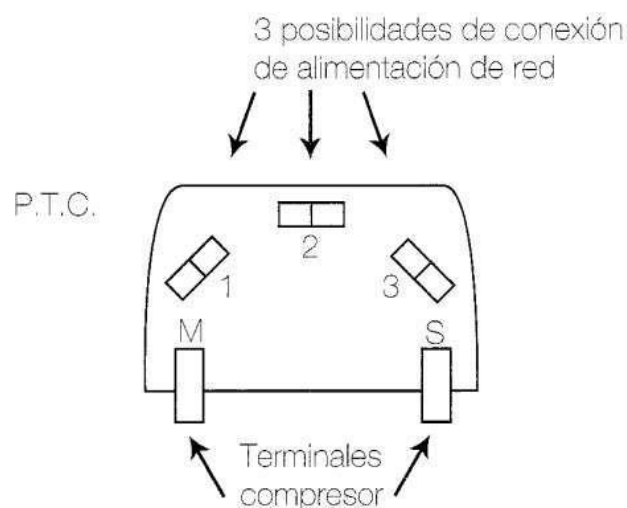


Figura 26. Posibilidades de alimentación de arranque por resistencia PTC.

Fuente: Elaboración propia

Si medimos entre M y S entre los terminales que se conectan al compresor se puede encontrar los aproximadamente 50 Ohms de resistencia de la P.T.C. Entre M de la P.T.C. y uno de los tres terminales de conexión encontraremos continuidad (resistencia cero), en este terminal instalaremos la fase de red. Entre los terminales que encontremos resistencia, ésta corresponderá a la de la propia P.T.C. Se puede encontrar terminales que no tengan continuidad con ningún otro terminal de la P.T.C., en este caso son terminales de conexión ajenos al sistema de arranque.

Las averías que se puede encontrar en una P.T.C., son que no haya continuidad entre sus dos terminales exteriores, o que se haya alterado el valor de su resistencia en frío. Su resistencia en frío alimentado a 220 Volts es de aproximadamente entre 25 y 50 Ohms. Alimentadas a 125 Volts. su resistencia es de aproximadamente de 6,5 a 12 Ohms.

### 3.2. PRÁCTICA 2. ARRANQUE DE COMPRESOR MEDIANTE RELÉ AMPERIMETRICO

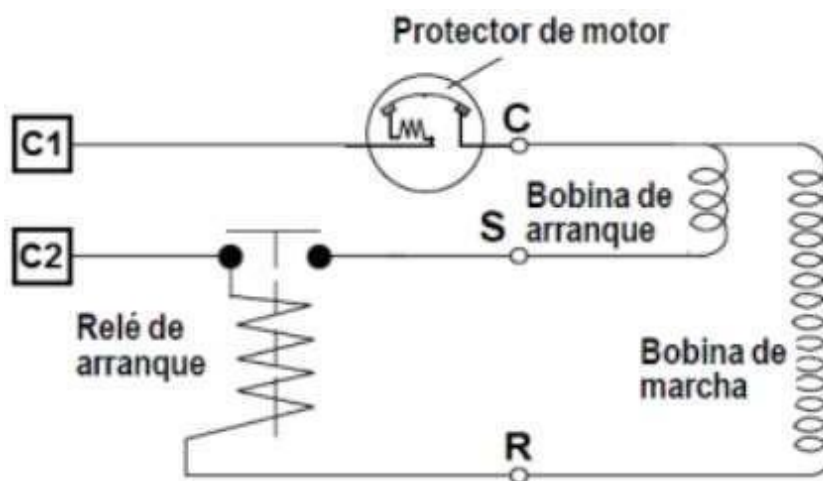


Figura 27. Esquema eléctrico básico de refrigeración

Fuente: Elaboración propia

Al conectar la instalación a la red eléctrica, alimente a la bobina de trabajo (R) del compresor a través del bobinado del relé amperimétrico instalado en serie. La línea L-1 llega al punto común de las bobinas a través del protector de motor.

En el momento del arranque, el consumo eléctrico del compresor aumenta de cuatro a cinco veces su intensidad nominal ( $I_n$ ), creándose en la bobina del relé de intensidad (R.I.) un campo magnético superior al existente una vez haya arrancado el compresor. Este campo magnético tendrá suficiente fuerza como para atraer el martillo interior del relé y cerrar los contactos entre R y S. Una vez arrancado el motor, el martillo debido a su peso volverá a la posición inicial, no volviendo a actuar hasta el próximo arranque.

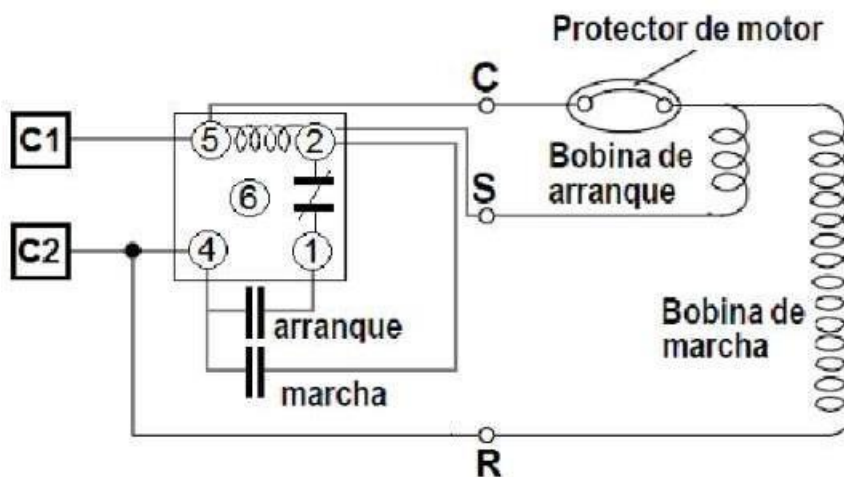
### **3.3. PRÁCTICA 3. ARRANQUE DE COMPRESOR MEDIANTE RELÉ AMPERIMETRICO Y CAPACITOR DE ARRANQUE CSIR**

Figura 28. Arranque CSIR

El sistema CSIR está compuesto por el relé de arranque y el condensador de arranque especificados para cada tipo de compresor en particular. En esta práctica los pasos

son los mismos que en la práctica 2, con la diferencia de que entre el puente de bobina de relé amperimétrico de arranque se conecta un capacitor en línea.

### 3.4. PRÁCTICA 4. ARRANQUE DE COMPRESOR MEDIANTE RELÉ VOLTÍMETRO



El funcionamiento de este Relé se basa en un contacto normalmente cerrado y un electro imán conformado por un núcleo que se magnetiza cuando la bobina o enrollamiento de alambre es energizado.

El magnetismo inducido en el núcleo, atrae la platina de arrastre del contacto que al ser atraída empuja el contacto flexible para abrir los contactos 1 y 2.

Al efectuar la revisión del relé con el multímetro; entre los contactos 1 y 2 debe marcar continuidad y entre el 5 y el 2 tiene que presentarse una resistencia alta, la de la bobina.

Los contactos 1 y 2 por ser normalmente cerrados activan de manera directa el devanado de arranque y se abren para efectuar la desconexión gracias a un mecanismo móvil que es atraído por inducción magnética por el electroimán, en el cual se convierte el núcleo fijo de la bobina, que permanece activada eléctricamente durante el ciclo de funcionamiento del motor.

A diferencia de los denominados relés de bobina, que solo se activa por unos segundos para conectar el bobinado de arranque, desactivándose para liberar el contacto de paso de corriente para el bobinado de arranque; en el relé potencial la bobina del electroimán que hace parte de su mecanismo permanece energizada

durante el funcionamiento del compresor, aprovechando el voltaje inducido en el devanado de arranque.

Si observamos el diagrama eléctrico del relé, podemos ver que a través del contacto 5 uno de los extremos de la bobina del electroimán, se conecta a la línea de corriente y el otro extremo se conecta a través del contacto 2 al cual se conecta el bobinado de estarte o arranque del compresor.

En el primer instante de la conexión eléctrica, de manera casi simultánea se efectúa la energización del bobinado de arranque, que permanece conectado por una fracción de tiempo muy corta la necesaria para que el motor inicia su arranque y el voltaje inducido sea lo suficientemente alto para accionar la bobina del electroimán del relé la cual requiere de un voltaje un poco más alto, debido a la resistencia óhmica, ya que la bobina es de alambre muy delgado y consta de una gran cantidad de espiras que demandan de un mayor voltaje para poder generar el campo magnético del electroimán y activar el mecanismo del relé que desconecta los contactos (1-2)

La bobina del electroimán del relé, continua activa al recibir el voltaje inducido en el devanado de arranque durante el tiempo que el motor esté en funcionamiento, lo que hace que los contactos (1-2) permanezcan abiertos por el efecto magnético que atrae hacia el núcleo de la bobina, la platina de arrastre de contacto (Ver vista lado 1), cortando el paso de corriente al bobinado de arranque.

En el relé potencial la bobina permanece activa durante el tiempo que permanezca en funcionamiento el equipo; cuando se quema esta bobina, el campo magnético no se induce en el núcleo, la armadura metálica no es atraída y por consiguiente los contactos no se abren, y por lo tanto el bobinado de arranque se queda conectado ocasionando que el bobinado de arranque no se desconecte al momento de arrancar, que ocasiona un alto amperaje que debe hacer que se abra el protector térmico.

En este tipo de sistema de relé, el motor se verá afectado por los continuos arranques y desconexiones producidas por el protector térmico hasta recalentarse o quemarse el bobinado y se echa a perder el motor.

Los contactos 5 y 2 son los puntos de conexión de la bobina con una alta resistencia por ser de alambre muy delgado y de muchas espiras por corresponder a un electroimán y al ser verificado su estado presentará una alta resistencia, lo que

requiere para su comprobación de un multímetro, para seleccionar una escala adecuada de medición.

En este relé al efectuar la prueba, se debe hacerse entre los bornes 1 y 2 y en cualquier posición debe marcar continuidad y entre el borne 2 y 5 debe marcar resistencia alta, por corresponder a los puntos de contacto de la bobina; los otros contactos son auxiliares y no marcan continuidad.

Este tipo de relé, permite de manera indistinta la utilización o no de capacitores de Arranque y Marcha que van a mejorar el funcionamiento del motor compresor.

### **3.5. PRÁCTICA 5: COMPROBACIÓN DEL MOTOCOMPRESOR (Arranque manual)**

La comprobación del motocompresor la podemos efectuar poniéndole en marcha directamente de red sin el sistema de arranque y protección de la siguiente manera:

- 1) Desconectar del motor el sistema de arranque y protección.
- 2) Averiguar los terminales C (común donde estaba instalado el protector) y condensador de marcha o trabajo (en el componente de arranque marcado con las letras (M, R o P).
- 3) Comprobar la intensidad nominal del compresor (In) en la placa de características del propio compresor, o en la ficha técnica del aparato, que normalmente se encuentra en una de las paredes interiores donde va alojado el cajón (verdulero), o bien en el peor de los casos a través de un catálogo de compresores frigoríficos.
- 4) Alimentar los bornes comunes y marcha directamente de la red eléctrica, con la precaución de que en pocos segundos deberemos puentear con un destornillador debidamente aislado los terminales de marcha y arranque hasta que el compresor se ponga en funcionamiento, de lo contrario si dejamos los



terminales común y marcha conectados a la red y no ponemos el compresor en marcha corremos el riesgo de que se quemen los bobinados debido al alto consumo eléctrico existente.

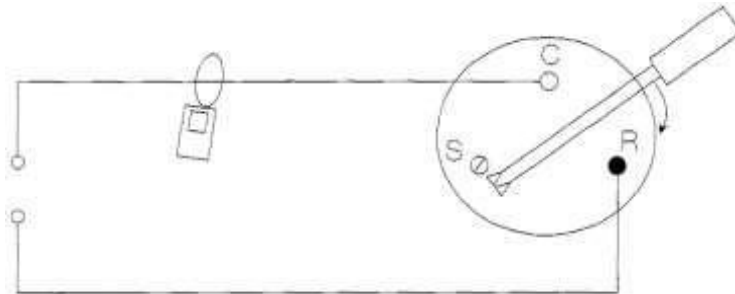


Figura 29. Comprobación del motocompresor.

Fuente: Elaboración propia

- 5) Si una vez puesto en marcha el compresor instalamos la pinza amperimétrica en uno de los cables de alimentación, y la  $I_n$  es la que corresponde al compresor, en principio podemos asegurar que eléctricamente el compresor está en buen estado.

Si la  $I_n$  es superior a la estipulada, se deberá cambiar el componente, aunque encontraremos compresores que mecánicamente están agarrotados y ni siquiera se ponen en marcha, teniendo como única solución su sustitución.

### 3.6. PRÁCTICA 6: COMPROBACIÓN DE LAS BOBINAS DEL COMPRESOR

Debemos tener en cuenta que vamos a revisar una pieza electromecánica ya que tiene una parte eléctrica que hace funcionar otra mecánica y es necesario realizar varios tipos de pruebas para poder determinar si está dañado y si es posible lograr saber que parte del compresor está dañada. Para estas pruebas necesitaremos herramientas de medición y un poco de pericia ya que en algunas utilizaremos los

sentidos, dividiremos las pruebas en dos partes una cuando esté instalado y la otra cuando está el compresor solo sin estar instalado.



$$R_{DP} = R_{CR} = 8.9 \Omega$$

$$R_{DA} = R_{CS} = 11.9 \Omega$$

$$R_{SR} = R_{DP} + R_{DA} = 20.3 \Omega$$

### 3.7. SEGUIMIENTO EN CASO DE AVERIAS ELÉCTRICAS

Cuando existe una instalación que no posee tensión entre los puntos 1 y 2, y no se disponga de esquema eléctrico se debe realizar los siguientes pasos:

- 1) Desconectar los puntos 1 y 2.
- 2) Conectar la instalación a la red con un amperímetro.

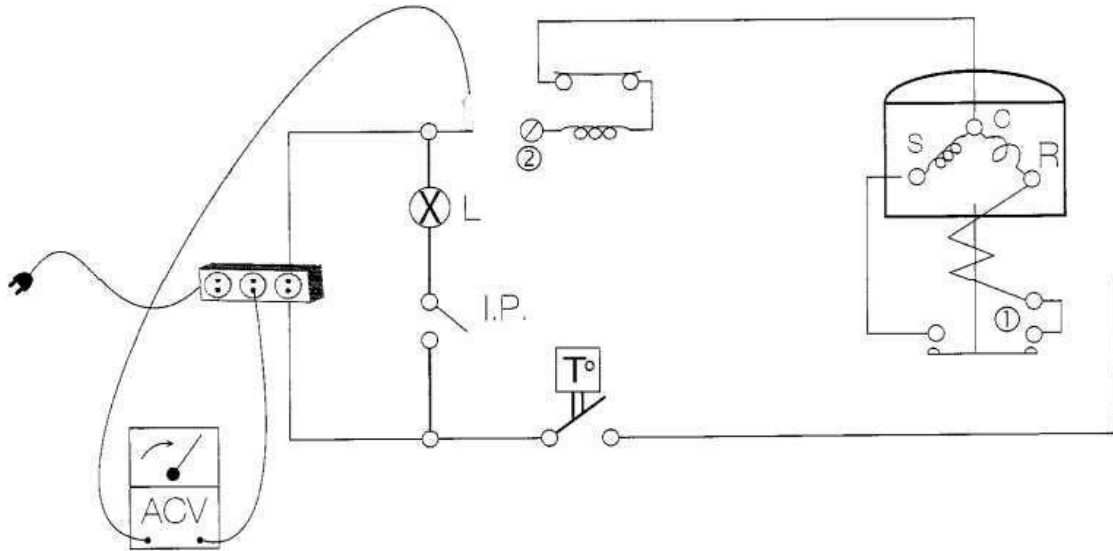


Figura 30. Seguimiento de averías eléctricas I.

Fuente: Elaboración propia

- 3) Colocar el selector del multímetro en ACV.
- 4) Insertar una de las puntas del multímetro en una de las dos tomas de corriente y comprobar si la fase contraria llega al punto y comprobar si está llegando la tensión, por lo que con esta comprobación es asegurar que la alimentación no es el causante de la avería.
- 5) Seguidamente se ubica la punta del multímetro en la fase del cable de alimentación y se comprueba que esta no llega al motor.

Por ejemplo, siguiendo esta línea con el multímetro en sus siguientes puntos será posible encontrar el lugar en que está interrumpida; en la ilustración, se presenta un caso donde el termostato está el contacto abierto.

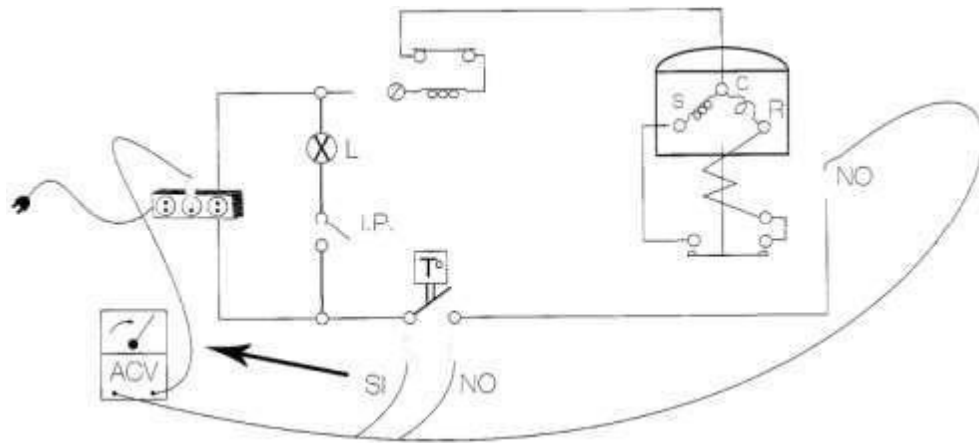


Figura 31. Seguimiento de averías eléctricas II.

Fuente: Elaboración propia

### 3.7.1. PRÁCTICA 7. COMPRESOR FRIGORÍFICO NO SE PONE EN MARCHA

Ante un compresor frigorífico que no se ponga en marcha, lo primero que se comprobar es que esté conectado a la red. Una de las formas más rápidas de seguir esta avería es abrir comprobar las conexiones del compresor y tomar tensión entre la entrada del relé (1) y la entrada del protector (2) ya que en algunos casos revisar desde el termostato resulta bastante complicado.

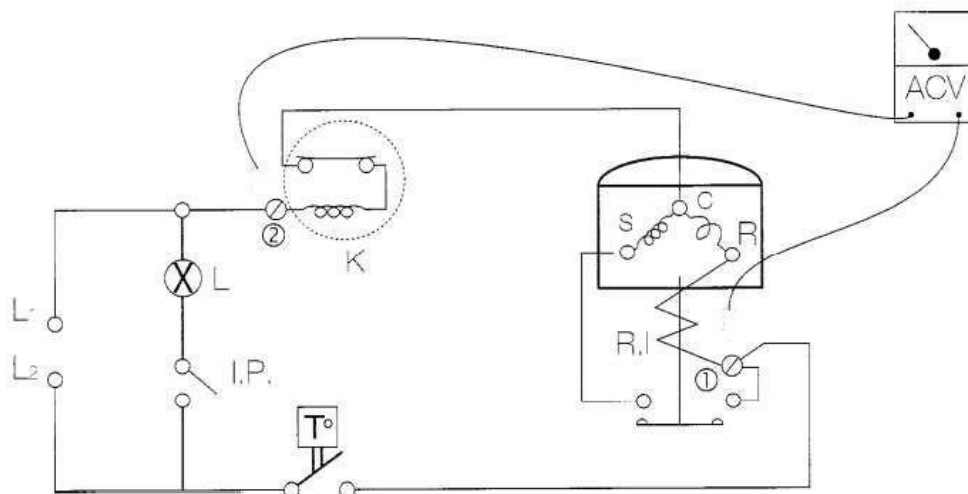


Figura 32. Equipo no se pone en marcha.

Fuente: Elaboración propia

Es posible encontrar con dos posibilidades, que llegue tensión y que no llegue tensión entre sus terminales.

Si llega tensión entre (1) y (2)

- Protector con circuito abierto.
- Relé de intensidad defectuoso.
- Bobina de marcha cortada.

Si no llega tensión entre (1) y (2)

- Termostato defectuoso.
- Regletas de conexión quemadas.
- Falsos contactos.

### 3.7.2. PRÁCTICA 8. LA INSTALACIÓN FUNCIONA UN PAR SE SEGUNDOS

El síntoma de esta avería lo provoca el cierre y abertura de contactos en el propio protector, debido normalmente a detectar un consumo eléctrico más alto de lo normal ( $I_n$ ).

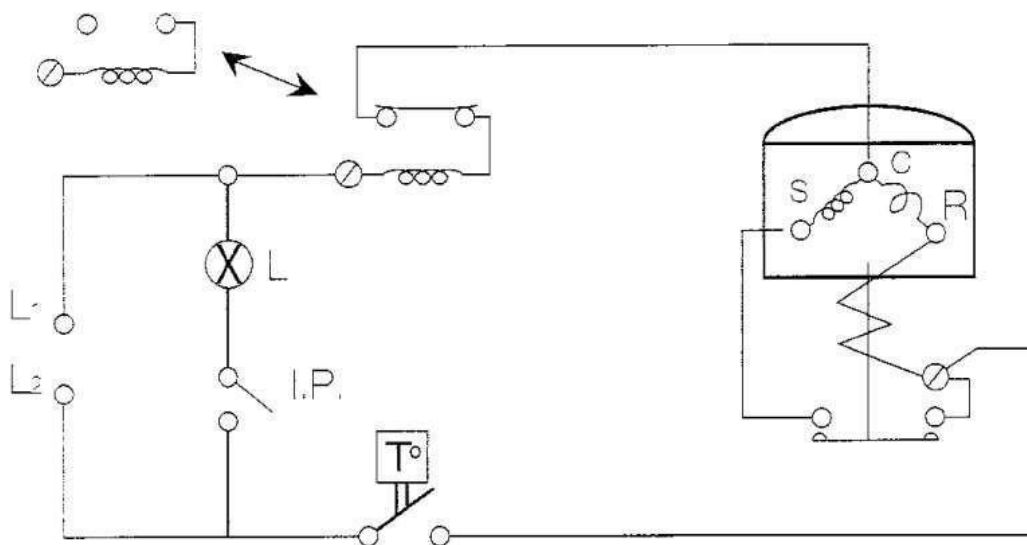


Figura 33. La instalación funciona por pocos segundos.  
Fuente: Elaboración propia

Las causas que originan este síntoma de avería son:

- Bobina de arranque del compresor abierta.
- Relé de intensidad defectuoso (martillo clavado, mal contacto etc.).
- Bajo voltaje de alimentación (aumentando con ello la intensidad de corriente)
- Compresor mecánicamente agarrotado.
- Protector defectuoso (muy poco probable)

### 3.7.3. PRÁCTICA 9. EL COMPRESOR NO SE PONE EN MARCHA

- 1) Desconectar las líneas que alimentan al conjunto RELÉ + PROTECTOR
- 2) Comprobar a través del multímetro la línea que no alimenta al motor.

Por ejemplo, suponiendo que la línea L2 no llega a la alimentación del relé en el punto 5.

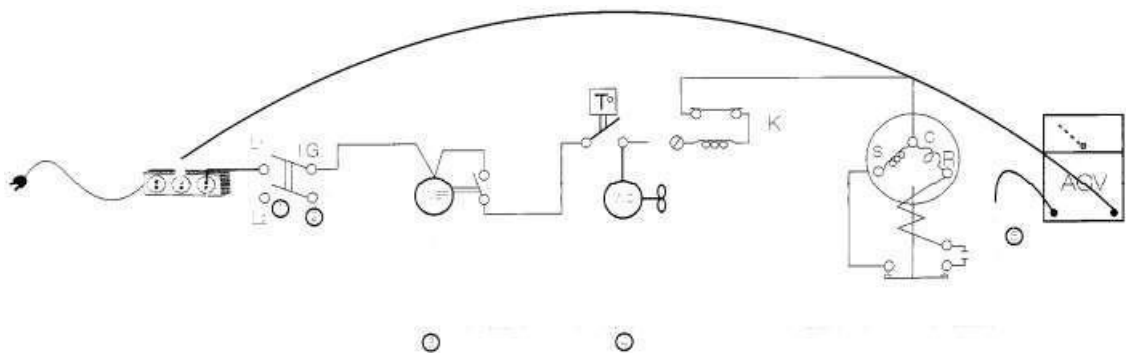


Figura 34. Compresor no se pone en marcha.  
Fuente: Elaboración propia

En tal caso siguiendo el hilo en el que no hemos encontrado alimentación, comprobaremos tensión en los puntos 4, 3, 2 y 1, hasta encontrar en qué punto la línea L-2 queda interrumpida.

Si la línea que no llega a su destino (punto 7) es la L-1, sólo nos bastará seguir el hilo y realizar la comprobación en los puntos 6, 5, 4, 3, 2 y 1 hasta encontrar donde o en que componente la línea L-1 queda interrumpida.

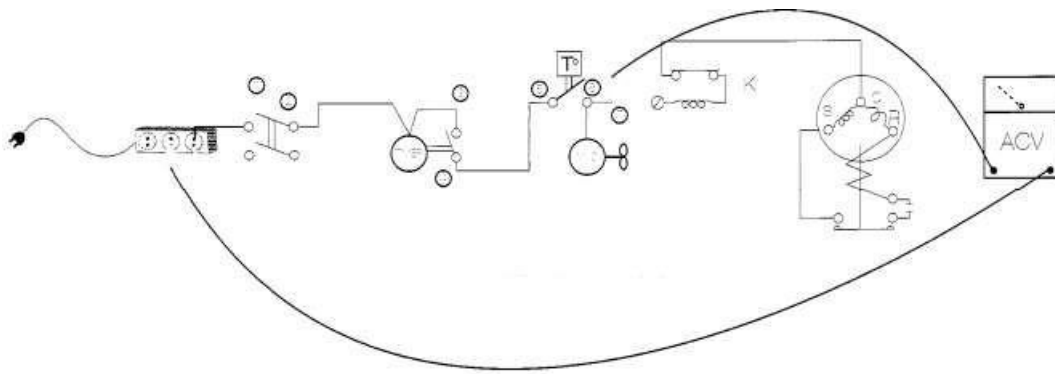


Figura 35. Compresor no se pone en marcha II.  
Fuente: Elaboración propia

Si entre la alimentación del relé de intensidad y la entrada del protector llegan los 120V, la avería se encuentra en:

- 1) El propio protector, que estará en circuito abierto
- 2) Bobina de trabajo del compresor abierta
- 3) Bobina del propio relé abierta
- 4) Compresor se pone en marcha a intervalos de pocos segundos
- 5) Bobina de arranque del compresor abierta
- 6) Bobinas de arranque y trabajo eléctricamente comunicadas
- 7) Martillo del relé mecánicamente agarrotado
- 8) Condensador de arranque defectuoso
- 9) Motor mecánicamente agarrotado
- 10) Bajo voltaje en la red eléctrica

### 3.8. PRÁCTICA 10. COMPROBACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS

#### 3.8.1. Comprobación del interruptor general

Si la comprobación se realiza mediante continuidad entre contactos, es necesario desconectar la instalación de la red eléctrica, colocar el selector del multímetro en continuidad y realizar las pruebas que se indican en la figura.

Si la prueba se realiza con tensión, es necesario comprobar si al interruptor le llega tensión.

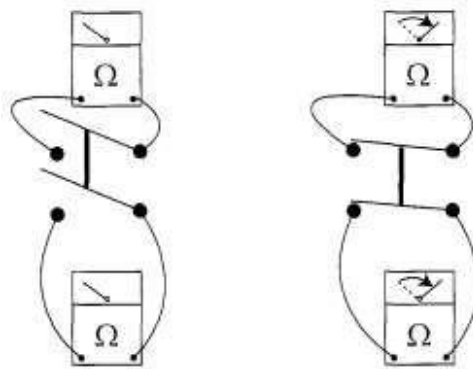


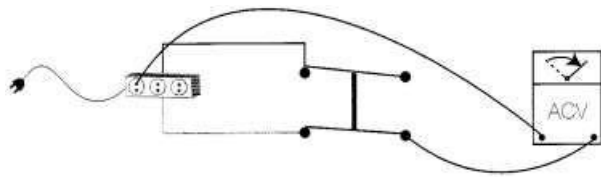
Figura 36. Comprobación del interruptor general.  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Comprobación del interruptor general.

Para la comprobación del cierre de contactos del propio interruptor se siguen los pasos que se muestran en las siguientes figuras:	
Con este sistema es posible reconocer cuál de los contactos del interruptor está averiado, y en el caso de poner en marcha la máquina hasta la sustitución del componente, es posible puentear el hilo de entrada del interruptor con el de salida.	



Las averías que presentan este tipo de interruptores es que uno de los contactos no cierra circuito eléctrico, o en tal caso, la máquina no se pone en marcha.



Fuente: Elaboración propia

### 3.8.2. Comprobación del termostato

Para la comprobación del funcionamiento del termostato en cuanto al cierre y apertura de sus contactos, cuando la máquina necesita enfriarse sus contactos eléctricos tienen que estar cerrados.

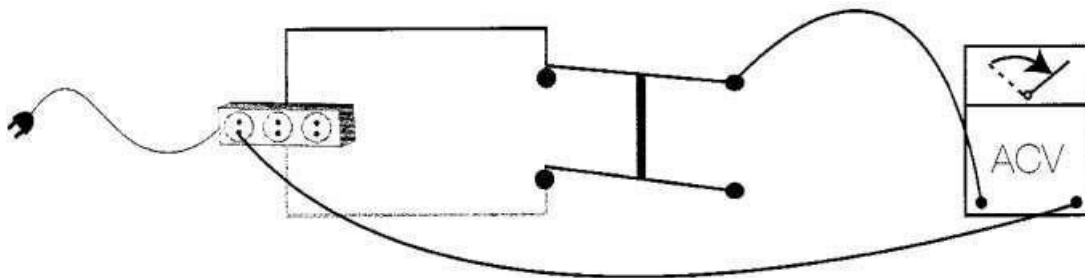


Figura 37. Comprobación del termostato.  
Fuente: Elaboración propia

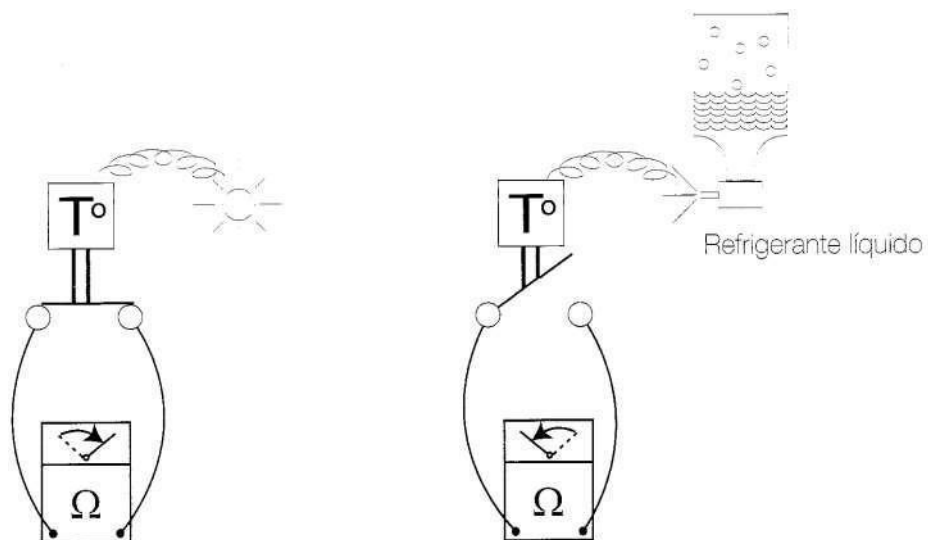


Figura 38. Comprobación de resistividad del termostato.

### 3.8.3. Comprobación del condensador de arranque

Para realizar la comprobación del condensador de arranque en primer lugar es necesario descargarlo. Una vez descargado, esta comprobación se puede realizar con un multímetro analógico o bien con un capacitómetro. Si el condensador lleva instalada una resistencia entre sus terminales, es necesario desoldar una de sus patillas durante la comprobación. Se coloca el selector del multímetro en la escala más alta de Ohmios que se disponga.

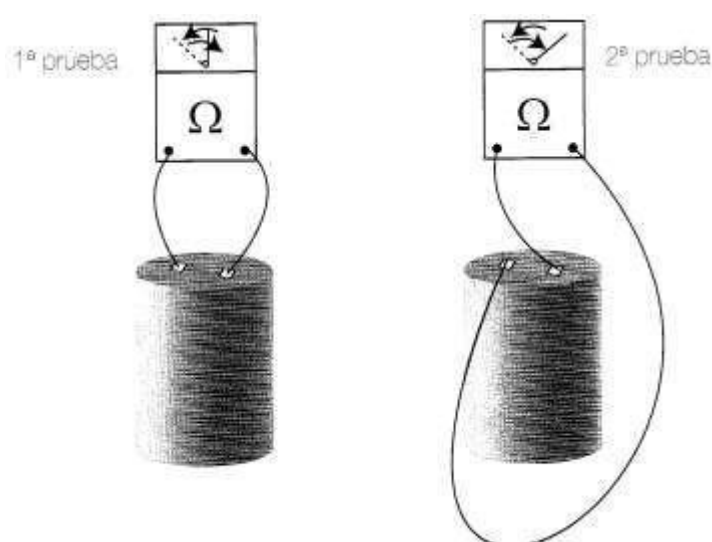


Figura 39. Comprobación del condensador.  
Fuente: Elaboración propia

Se instalan las puntas del multímetro entre sus terminales y será posible observar que la aguja del multímetro se desplaza hasta cierto valor y seguidamente vuelve al infinito. Seguidamente, y sin descargar el condensador, se invierte la instalación de las puntas en los terminales del condensador comprobando que si éste está en buen estado el desplazamiento de la aguja es superior al de la vez anterior. En el caso que en la segunda comprobación el desplazamiento de la aguja sea del mismo valor que en la primera comprobación, el condensador es defectuoso. Si al

realizar la comprobación la aguja del multímetro se desplaza a cero, y no vuelve a infinito el condensador está en cortocircuito.

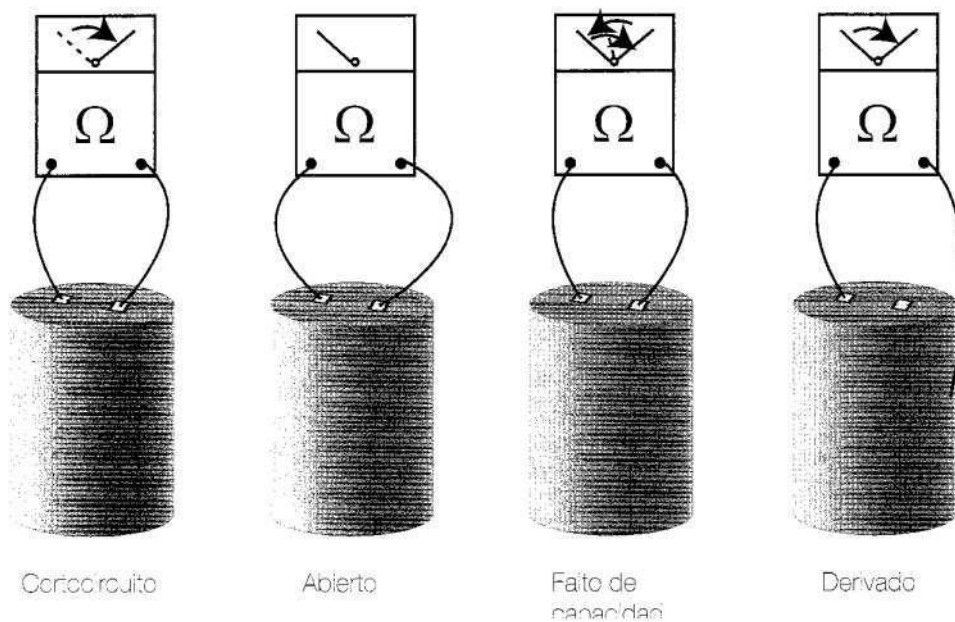


Figura 40. Fallas de condensador  
Fuente: Elaboración propia

Si al realizar la comprobación la aguja del multímetro no se mueve, el condensador está abierto. Si al realizar la comprobación la aguja del multímetro se desplaza hasta cierto valor y al descender no llega a infinito, el condensador está falto de capacidad. Si entre uno de los terminales del condensador y la carcasa exterior (normalmente en el caso de ser metálica) existe algo de continuidad el condensador está derivado.

#### 3.8.4. Comprobación del protector de motor

La comprobación del protector se puede realizar midiendo continuidad entre sus extremos. Si se quiere comprobar como abre sus contactos sólo se debe que acercar una cerilla encendida sobre el bimetálico y de estar en buen estado deberá abrir sus contactos y cuando se enfríe cerrarlos.

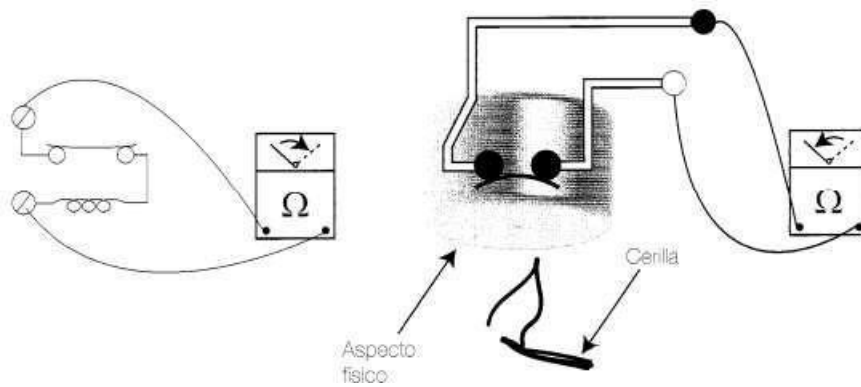


Figura 41. Comprobación del protector de motor  
Fuente: Elaboración propia

### 3.8.5. Comprobación del relé de intensidad

Para la comprobación de este relé en primer lugar se debe desconectar el condensador de sus terminales y en su lugar instalar un puente entre ellos. Se sitúa el selector del multímetro en continuidad o resistencia. Se instalan las puntas del multímetro entre los terminales que van al compresor y se comprueba que de estar en buen estado no existirá continuidad entre ellos. A continuación, se gira físicamente el relé 180 ° y el desplazamiento del martillo interior hará que exista continuidad entre sus terminales.

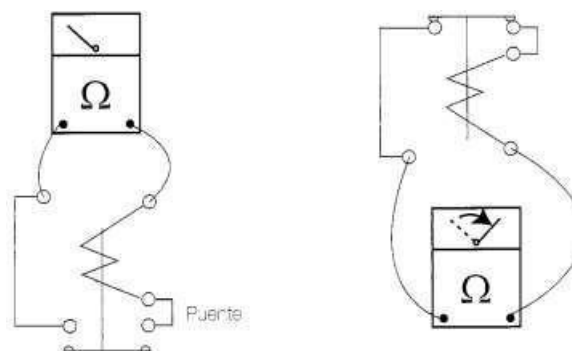


Figura 42. Comprobación del relé de intensidad  
Fuente: Elaboración propia

### 3.8.6. Comprobación del motocompresor

Este tipo de compresores herméticos son de alta temperatura de evaporación, y tiene al exterior tres terminales eléctricos correspondientes a dos bobinas instaladas en serie.



Figura 43. Si realizamos la medición del valor de sus resistencias  
Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- Los sistemas de refrigeración contienen varios componentes eléctricos, como compresores, presostatos, termostatos, ventiladores, válvulas solenoides o controles. Por lo tanto, la ingeniería eléctrica es un campo importante en la refrigeración. En el campo de servicio, las pruebas, la búsqueda de fallas y la reparación de sistemas eléctricos también son un elemento importante. Este banco de pruebas cuenta con los principales elementos eléctricos de un sistema de refrigeración como el compresor, presostatos, termostatos, relés, capacitores y protecciones. Por lo tanto, permite la práctica experimental un campo importante en la refrigeración
- El diseño del presente banco de pruebas permitió la realización de diferentes instalaciones eléctricas y el análisis del funcionamiento de los diferentes componentes, este banco permitirá a los estudiantes adquirir los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para restablecer el funcionamiento de una instalación frigorífica de pequeña potencia cuando el defecto se debe a la instalación eléctrica.
- Los estudiantes podrán obtener los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para reparar una instalación frigorífica de pequeña potencia en caso de que el defecto se deba a la instalación eléctrica a través de este banco.
- Este banco de prácticas educativas mediante su manual de uso prevé cumplir con el siguiente programa de formación:
  - Evaluación de las características eléctricas del bobinado de arranque y de marcha de un compresor
  - Realización del circuito eléctrico de arranque y con relé voltímetro.
  - Realización del circuito eléctrico de arranque con relé amperimétrico.

- Realización del arranque PSC
- Realización del arranque CSR con relé voltimétrico
- Realización del arranque con relé de estado sólido
- Realización del circuito eléctrico de control y de seguridad de la instalación mediante conexión a un termostato y un presóstato

## **RECOMENDACIONES**

- En caso de falla del banco es posible encontrarse con documentación incompleta, por lo que el ingeniero mecánico de refrigeración debe poder analizar el sistema y comprender su funcionamiento. Para ello se requieren buenos conocimientos básicos de ingeniería eléctrica en refrigeración.
- En un futuro se recomienda realizar un banco de pruebas que permita fusionar la ingeniería eléctrica de refrigeración en conjunto con los sistemas de refrigeración, permitiendo adquirir conocimiento para total dominio de los sistemas.
- Durante las practicas, se recomienda el uso de equipo EPI para ambiente eléctrico.



## BIBLIOGRAFÍA

- Arboleda, O. (2019). *Diseño e implementación de sistema de congelación para hielo industrial en escama con refrigerante amoníaco para industria hielera*. [Tesis de pregrado publicada] Universidad Politécnica Salesiana Ecuador: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17837/1/UPS-GT002784.pdf>
- Bonilla, S., Castelo, J., Orozco, L., y Jácome, E. (2018). Análisis del funcionamiento de sistemas de refrigeración por compresión y absorción. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/03/sistemas-refrigeracion.html>
- Caizatoa, R., y Chamorro, C. (2019). *Análisis de la eficiencia de transferencia de calor utilizando un condensador con recirculación en un sistema de refrigeración por compresión de vapor*. [Tesis de pregrado publicada] Universidad Politecnica Salesiana: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17679>
- Calderón, E., Nuela, S., y Redroban, C. (2020). Análisis termodinámico por componentes de un prototipo didáctico caso práctico. *Polo del Conocimiento*, 5(7), 437-474. [Tesis de pregrado en línea] .
- Cano, D. (2022). *Optimización de la geometría de un eyector integrado en un ciclo de refrigeración empleando mecánica de fluidos computacional*. [Tesis de posgrado en línea] Universitat Politècnica de València.: <http://hdl.handle.net/10251/184870>
- Chavez, J. (2022). *Aplicación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de contenedores refrigerados vacíos en una empresa portuaria*,

- Lima 2022. Universidad César Vallejo:  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/100798>
- Engineers Edge. (2023). *Steady Flow Vapor-Compression Refrigeration Cycle - Class 14*. Engineers Edge:  
[https://www.engineersedge.com/thermodynamics/steady\\_flow\\_vaporcompression\\_15977.htm](https://www.engineersedge.com/thermodynamics/steady_flow_vaporcompression_15977.htm)
- Franco, J. (2006). *Manual de refrigeración*. Reverte.
- Garrafal, C. (2022). RECUPERACION Y RECICLADO DE REFRIGERANTES. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES & RESEARCH*.
- Guillén, S. (2022). Aprovechamiento de vainas de moringa para alimentación y propuesta de una instalación de refrigeración-congelación. *Rev Universitat Politècnica de València*. <http://hdl.handle.net/10251/183978>
- Malabago, N. (2021). REFRIGERANT RECOVERY AND RECYCLING MACHINE: AN INNOVATION. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES & RESEARCH TECHNOLOGY*.
- Mariños, D., Rojas, S., Carvalho, J., y Chucuya, R. (2019). Comparison between the steam compression refrigeration system with intercooler and with compressor scale system: A case study. *Energy Conversion and Management*, 183, 406-417. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.12.111>
- Mocé, E., Lozano, S., Martínez, M., Mocé, M., y Gómez, E. (2020). Effect of the Refrigeration System on In Vitro Quality and In Vivo Fertility of Goat Buck Sperm. *Rev Animals*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/ani10122399>
- Orozco, C. (2004). PROTOTIPO DE RECUPERACION DE REFRIGERANTES . *Scientia et Technica*.
- Reyes, E. (2021). Refrigeración: Estudios de casos del proceso de refrigeración. *Con-Ciencia Serrana Boletín Científico De La Escuela Preparatoria Ixtlahuaco*, 3(6), 54-56.  
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ixtlahuaco/article/view/7633>
- Sarbu, I., y Sebarchievici, C. (2015). General review of solar-powered closed sorption refrigeration systems. *Energy Conversion and Management*, 105, 403-422. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.07.084>
- Selvnes, H., Allouche, Y., Lolanda, R., y Hafner, A. (2021). Review on cold thermal energy storage applied to refrigeration systems using phase change materials.

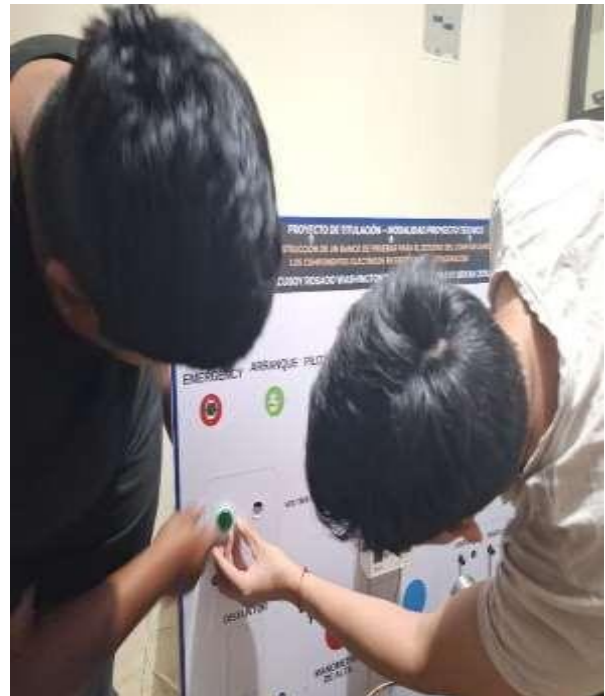
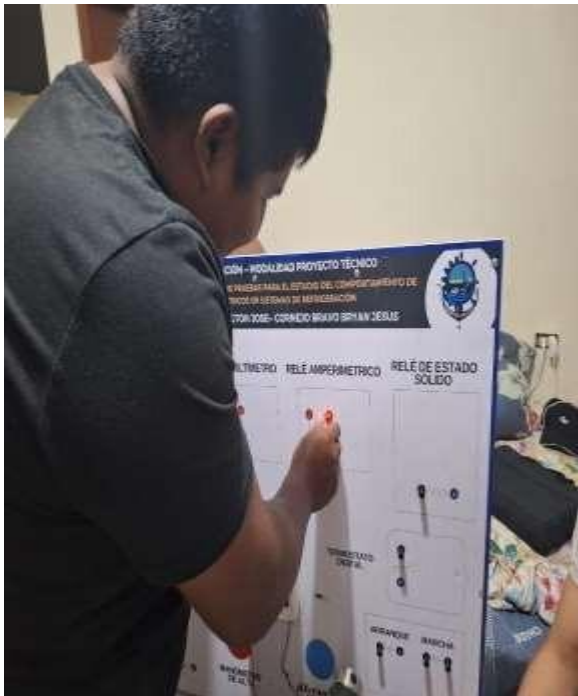
*Thermal Science and Engineering Progress*, 22.  
<https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100807>

- Valdés, C. R. (2014). *Fabricación de hielo y análisis de ciclos de refrigeración por compresión de vapor*. [Tesis de pregrado publicada] Universidad del Bío-Bío: [http://repositorio.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1461/1/Rozas\\_Roa\\_Cynthia\\_Belen.pdf](http://repositorio.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1461/1/Rozas_Roa_Cynthia_Belen.pdf)
- Velázquez, L., y González, J. (2021). *Diseño conceptual de un sistema de recirculación para la refrigeración de las centrífugas de la empresa Colcafé S.A.S.* [Tesis de pregrado publicada] Repositorio Institucional Universidad de Antioquia : <https://hdl.handle.net/10495/18409>
- Vergara, R. (2021). *A Guide to Effective Refrigerant Recovery*. *Yellow Jacket*.
- Yildiz, G., Ağbulut, U., y Gürel, E. (2021). A review of stability, thermophysical properties and impact of using nanofluids on the performance of refrigeration systems Synthèse de la stabilité, des propriétés thermophysiques et de l'impact de l'utilisation de nanofluides sur les performances des sys. *International Journal of Refrigeration*, 129, 342-364.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2021.05.016>
- Zamora, J., Briones, L., Arteaga, A., y Rodríguez, P. (2022). Determinación de la disponibilidad de un sistema de refrigeración industrial para la industria atunera. *Ingeniería Mecánica*, 25(2).

## ANEXOS



Anexo 1. Prueba de equipos



Anexo 2. Instalación de Jacks + Plugs



Anexo 3. Instalación de equipos.



Anexo 4. Instalación de equipos.



Anexo 5. Comprobación eléctrica respectiva



Anexo 6. Banco de prueba final.