


|                                                                                                                |                                      |         |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | INFORME FINAL DE<br>TRABAJO DE GRADO | Código  | FDE 089    |
|                                                                                                                |                                      | Versión | 03         |
|                                                                                                                |                                      | Fecha   | 2015-01-27 |

# DIAGNOSTICO BANCOS DE REFRIGERACION

## LABORATORIO DEL ITM

Giovanny Foronda Alzate

Ingeniería Electromecánica

Director del trabajo de grado

Adrián Felipe Martínez Pérez

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**2018**

|                                                                                   |                                      |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE<br>TRABAJO DE GRADO | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                      | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                      | Fecha   | 2015-01-22 |

## RESUMEN

---

Este trabajo presenta el estado actual de los bancos de refrigeración y aire acondicionado del laboratorio de fluidos, se identifica cada uno de los elementos que hacen parte de los equipos, adicionalmente, se presentan los resultados obtenidos en el seguimiento practico midiendo corrientes, potencias y presiones con respecto al tiempo.

Con los datos obtenidos en el laboratorio se pueden realizar prácticas académicas de una manera más acertada, ya que los equipos contribuyen a que los estudiantes mejoren su conocimiento práctico y se puedan desempeñar en el campo laboral, de tal manera que los procedimientos adecuados ayuden a evitar la contaminación de la capa de ozono causado por las emisiones de sustancias a la atmosfera, esto garantiza el eficaz mantenimiento y reparación en cada una de las prácticas.

Palabras clave: Rediseño, ciclo de refrigeración, carga térmica, rendimiento, variables.

|                                                                                                                |                                      |         |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | INFORME FINAL DE<br>TRABAJO DE GRADO | Código  | FDE 089    |
|                                                                                                                |                                      | Versión | 03         |
|                                                                                                                |                                      | Fecha   | 2015-01-22 |

## RECONOCIMIENTOS

---

Agradecer primeramente a Dios por la oportunidad de vivir y avanzar en el camino del conocimiento para aportar al desarrollo de la humanidad.

A mis familiares por el apoyo y acompañamiento durante todo este proceso de formación en busca de alcanzar las metas más altas.

Como agradecimiento especial, exalto la asesoría y acompañamiento de los docentes Adrián Felipe Martínez Pérez y Daniel Sanín Villa quienes me han apoyado durante todo el desarrollo del trabajo, compartiendo sus conocimientos y experiencia.

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

# ACRÓNIMOS

---

En el desarrollo de este trabajo utilizan los acrónimos descritos a continuación:

*BTU* British thermal unit. (Unidad de medida del calor).

*LRA* Locked rotor amps. (Motor detenido).

*RLA* Running load amps. (Motor en marcha normal).

*TR* Tonelada de refrigeración.

*A.C.* Alternating Current (Corriente Alterna).

*D.C.* Direct Current (Corriente Continua).

*P.A.* Presión alta temperatura.

*P.B.* Presión baja temperatura.

*HVAC.* Heating, ventilating and air conditioning (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado)

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

## TABLA DE CONTENIDO

|        |                                                      |    |
|--------|------------------------------------------------------|----|
| 1.     | INTRODUCCIÓN .....                                   | 9  |
| 1.1    | Generalidades: .....                                 | 9  |
| 1.2    | Objetivo General: .....                              | 9  |
| 1.3    | Organización de la tesis:.....                       | 9  |
| 2.     | MARCO TEÓRICO .....                                  | 10 |
| 2.1    | Ciclo termodinámico. ....                            | 10 |
| 2.2    | Parámetros de medida. ....                           | 12 |
| 2.2.1  | Medidas analógicas: .....                            | 12 |
| 2.2.2  | Medidas comparadas: .....                            | 13 |
| 2.2.3  | Medidas digitales:.....                              | 13 |
| 2.3    | Conceptos en el ciclo de aire acondicionado. ....    | 13 |
| 2.3.1  | Calor.....                                           | 13 |
| 2.3.2  | Temperatura.....                                     | 14 |
| 2.3.3  | Transferencia de calor .....                         | 15 |
| 3.     | METODOLOGÍA.....                                     | 17 |
| 3.1    | Componentes banco refrigeración y congelación.....   | 17 |
| 3.1.1  | Evaporador: .....                                    | 17 |
| 3.1.2  | Condensador: .....                                   | 18 |
| 3.1.3  | Compresor: .....                                     | 19 |
| 3.1.4  | Válvula de expansión:.....                           | 20 |
| 3.1.5  | Presostato de alta y baja presión: .....             | 21 |
| 3.1.6  | Filtro deshidratador:.....                           | 21 |
| 3.1.7  | Mirilla o visor de refrigerante líquido:.....        | 22 |
| 3.1.8  | Controlador de temperatura: .....                    | 22 |
| 3.1.9  | Manómetros de alta y baja presión:.....              | 23 |
| 3.1.10 | Válvula solenoide: .....                             | 23 |
| 3.1.11 | Depósito de refrigerante en estado líquido: .....    | 24 |
| 3.1.12 | Recibidor y separador de refrigerante líquido: ..... | 25 |
| 3.1.13 | Ciclo de refrigeración y congelación.....            | 26 |

|                                                                                                                |                                              |         |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                                                |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                                                |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

|        |                                                                     |    |
|--------|---------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.14 | Tabla con valores respecto al tiempo y temperatura .....            | 28 |
| 3.1.15 | Conexiones eléctricas del banco de refrigeración y congelación..... | 29 |
| 3.2    | Componentes banco aire acondicionado.....                           | 30 |
| 3.2.1  | Compresor:.....                                                     | 31 |
| 3.2.2  | Evaporador:.....                                                    | 32 |
| 3.2.3  | Condensador: .....                                                  | 33 |
| 3.2.4  | Válvula de expansión:.....                                          | 34 |
| 3.2.5  | Maxthermo:.....                                                     | 35 |
| 3.2.6  | Control de presión:.....                                            | 36 |
| 3.2.7  | Manómetros:.....                                                    | 37 |
| 3.2.8  | Presostatos de alta y baja:.....                                    | 37 |
| 3.2.9  | Diagrama electrico del banco de aire acondicionado .....            | 38 |
| 4      | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                                         | 43 |
| 4.1    | Diagnóstico elementos banco de refrigeración y congelación.....     | 48 |
| 4.2    | Diagnóstico elementos banco Aire Acondicionado.....                 | 51 |
| 5.     | CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....                 | 62 |
| 5.1    | Conclusiones.....                                                   | 62 |
| 5.2    | Recomendaciones .....                                               | 64 |
| 5.3    | Trabajo futuro.....                                                 | 64 |

|                                                                                                                |                                              |         |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                                                |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                                                |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

Lista de figuras:

|                                                                                |                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Figura 1. Evaporadores de congelación y conservación .....                     | 17                                   |
| Figura 2. Unidad de condensación.. .....                                       | 18                                   |
| Figura 3. Compresor Tecumseh.....                                              | 19                                   |
| Figura 4. Válvulas de expansión. ....                                          | 20                                   |
| Figura 5. Presostato de alta y baja presión. ....                              | 21                                   |
| Figura 6. Filtro deshidratador.....                                            | 21                                   |
| Figura 7. Visor de refrigerante.....                                           | 22                                   |
| Figura 8. Controladores de temperatura.....                                    | 22                                   |
| Figura 9. Manómetros de alta y baja presión.....                               | 23                                   |
| Figura 10. Válvulas solenoide .....                                            | 23                                   |
| Figura 11. Depósito de refrigerante.....                                       | 24                                   |
| Figura 12. Recibidor de refrigerante. ....                                     | 25                                   |
| Figura 13. Ciclo de refrigeración, banco de congelación y refrigeración.....   | 27                                   |
| Figura 14. Esquema eléctrico de control y potencia. ....                       | 29                                   |
| Figura 19. Elementos del ciclo de refrigeración banco aire acondicionado ..... | 30                                   |
| Figura 20. Compresor banco de aire acondicionado. ....                         | 31                                   |
| Figura 21. Evaporador. ....                                                    | 32                                   |
| Figura 22. Condensador .....                                                   | 33                                   |
| Figura 23. Motor ventilador. ....                                              | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura 24. Ventilador helicoidal. ....                                         | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura 25. Válvula de expansión.....                                           | 34                                   |
| Figura 26. Maxthermo.....                                                      | 35                                   |
| Figura 27. Control de presión.....                                             | 36                                   |
| Figura 28. Indicadores de alta y baja presión.....                             | 37                                   |
| Figura 29. Presostato de alta y baja presión .....                             | 37                                   |
| Figura 30. Análisis de corriente y voltaje. ....                               | 55                                   |
| Figura 31. Análisis con cámara termografica .....                              | 57                                   |
| Figura 32. Circuito eléctrico banco de aire acondicionado.....                 | 38                                   |
| Figura 33. Programación del logo. ....                                         | 40                                   |
| Figura 34. Programación del logo. ....                                         | 41                                   |
| Figura 35. Programación del logo. ....                                         | 42                                   |
| Figura 36. Termómetro digital. ....                                            | 70                                   |
| Figura 37. Termómetro infrarrojo. ....                                         | 71                                   |
| Figura 38. Termocupla.....                                                     | 72                                   |
| Figura 39. Cámara termografica.....                                            | 73                                   |
| Figura 40. Analizador de redes.....                                            | 74                                   |

|                                                                                                                |                                              |         |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                                                |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                                                |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

Lista de graficas:

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Grafica 1. Temperatura equivalente en °C con respecto al tiempo.....        | 44 |
| Grafica 2. Comportamiento en las variaciones de temperatura. ....           | 44 |
| Grafica 3. Datos de medición presentados en la unidad condensadora. ....    | 45 |
| Grafica 4. Variacion de la temperatura hasta llegar al set point. ....      | 45 |
| Grafica 5. Presiones evidenciadas durante la prueba en ambos sistemas. .... | 46 |
| Grafica 6. Grafica con analizador de redes. ....                            | 56 |
| Grafica 7. Análisis de temperatura en el compresor. ....                    | 59 |
| Grafica 8. Análisis de temperatura en el evaporador. ....                   | 60 |
| Grafica 9. Análisis de temperatura en el condensador.....                   | 61 |

Lista de tablas:

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Valores de presión .....              | 28 |
| Tabla 2. Análisis con cámara termografica..... | 57 |
| Tabla 3. Temperaturas en el compresor. ....    | 59 |
| Tabla 4. Temperaturas en el evaporador.....    | 60 |
| Tabla 5. Temperaturas en el condensador.....   | 61 |

Lista de anexos :

|                                                   |                                      |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Anexo 1. Diagrama esquemático de conexiones. .... | 67                                   |
| Anexo 2. Datos técnicos compresor Tecumseh. ....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Anexo 3. Datos técnicos filtro secador.....       | 68                                   |
| Anexo 4. Datos técnicos válvula de expansión..... | 69                                   |



|                                                                                                                |                                      |         |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | INFORME FINAL DE<br>TRABAJO DE GRADO | Código  | FDE 089    |
|                                                                                                                |                                      | Versión | 03         |
|                                                                                                                |                                      | Fecha   | 2015-01-22 |

# 1. INTRODUCCIÓN

---

**1.1 Generalidades:** Este trabajo se relaciona con el enfriamiento de aire o líquidos con el fin de proporcionar temperaturas bajas para conservar alimentos, enfriar bebidas, fabricar hielo, adicionalmente en el diseño se va implementar el acondicionamiento del laboratorio de fluidos y ventilación, las bajas temperaturas ayudan a disminuir la actividad de las bacterias que dañan los alimentos. Por ello, tanto en el hogar como en el comercio de alimentos, la refrigeración es un campo importante y creciente.

**1.2 Objetivo General:** Diagnosticar el estado de funcionamiento de los sistemas de refrigeración del laboratorio de fluidos del ITM, verificando el comportamiento de los equipos, identificando la función de cada elemento necesario en el ciclo de refrigeración.

**1.3 Organización de la tesis:** En el laboratorio de fluidos del ITM está instalado un equipo para realizar prácticas de refrigeración y congelación, además se cuenta con un sistema que permite evaluar el funcionamiento básico para un equipo de acondicionamiento de aire, dentro de la formulación de este proyecto inicialmente se evaluó el funcionamiento de los equipos analizando cada uno de los elementos actuales de los bancos del laboratorio de fluidos, diagnosticando que está en buen o mal estado.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Ciclo termodinámico.

En la siguiente figura se muestra el ciclo termodinámico donde en la sección 2 el líquido refrigerante está en estado de vapor sobrecalentado a alta temperatura y alta presión, ya en el punto 3 el líquido ya paso por la sección de condensación realizando el cambio de fase al retirar el calor al medio ambiente estando el líquido refrigerante en estado líquido saturado a alta presión y baja temperatura; ya en el punto 4 el refrigerante se encuentra en estado de mezcla entre vapor y líquido saturado baja temperatura e baja presión. Para finalizar en el punto 1 ya el refrigerante se encuentra en estado de vapor saturado a baja temperatura y baja presión.

La clave del ciclo es la utilización de un refrigerante cuya función es bajar o mantener la temperatura de un recinto bajo requerimientos específicos; para realizar este ciclo es vital extraer calor del espacio y transferirlo a otro cuerpo con una temperatura más baja atravesando una serie de condiciones y estados llamadas procesos dentro de un mismo ciclo cerrado con procesos como los siguientes. (Boles & Cengel, 2011)

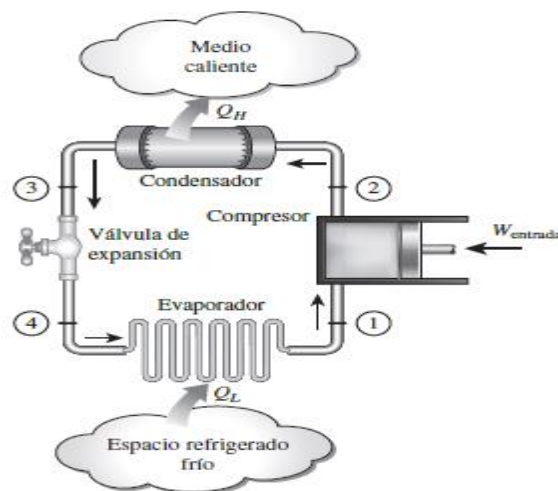


Figura 1. Esquema de refrigeración. (Boles & Cengel, 2011)

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

En el ciclo de termodinámico del aire acondicionado se presentan los siguientes procesos:

### **Expansión**

En el inicio del ciclo de refrigeración el refrigerante esta en este líquido a una alta presión, es necesario utilizar un elemento de expansión con la finalidad de reducir la presión y la temperatura del líquido para facilitar el cambio de fase en el evaporador.

### **Evaporación**

En la unidad interior el líquido se evapora cediendo frio al aire a climatizar, por medio de un ventilador, el refrigerante se evapora y pasa a gas.

### **Compresión**

Consiste en forzar mecánicamente la circulación de un refrigerante, con el propósito de que el fluido absorba calor del ambiente en el evaporador en la zona de baja presión y lo ceda en la de alta presión, en el condensador.

### **Condensación**

El vapor fluye por la línea de descarga, hacia el condensador. Cuando el vapor libera ese calor hacia el aire más frío, se reduce su temperatura a una temperatura de saturación correspondiente a la nueva presión haciendo que el vapor se condense, regresando al estado líquido. Este vapor transformado en estado líquido enfriado está listo para comenzar un nuevo ciclo de refrigeración.

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

## 2.2 Parámetros de medida.

“Las mediciones en eficiencia se han desarrollado por mucho tiempo y en la actualidad existen equipos que permiten integrar todas las lecturas de medición pero son poco accesibles por los altos costos” (Carrier, 2017)

“A principios de los años 90 los equipos de acondicionamiento de aire como de refrigeración presentaban un alto consumo de energía y se presentaban perdidas en el consumo energético ya que los altos voltajes no permitían un uso adecuado en los sistemas de comunicación afectando principalmente las protecciones térmicas” (Kuffel & Zaengl, 2000)

Con la implementación de los avances tecnológicos, es muy importante realizar seguimiento en las lecturas de medición, por medio de ese control se obtienen mejores resultados en cada uno de los sistemas eléctricos.

“Cuando se compara y se evalúa el comportamiento de cada una de las variables con un valor determinado se toma como unidad, se debe tener en cuenta que los proveedores y fabricantes de equipos de refrigeración y aire acondicionado son compañías que se encuentran en otros países y la tensión varía, por tal motivo se debe saber medir baja tensión y alta tensión por medio de unas guías prácticas.” (J.R., 2001)

“Se presenta a continuación unos parámetros de medida utilizados en los sistemas de refrigeración para obtener métodos y errores.” (Boles & Cengel, 2011)

**2.2.1 Medidas analógicas:** las variables varían con el tiempo en relación con temperatura, distancia y velocidad en este método se controla con la variable de duración del proceso.

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

**2.2.2 Medidas comparadas:** Con los valores teóricos se comparan las cantidades obtenidas y con el valor arrojado se evalúa el comportamiento de los equipos con estos dos valores.

**2.2.3 Medidas digitales:** La variable medida se controla en intervalos de tiempo y el valor mostrado se convierte en una secuencia de dígitos y se puede visualizar de una manera más rápida si el valor aumenta o disminuye.

Error de medida: En el análisis de medición algunos valores no corresponden a los datos de placa y se define como la diferencia entre el resultado medido y el valor verdadero.

Error=valor medido-valor verdadero.

## 2.3 Conceptos en el ciclo de aire acondicionado.

- QH: calor sensible transferido al ambiente para realizar el cambio de fase del refrigerante se mide en Vatios(W) o Btu/h.
- QL: calor latente donde se extrae todo el calor en el ambiente a refrigerar, entregando así el aire refrigerado. se mide en Vatios(W) o Btu/h.
- W entrada: es la potencia consumida por el compresor de vapor se mide en Vatios(W) o Btu/h

### 2.3.1 Calor

“El calor se define como la forma de energía que se transfiere entre dos sistemas (o entre un sistema y el exterior) debido a una diferencia de temperatura, Es decir, una interacción de energía será calor sólo si ocurre debido a una diferencia de temperatura. Entonces se

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

deduce que no puede haber ninguna transferencia de calor entre dos sistemas que se hallan a la misma temperatura.” (Boles & Cengel, 2011)

### **Calor sensible**

“Es el calor que podemos sentir o medir con algún instrumento. Es el calor que causa un cambio en la temperatura de la sustancia, pero no un cambio en el estado. Por ejemplo, si se calienta agua sobre una llama, podemos sentir la elevación de la temperatura sumergiendo un dedo en el agua. Cuando la temperatura de un líquido o de una sustancia cualquiera se eleva, está absorbiendo calor sensible y, por el contrario, cuando baja la temperatura de una sustancia, está desprendiendo calor sensible.” (Huanca, 2016)

### **Calor latente**

“El termino calor latente se refiere a la cantidad de calor necesaria para cambiar el estado físico de una sustancia sin variar su temperatura, de solido a liquido o de líquido a vapor. La palabra latente significa “oculto”, no es percibido por los sentidos. Para hacer que una sustancia sufra un cambio físico, y pase del estado sólido al líquido, o del estado líquido al de vapor, hay que añadirle una cantidad considerable de calor. Este calor latente es almacenado en la sustancia y lo devuelve de nuevo cuando la sustancia retorna a su estado inicial cuando se enfría” (Huanca, 2016)

### **2.3.2 Temperatura**

La temperatura es una magnitud física/química que mide el nivel térmico o el calor que posee un cuerpo. Termodinámicamente hablando, se trata de la velocidad promedio o la energía cinética (movimiento) de las partículas de las moléculas, a temperaturas altas, la velocidad de las partículas es alta, y en el cero absoluto las partículas no tienen movimiento. Esto indica que el aumento de la temperatura es directamente proporcional

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

al cambio de la velocidad de las partículas. A menudo el calor o el frío percibido por las personas tiene más que ver con la sensación térmica que con la temperatura real.

Las escalas de medición de la temperatura se dividen en dos tipos, las relativas y las absolutas. Se denominan relativas porque registran como lectura cero (0) a temperaturas arbitrarias, mientras que las absolutas registran como lectura cero a la temperatura hipotética llamado cero absolutos.

#### Relativas

- Grados Celsius (°C): sistema internacional(SI)
- Grados Fahrenheit(°F): sistema ingles

#### Absolutas

- Rankine(R): sistema ingles
- Kelvin(K): sistema internacional(SI)

### 2.3.3 Transferencia de calor

Se define como la transición de la energía térmica de un cuerpo con mayor temperatura a otro de menor temperatura. Este sistema solo se puede dar cuando hay una diferencia de energía en caso contrario no se podría dar. Existen las siguientes formas para realizar la transferencia de calor:

#### **Conducción**

La conducción es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. En los gases y líquidos la conducción se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. En los sólidos se debe a la combinación de las

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

vibraciones de las moléculas en una retícula y al transporte de energía por parte de los electrones libres. (Cengel & Ghajar, 2011)

### **Convección**

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que está en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. (Cengel & Ghajar, 2011)

### **Radiación**

La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio interventor. De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un vacío. Ésta es la manera en la que la energía del Sol llega a la Tierra. (Cengel & Ghajar, 2011)



|                                                                                                                |                                      |         |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | INFORME FINAL DE<br>TRABAJO DE GRADO | Código  | FDE 089    |
|                                                                                                                |                                      | Versión | 03         |
|                                                                                                                |                                      | Fecha   | 2015-01-22 |

### 3. METODOLOGÍA

---

Este trabajo presenta un amplio análisis que permite diagnosticar el estado de los equipos considerando el diseño de los bancos de refrigeración, congelación y aire acondicionado del laboratorio de fluidos, se realizó un seguimiento a cada equipo permitiendo analizar la programación y funcionamiento de cada uno de los componentes, se verificó el comportamiento de los equipos en presión, voltaje, corriente, potencia y eficiencia de los sistemas en general, dentro de la instalación de cada uno de los sistemas se busca que los estudiantes comprendan de una manera más didáctica y técnica el análisis del ciclo de refrigeración utilizando las guías de funcionamiento y los elementos de medición o herramientas con los que cuenta el ITM.

#### 3.1 Componentes banco refrigeración y congelación



Figura 2 Evaporadores de congelación y conservación con sus respectivas puertas.

Fuente: elaboración propia.

**3.1.1 Evaporador:** Se observa que tiene buen aislamiento térmico, una de las compuertas presenta un empaque defectuoso, tiene una capacidad de 4640 btu/h, este sistema cuenta con dos evaporadores, uno que permite encontrar temperaturas de

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

conservación y otro que permite alcanzar temperaturas de congelación, los ventiladores están desbalanceados.



Figura 3

Figura 3 Unidad de condensación.

Fuente. Elaboración propia.

**3.1.2 Condensador:** Se visualizó un desgaste en el serpentín, ya que por falta de un soporte en el momento que el ventilador extrae calor se genera una vibración, la bandeja de mantenimiento presenta una perforación en la zona inferior permitiendo fugas de agua, las uniones en la tubería de alta presión están con poca soldadura.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



Figura 4 Compresor Tecumseh.

Fuente. Elaboración propia.

**3.1.3 Compresor:** En el momento en que el compresor arranca se evidencia que lo hace de una manera forzada, en la bornera eléctrica los cables de conexión no cuentan con las respectivas terminales, en la base del compresor falta una de las tuercas, cuando el compresor eleva su presión se percibe una alta temperatura en sus paredes.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



Figura 5 Válvulas de expansión referencia TN2 068Z3542.

Fuente. Elaboración propia.

**3.1.4 Válvula de expansión:** Aunque la válvula funciona bien sin notar posibles fugas en cada uno de los tramos, si se nota el desgaste en algunos puntos y esto se debe a su longevidad y uso, se recomienda cambiar todos los racores por nuevos.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



Figura 6 Presostato de alta y baja presión marca Ranco.

Fuente. Elaboración propia.

**3.1.5 Presostato de alta y baja presión:** Se evidenció que apaga el compresor cuando se introduce una carga variable adicional por la presión del fluido refrigerante en la línea de baja, una de las láminas donde se visualiza la numeración está muy rayada haciendo que estéticamente no se vea bien.



Figura 7 Filtro deshidratador Danfoss.

Fuente. Elaboración propia.

**3.1.6 Filtro deshidratador:** Al realizar el diagnóstico la dirección de la flecha se encuentra en la posición adecuada, por ser un elemento hermético no se puede analizar la cantidad de agentes contaminantes como humedad y partículas sólidas que tenga dicho elemento en la malla interior, solo se puede verificar en el momento en que se desmonta, y es recomendable cambiar el elemento por la humedad que pueda contener.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



Figura 8 Visor de refrigerante.

Fuente. Elaboración propia.

**3.1.7 Mirilla o visor de refrigerante líquido:** Este indicador visualizo humedad en el sistema permitiendo la congelación en los racores principalmente antes de la llegada a la válvula de expansión, se ven muchas burbujas evidenciando un ajuste de refrigerante para un óptimo funcionamiento del equipo.



Figura 9 Controladores de temperatura.

Fuente. Elaboración propia.

**3.1.8 Controlador de temperatura:** Cuando se van a modificar las condiciones de temperatura preestablecidas los botones no responden de la mejor manera debido al desgaste, la pantalla correspondiente a congelación muestra la numeración de una manera intermitente.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



Figura 10 Manómetros de alta y baja presión.

Fuente. Elaboración propia.

**3.1.9 Manómetros de alta y baja presión:** Al analizar las presiones a las que está sometido el fluido refrigerante las agujas se encuentran flojas tanto en el lado de alto como en el lado de baja presión, ambos manómetros se encuentran descalibrados.



Figura 11 válvulas solenoide Danfoss.

Fuente. Elaboración propia.

**3.1.10 Válvula solenoide:** En el momento en que la zona refrigerada alcanza la temperatura deseada, en consecuencia se apaga el compresor mediante el cierre de la válvula, evitando que se cargue de refrigerante el evaporador durante el tiempo de parada del compresor, lo que ocasiona un incremento de presión en la línea de succión exigiendo al compresor mayor esfuerzo en el arranque.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



**Figura 12 Depósito de refrigerante.**

Fuente. Elaboración propia.

**3.1.11 Depósito de refrigerante en estado líquido:** Este componente en todo momento almacena el refrigerante en estado líquido proveniente del condensador y lo distribuye a las válvulas de expansión, funciona dentro de las condiciones normales.



|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



Figura 13 Recibidor de refrigerante.

Fuente. Elaboración propia.

**3.1.12 Recibidor y separador de refrigerante líquido:** Al realizar una de las pruebas este componente permitió la evaporación de partículas que aun llegan estado líquido evitando así daños mecánicos en el compresor, le falta pintura permitiendo la oxidación en la zona superior.

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

### 3.1.13 Ciclo de refrigeración y congelación.

El plano esquemático del banco de refrigeración y congelación nos muestra el ciclo de refrigeración, dando a conocer la trayectoria en la que circula el gas refrigerante y los elementos por los que este entra. Los cuatro elementos principales del ciclo de refrigeración son el compresor, el condensador, el evaporador y la válvula de expansión.

Antes de la válvula de expansión el refrigerante se encuentra en estado líquido a determinada presión, su paso al evaporador lo controla la válvula de expansión termostática, cuyo funcionamiento está regulado por la temperatura y por la presión.

Esta válvula le produce una pérdida de carga al refrigerante mediante una estrangulación brusca que hace que la presión descienda desde la que tenía (salida del condensador) hasta la existente a la entrada del evaporador.

La válvula es la que regula las dos partes del ciclo frigorífico, la zona de alta presión y la zona de baja presión.

Esta bajada de presión en el evaporador hace que el refrigerante hierva y se produzca su evaporación, absorbiendo calor del recinto en que se encuentra a través del aire del mismo, y transfiriéndolo al líquido, que se va transformando en vapor en el interior de los tubos del evaporador, hasta que se evapora totalmente

El refrigerante entra en el compresor a baja presión y temperatura, en forma de gas, es comprimido, aumentando su presión y su temperatura. Ahora entra en el condensador y mediante la acción de un fluido exterior (agua o aire), se le extrae calor al refrigerante, lo cual produce un enfriamiento del mismo favoreciendo su condensación hasta alcanzar el estado líquido; a partir de aquí es impulsado de nuevo hacia la válvula de expansión donde se repite el ciclo.

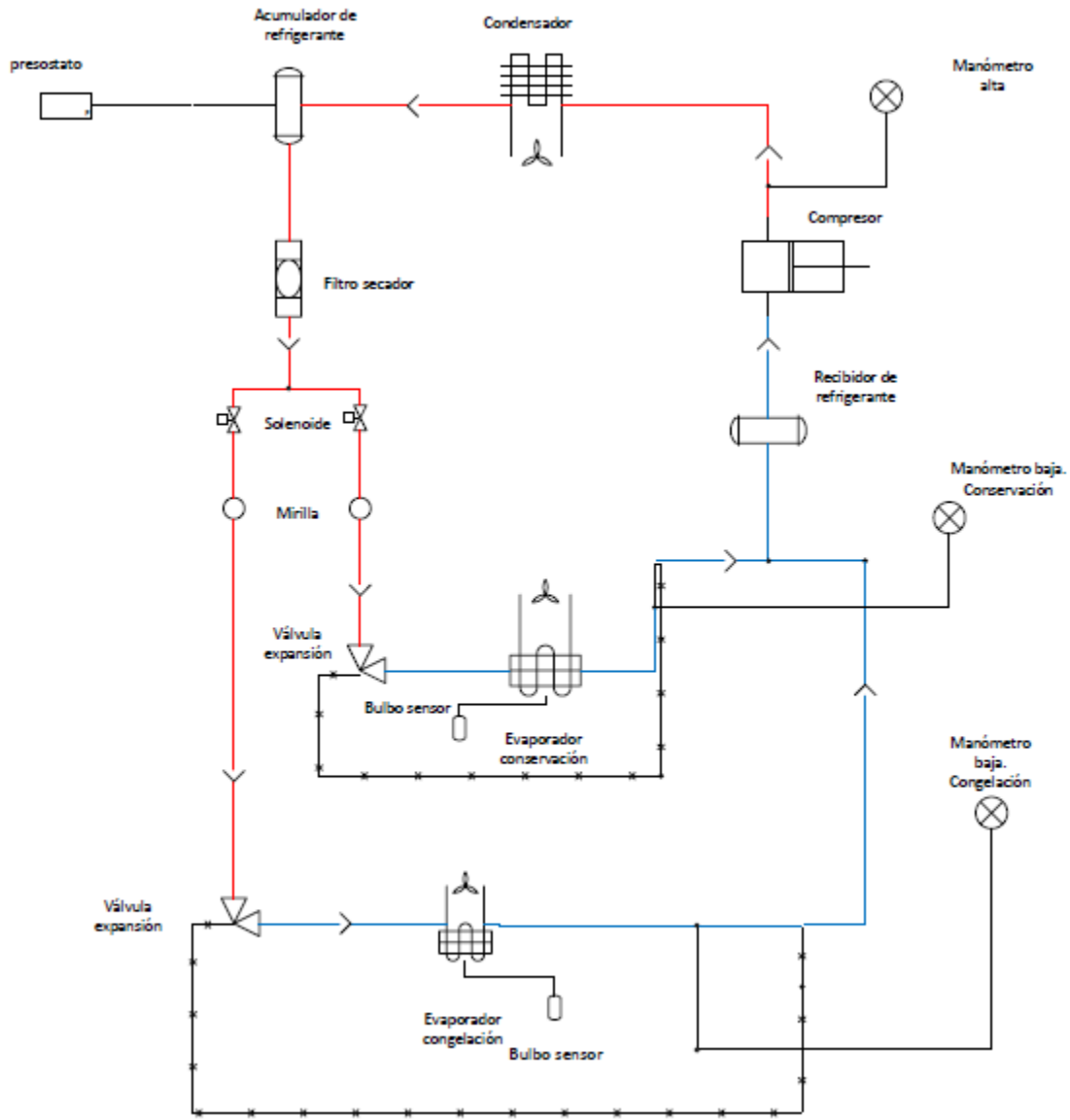


Figura 14 Ciclo de refrigeración, banco de congelación y refrigeración.

Fuente. Elaboración propia.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |

### 3.1.14 Tabla con valores respecto al tiempo y temperatura

La tabla 1 corresponde a los valores de temperatura de cada elemento en su entrada y salida.

**Tabla 1. Valores de presión con respecto al tiempo y temperatura en °C realizados en la entrada y salida de cada componente.**

Fuente. Elaboración propia.

| Compresor |        | Evaporador |        | Condensador |        | Controlador |        | Presiones (PSI) |    | Tiempo (Minutos) |
|-----------|--------|------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-----------------|----|------------------|
| Entrada   | Salida | Entrada    | Salida | Entrada     | Salida | Entrada     | Salida | PA              | PB |                  |
|           |        |            |        |             |        |             |        |                 |    |                  |
|           |        |            |        |             |        |             |        |                 |    |                  |
|           |        |            |        |             |        |             |        |                 |    |                  |
|           |        |            |        |             |        |             |        |                 |    |                  |
|           |        |            |        |             |        |             |        |                 |    |                  |
|           |        |            |        |             |        |             |        |                 |    |                  |
|           |        |            |        |             |        |             |        |                 |    |                  |

|                                                                                                                |                                      |         |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | INFORME FINAL DE<br>TRABAJO DE GRADO | Código  | FDE 089    |
|                                                                                                                |                                      | Versión | 03         |
|                                                                                                                |                                      | Fecha   | 2015-01-22 |

### 3.1.15 Conexiones eléctricas del banco de refrigeración y congelación.

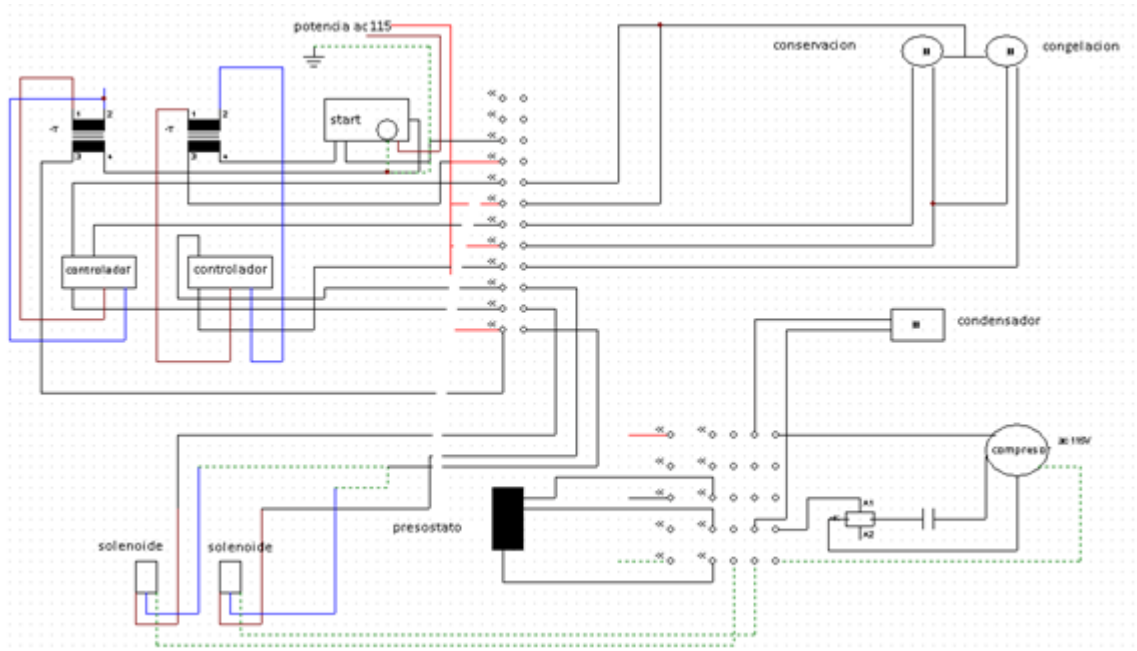


Figura 15 Esquema eléctrico de control y potencia.

Fuente. Elaboración propia.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |

### 3.2 Componentes banco aire acondicionado.

En el laboratorio de fluidos además del banco de refrigeración y conservación también se cuenta con un módulo de aire acondicionado, a continuación se presenta su respectivo estado y funcionamiento.

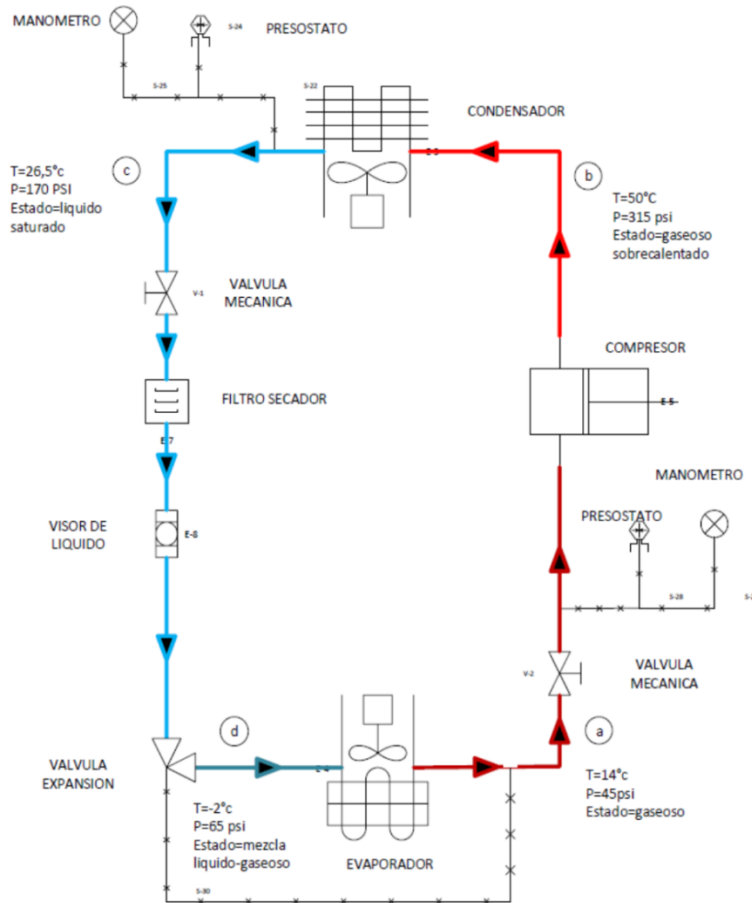


Figura 16 Elementos del ciclo de refrigeración banco aire acondicionado.

Fuente. Elaboración propia.

En el esquema anterior se especifica la posición real de cada elemento instalado en el banco de aire acondicionado verificando así su sentido de flujo y analizando el estado del refrigerante R22 en cada punto especificado con ayuda del software EES. El funcionamiento de cada elemento se muestra a continuación:

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



Figura 17 Compresor banco de aire acondicionado.

Fuente. Elaboración propia.

**3.2.1 Compresor:** Se realizaron los diferentes chequeos del comportamiento del compresor en su fase inicial de arranque y su fase de estabilización; por medio de un analizador de redes se logró saber si los valores de corriente, voltaje y potencia iban acordes con los datos nominales de fábrica por lo cual fue fabricado. Realizando así un chequeo en estado estacionario y dinámico revisando posibles perturbaciones que indicaran si era apto para seguir trabajando. Se llega a la conclusión de que trabajaban en los límites normales.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



**Figura 18** Evaporador.

Fuente. Elaboración propia.

**3.2.2 Evaporador:** Al realizar el diagnostico se pudo analizar el estado y funcionalidad de la cabina, se llega a la conclusión que, aunque no presenta escape de aire frio, se ve que en tramos están pegados con un acrílico, haciendo que estéticamente no se vea bien; aparte de eso no es muy funcional ya que es muy hermético y no da la posibilidad de ingresar para realizar alguna reparación o mantenimiento. Como aspecto final a analizar, es que no cuenta con un espacio amplio en el caso que se quiera ingresar algunos elementos de medida, control y simulación de variables.



|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



Figura 19 Condensador.

Fuente. Elaboración propia.

**3.2.3 Condensador:** Se logró comprobar que las presiones iban a la par entre lo experimental y lo teórico, realizando un análisis de presión en la salida del condensador (presión alta) verificando así condiciones normales de funcionamiento para que se realice la transferencia de calor de forma exitosa.

|                                                                                   |                                   |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                   | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                   | Fecha   | 2015-01-22 |



Figura 20 Válvula de expansión.

Fuente. Elaboración propia.

**3.2.4 Válvula de expansión:** En una de las pruebas se evidencio en el bulbo censador de temperatura que tiene desgaste y mala conexión, haciendo que pueda ir presentando anomalías en el tiempo en el cambio de fase, haciendo que atraviese demasiado refrigerante o la ausencia de el por el evaporador realizando graves daños.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



Figura 21 Maxthermo MC5438.

Fuente. Elaboración propia.

**3.2.5 Maxthermo:** Se estudió de forma exhaustiva el circuito eléctrico del sistema, para esto se hizo un levantamiento completo del circuito eléctrico para poder analizar con más facilidad la conexión del controlador y como inciden cada uno de ellos de forma funcional en el proceso completo, se llegó a la conclusión que controla la temperatura normalmente.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



**Figura 22** Control de presión.

Fuente. Elaboración propia.

**3.2.6 Control de presión:** Se comprobó que el control de presión iba a la par entre lo experimental y lo teórico, realizando un análisis de presión en las salidas condensador (presión alta) y el evaporador (presión baja) verificando así condiciones normales de funcionamiento.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |

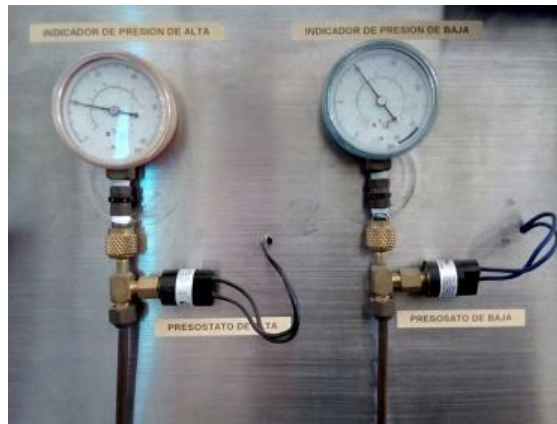


Figura 23 Indicadores de alta y baja presión.

Fuente. Elaboración propia.

**3.2.7 Manómetros:** Con la ayuda de los manómetros y los datos de fábrica en el que se evidencia el posible rango de presiones en operación del refrigerante R22, se logró comprobar que las presiones se encuentran dentro de las condiciones normales para su funcionamiento



Figura 24 Presostato de alta y baja presión.

Fuente. Elaboración propia.

**3.2.8 Presostatos de alta y baja:** También se verifica que los presóstatos están funcionando correctamente, para esto se realizan pruebas cerrando cada uno por separado las dos válvulas de paso simulando así la caída de presión y la subida de presión, con esto se diagnostica que los presóstatos realizan su función de apagado del equipo exitosamente.

### 3.2.9 Diagrama eléctrico del banco de aire acondicionado

Se puede ver la conexión de potencia y control a 110V de cada uno de los elementos del aire acondicionado; este plano eléctrico obedece al circuito que actualmente está conectado en el banco, con respecto al diagnóstico que se hizo.

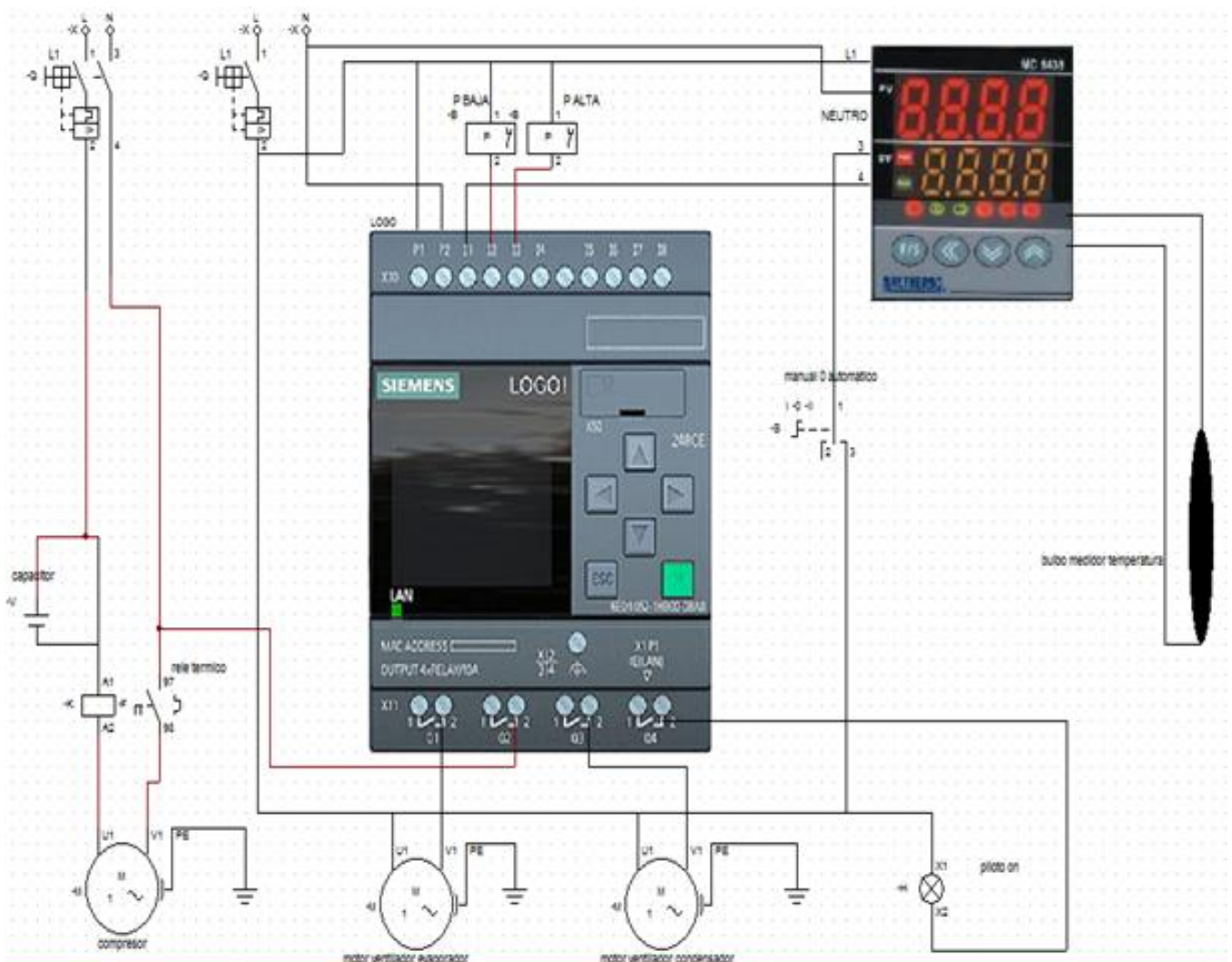


Figura 25 Circuito eléctrico banco de aire acondicionado.

Fuente. Elaboración propia.

|                                                                                                                |                                              |         |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                                                |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                                                |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

Con ayuda del software CADESIMU se sacó el diagrama eléctrico de todo el banco.

| Entradas | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I1       | Controlador mt530e h/t                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| I2       | Presostato de baja                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| I3       | Presostato de alta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Salidas  | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Q1       | Motor/ventilador del evaporador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Q2       | Compresor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Q3       | Motor/ventilador del condensador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Q4       | Piloto de encendido                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Entradas | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| I1       | Es la primera entrada del sistema y se trata de la señal que emite el controlador de humedad/temperatura que censa la temperatura en el espacio y manda una señal a Q1,Q2,Q3 y Q4 de apagar e prender todo el sistema después de llegar al set point del rango de medición.                                                                     |
| I2       | Es la señal que proviene del presostato de baja, el cual en estado de marcha del equipo, él switch está cerrado permitiendo que las salidas se energicen con normalidad, cuando la presión se baja más allá de los límites permisibles el cierra el switch apagando todas las salidas del sistema (Q1,Q2,Q3 y Q4).                              |
| I3       | Es la señal que proviene del presostato de alta, el cual en estado de marcha del equipo, el switch interno se encuentra cerrado permitiendo que las salidas se energicen con normalidad, cuando la presión aumenta en el sistema más allá de los límites permisibles el cierra el switch apagando todas las salidas del sistema(Q1,Q2,Q3 y Q4). |
| Salidas  | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Q1       | Es la señal de salida que permite el encendido del motor/ventilador del evaporador, solo funciona si las tres señales de entrada (I1,I2 Y I3) están energizadas.                                                                                                                                                                                |
| Q2       | Es la salida más importante ya que es la que gobierna el encendido y el apagado del compresor, ella solo funciona si las tres señales de entrada(I1,I2 Y I3) se encuentran en operación, teniendo así un sistema de seguridad que no deja que el compresor trabaje solo si no con la intervención de los demás sistemas.                        |
| Q3       | Es la señal de salida que permite el encendido del motor/ventilador del condensador, permitiendo que retire el calor del condensador para realizar el cambio de fase del líquido refrigerante. solo funciona si las tres señales de entrada(I1,I2 Y I3) están energizadas.                                                                      |

Q4

Es la última salida del sistema y se trata de la señal que realiza el encendido del piloto de marcha verde, este indicara si el sistema de aire acondicionado se encuentra encendido o apagado de forma manual o también automática por medio del circuito en general del logo.

Figura 26 Programación del logo.

Fuente. Elaboración propia.

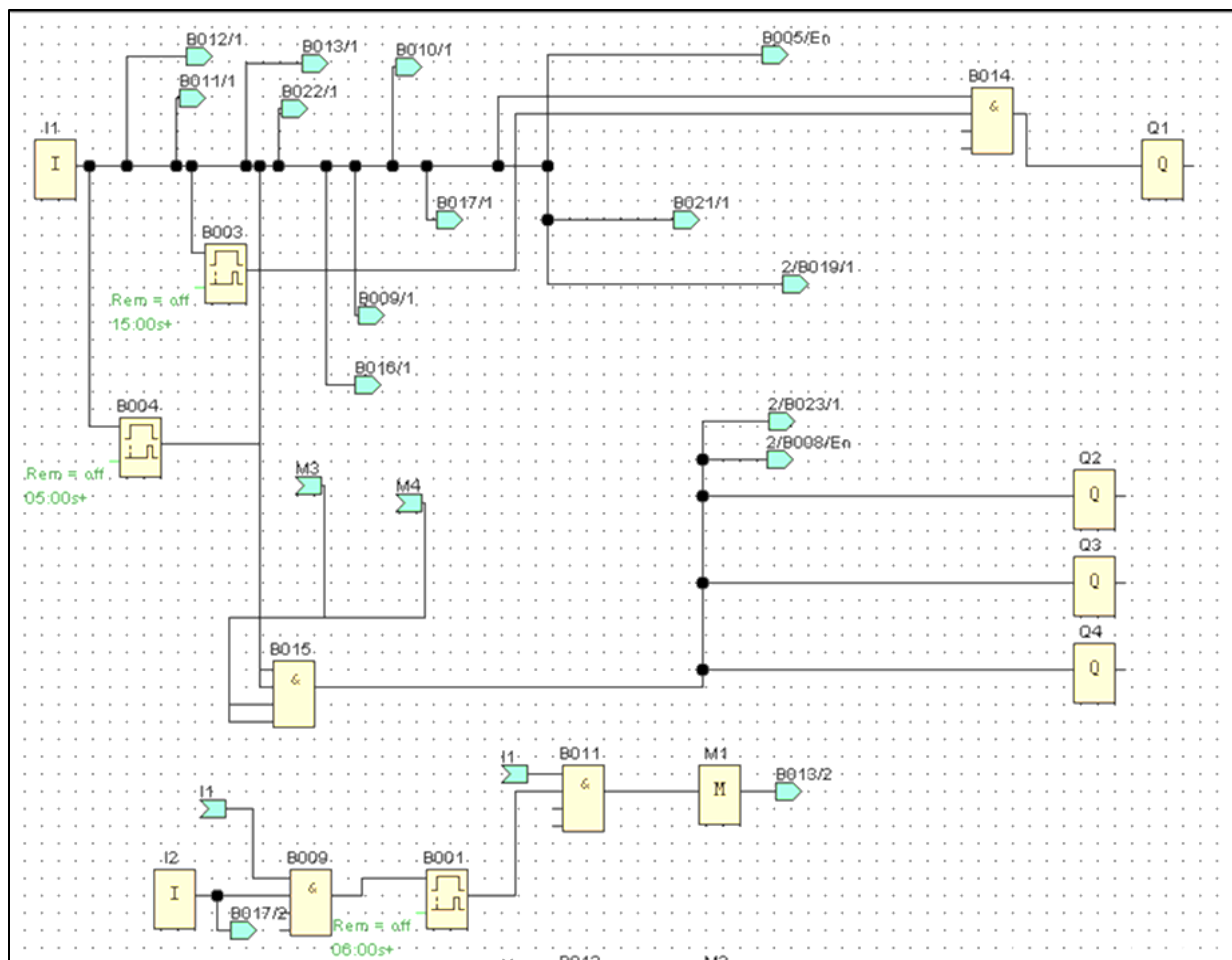




Figura 27 Programación del logo.

Fuente. Elaboración propia.

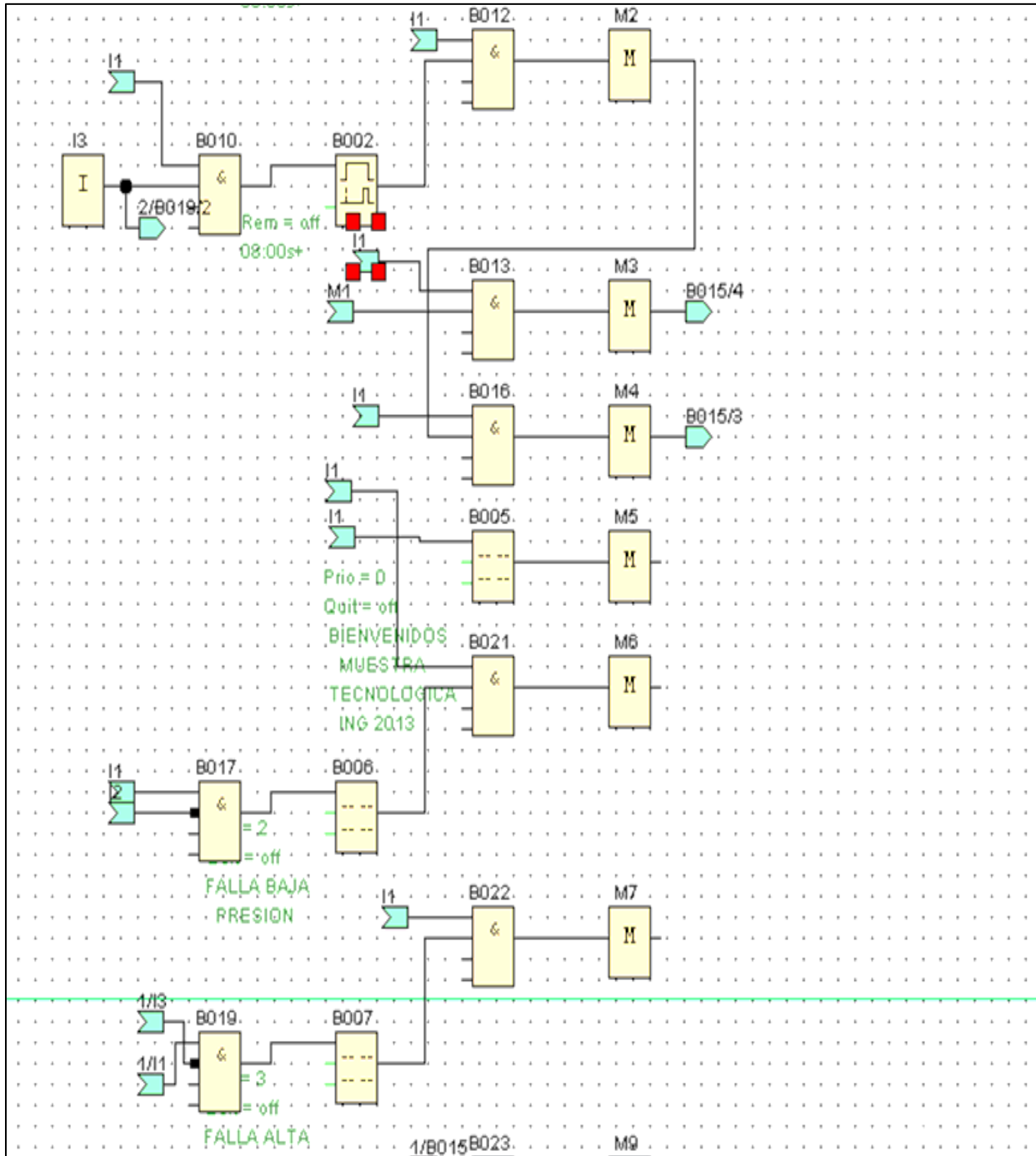
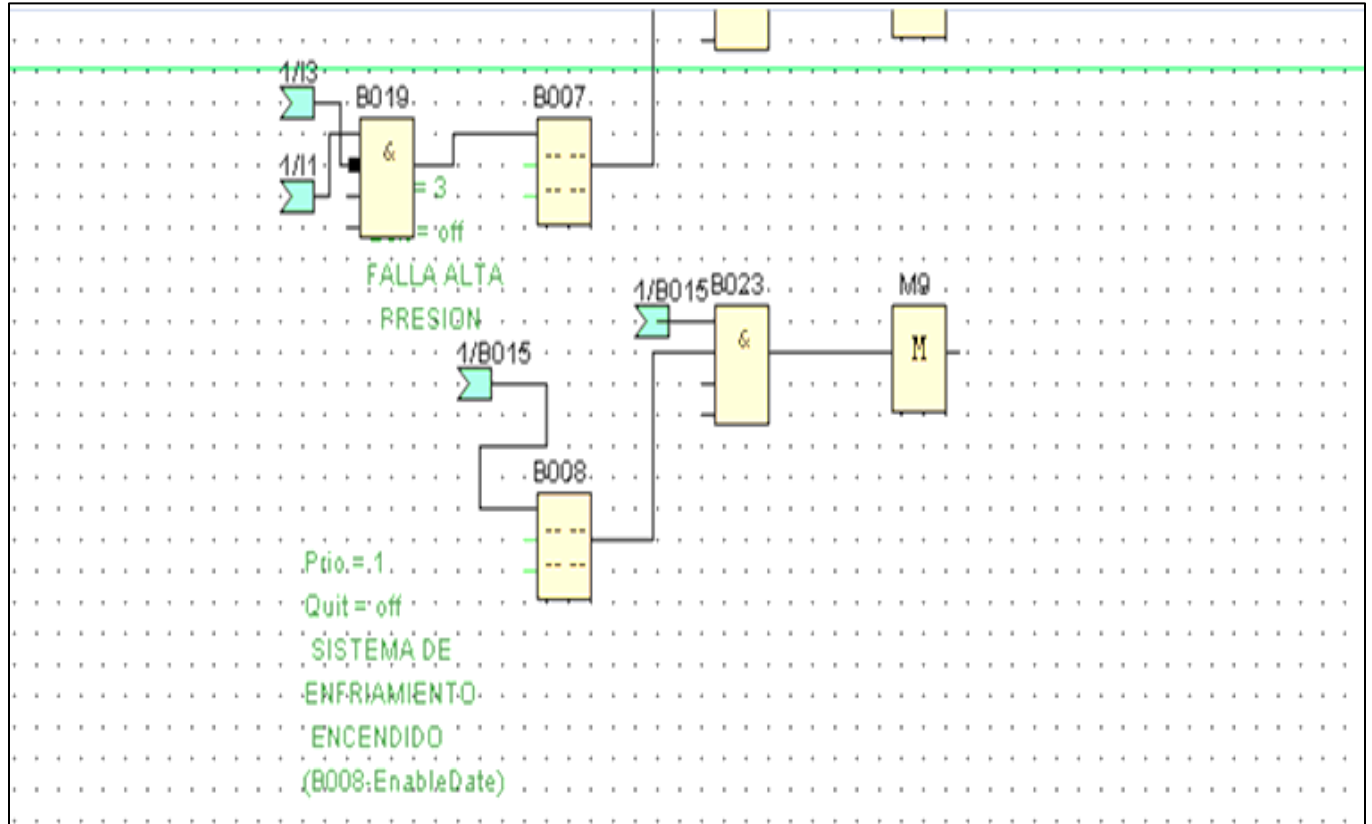


Figura 28 Programación del logo.

Fuente. Elaboración propia.



|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

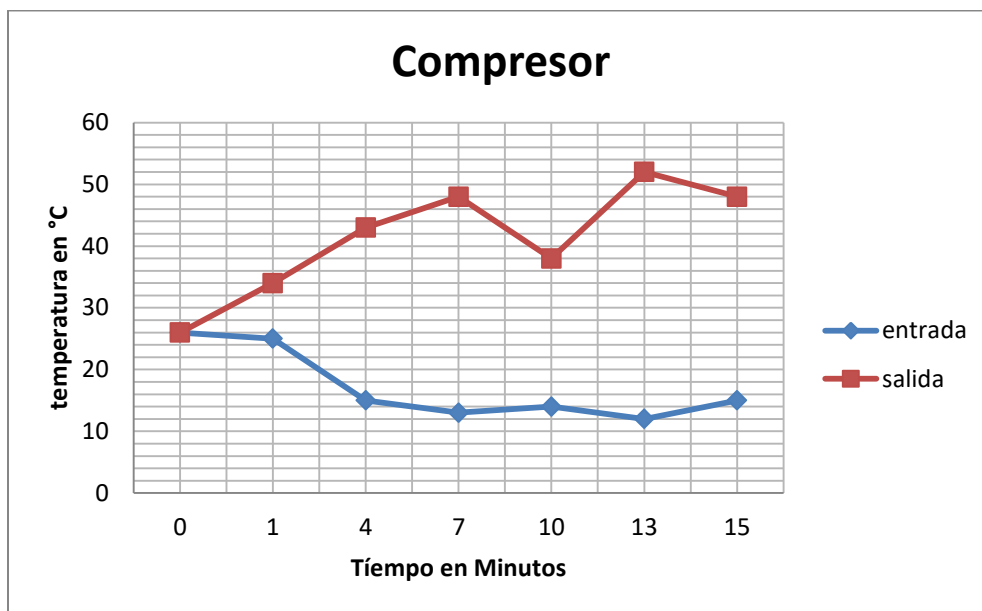
El diseño actual no permite accesibilidad de conexión en las borneras del compresor y puntos de medición para conectar un manómetro adicional, proporcionando poca seguridad a los usuarios ante las tensiones que se puedan producir en los componentes.

Para obtener unos bancos más ilustrativos y dinámicos, se propone hacer uso de componentes más comerciales presentados en el diseño que permitan lograr unos mejores resultados.

A continuación se presentan unas graficas donde se analizó la temperatura con respecto al tiempo cada elemento.

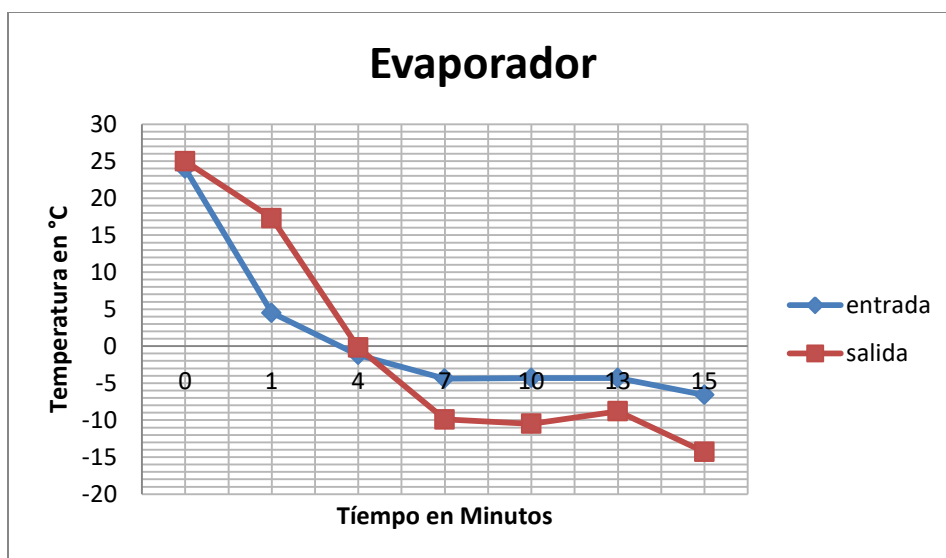
### **Graficas temperatura/tiempo**

En la gráfica 1, 2, 3 y 4 se observa la temperatura en la línea de entrada y salida de cada componente, medido durante 15 minutos en intervalos de 5 minutos se midió con un termómetro digital Datalogger, y los bulbos se pusieron en la tubería de entrada y salida de cada elemento respectivamente, fijándolos con cinta rubatex como aislamiento para minimizar perdidas de calor.



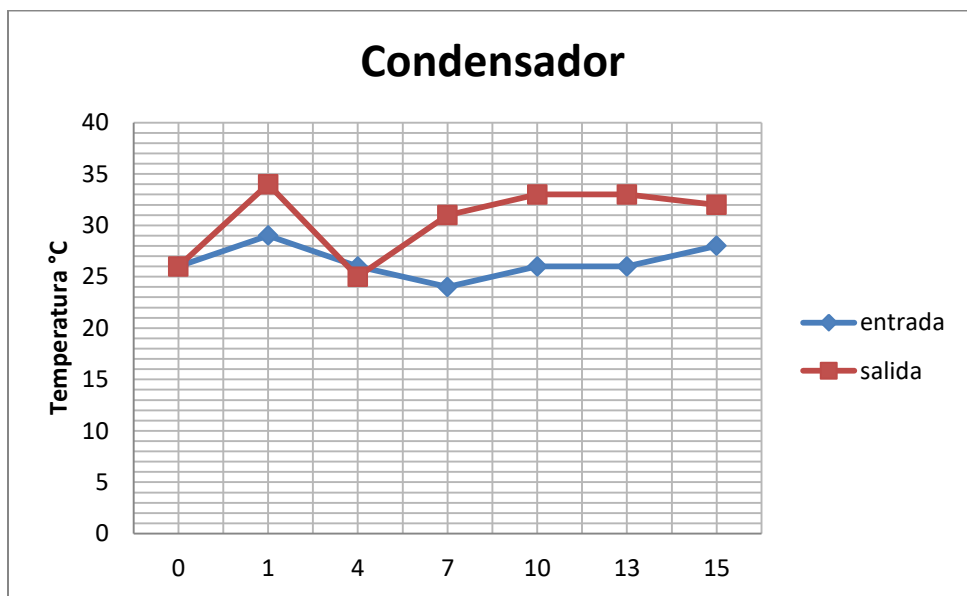
Grafica 1. Temperatura equivalente en °C con respecto al tiempo.

Fuente. Elaboración propia.



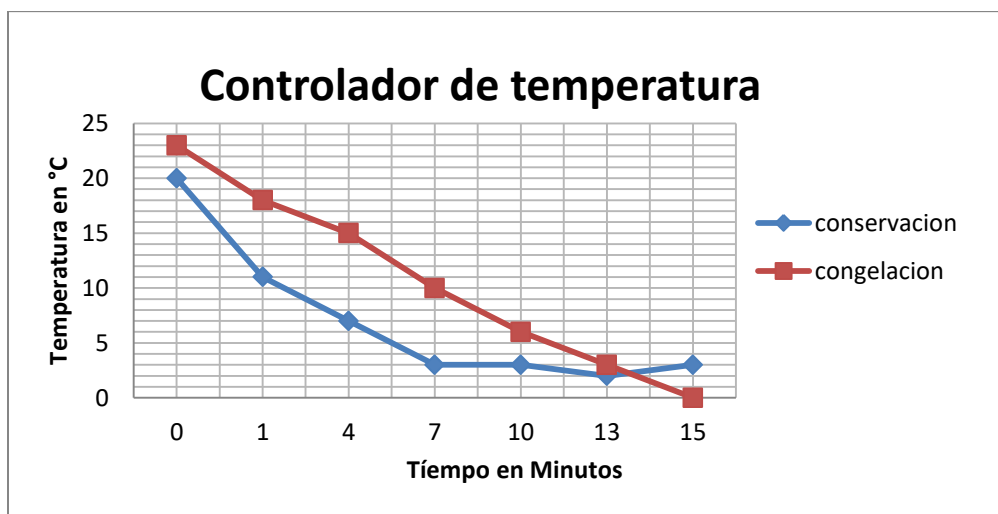
Grafica 2 Comportamiento en las variaciones de temperatura.

Fuente. Elaboración propia.



Grafica 3. Datos de medición presentados en la unidad condensadora.

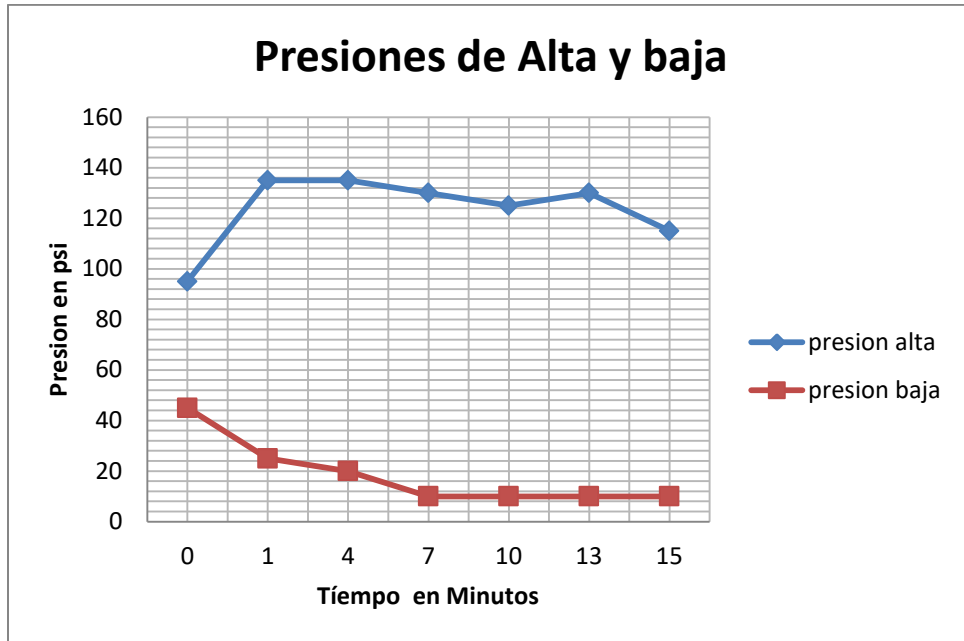
Fuente. Elaboración propia.



Grafica 4. Variación de la temperatura hasta llegar al set point.

Fuente. Elaboración propia.

En la gráfica 5 se usó la cámara termografica para verificar los datos obtenidos por los termómetros, para buscar coeficientes de error y se llegó a la conclusión que los valores son muy similares no se requirió mostrar la gráfica de los valores mostrados en la cámara termografica.



Gráfica 5. Presiones evidenciadas durante la prueba en ambos sistemas.

Fuente. Elaboración propia.

### Fallas comunes en componentes eléctricos

Las fallas más comunes que se presentan en los componentes eléctricos se explican a continuación.

Cable de alimentación defectuoso: se considera como la potencia del equipo, es una de las fallas más comunes, ya que generalmente los cables están expuestos y en algunas ocasiones húmedos, se debe verificar voltaje y que el circuito no este sobrecargado, en algunas ocasiones se necesita una línea aparte.

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

Termostato descompuesto: la temperatura no es la indicada en relación con el valor presentado en el display, algunos controladores tienen baterías de respaldo y se debe considerar su vida útil, los parámetros de programación se verifican en la memoria interna del termostato presentando como ventaja realizar modificaciones paralelas con las variaciones de temperatura.

Compresor descompuesto: tanto los sistemas de aire acondicionado como los de refrigeración cuentan con un compresor que tiene la tarea de forzar mecánicamente el refrigerante en un circuito cerrado dividido por dos zonas de baja y alta presión, obteniendo calor del ambiente y desplazándolo por medio de una condensadora.

### **Fallas comunes en componentes mecánicos**

Las fallas más comunes que se presentan en los componentes mecánicos se explican a continuación.

“Sello de la puerta con fallas: los empaques alrededor de las puertas desempeñan una labor importante, son los encargados de sellar los sistemas móviles en el sistema de refrigeración permitiendo la conservación del frío, con la respectiva metodología se realiza el respectivo mantenimiento evitando la proliferación de bacterias.” (Aenor, 2016)

Humedad en el sistema: con altas temperaturas se presentan fenómenos relacionados con la humedad como es la presencia de hielo alrededor de la válvula de expansión, ácidos en refrigerantes e incluso daños en el compresor, es importante el uso de filtros secadores, en muchas ocasiones la condensación de la humedad del aire a ingresado al sistema, en la operación de un sistema de refrigeración que tenga cierta cantidad de humedad, la saturación relativa se modificara con la temperatura y se presentan cambios de fase en el refrigerante en relación con su composición química, importante resaltar que humedad no es siempre agua, otros factores como oxígeno también influyen.

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

## 4.1 Diagnóstico elementos banco de refrigeración y congelación

### Evaporador

Los evaporadores se encuentran ubicados en una cava con separación, formando dos espacios de iguales dimensiones 1.31 m \* 79.3 \* 80.7 (largo, alto y ancho) y aislados térmicamente de los alrededores por una pared de 10 cm de espesor, en la cual se aloja una fibra aislante fiberglass. Los evaporadores cuentan con un ventilador de recirculación para el aire interior, con el cual se pretende evitar el congelamiento o acumulación de hielo en la tubería del dispositivo. Además, se encuentra instalado un medidor de temperatura tipo bulbo, el cual permite controlar la válvula solenoide encargada del flujo de refrigerante.

### Condensador

Cuenta con unas dimensiones de 34.7 cm \* 13.6 cm \* 27 cm (largo, alto y ancho) este elemento cuenta con un serpentín de 19 curvas con un diámetro de tubería de 3/8.

### Compresor

Este compresor funciona con un voltaje de 110 voltios, cuenta con un aceite sintético ya que las condiciones de temperaturas son altas, brinda propiedades mecánicas y químicas superiores a las que tiene un aceite mineral, su refrigerante es R134a, la marca de este compresor es Tecumseh.



|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

### **Válvula de expansión**

Tiene un peso de 0.280 kg, fabricada en latón, cada una de las entradas equivale a un diámetro de tubería de 3/8 con salida en ½ para un refrigerante R134a.

### **Presostato de alta y baja presión**

Este elemento de control va conectado eléctricamente en serie con el circuito de potencia del compresor va en serie con el circuito de control, los parámetros de funcionamiento del equipo se ajustan en este control de la siguiente forma: la columna izquierda corresponde al presostato de alta, el valor que se indica en la manecilla es la máxima presión que el equipo tolera, la columna derecha corresponde al presostato de baja, cuyos valores indican la mínima presión que el equipo soporta, la diferencia entre el valor mayor (manecilla derecha) y el valor menor (manecilla izquierda) es la presión a la cual el equipo vuelve a encender después de apagarse por baja presión, es el valor mayor de la columna (manecilla derecha).

### **Filtro deshidratador**

Las conexiones de entrada y salida son para tubería de 3/8, tiene un peso de 0.356kg fabricado en acero.

### **Mirilla o visor**

Indica mediante el cambio de color del núcleo (verde-amarillo) si hay humedad en el sistema, siendo el color amarillo el indicador de humedad.

### **Controlador de temperatura**

Se indica cada una de las temperaturas en conservación y congelación por medio de los controladores marca Danfoss.

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

### Manómetros de alta y baja presión

El manómetro rojo va instalado en el lado de alta presión del equipo y tiene un rango de apreciación de 0 a 500 psi, el manómetro azul va conectado al lado de baja presión y su rango de apreciación es de 0 a 120 psi.

### Valores de temperatura banco refrigeración y congelación

Valores de temperatura mostrados en cada elemento del banco de refrigeración y congelación.

Tabla 2. Valores de presión con respecto al tiempo y temperatura en °C realizados en la entrada y salida de cada componente.

Fuente. Elaboración propia.

| Compresor |        | Evaporador |        | Condensador |        | Válvula de expansión |        | Presiones (PSI) |    | Tiempo (Minutos) |
|-----------|--------|------------|--------|-------------|--------|----------------------|--------|-----------------|----|------------------|
| Entrada   | Salida | Entrada    | Salida | Entrada     | Salida | Entrada              | Salida | PA              | PB |                  |
| 26        | 26     | 24         | 25     | 26          | 26     | 20                   | 23     | 95              | 45 | 0                |
| 25        | 34     | 4,5        | 17,3   | 29          | 34     | 11                   | 18     | 135             | 25 | 1                |
| 15        | 43     | -1,2       | -0,2   | 26          | 25     | 7                    | 15     | 135             | 20 | 4                |
| 13        | 48     | -4,4       | -0,9   | 24          | 31     | 3                    | 10     | 130             | 10 | 7                |
| 14        | 38     | -4,3       | -10,5  | 26          | 33     | 3                    | 6      | 125             | 10 | 10               |
| 12        | 52     | -4,3       | -8,8   | 26          | 33     | 2                    | 3      | 130             | 10 | 13               |
| 15        | 48     | -6,6       | -14,3  | 28          | 32     | 3                    | 0      | 115             | 10 | 15               |

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

## 4.2 Diagnóstico elementos banco Aire Acondicionado

### Compresor

Genera una fuerza comprimiendo el gas que llega desde el evaporador en estado gaseoso. La marca de este compresor es EMBRACO: Aspera modelo NE6210E, es compatible con el refrigerante R22, es de diseño hermético tipo pistón y su voltaje es de 115V, RLA (Motor en marcha normal) 29 AMP Y LRA (motor detenido) 7 AMP.

### Evaporador

Tiene 20 vueltas en el serpentín, con una tubería de cobre en 3/8 de pulgada, las dimensiones son 44.7 cm de largo, 9.6 cm de ancho y 40 cm de alto.

### Condensador

En la salida del condensador el fluido refrigerante todavía está a alta presión pero a una menor temperatura que la de entrada, este condensador cuenta con una tubería de cobre de diámetro 3/8, tiene 20 vueltas en el serpentín y unas medidas de 34.7cm\*13.6cm\*27cm (largo, ancho y alto).

### Motor de ventilación

Este tipo de motor normalmente empleado para la ventilación en instalaciones de refrigeración son los de inducción, bien sea monofásicos con condensador permanente o trifásico.

La diferencia de fase en los motores monofásicos también se consigue con dos devanados, ambos incorporados en el estator, empleando muchas espiras de hilo delgado en el

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

devanado de arranque para obtener una elevada resistencia y el devanado de trabajo que está compuesto por menos espiras de hilo más grueso que ofrecen menor resistencia.

### **Ventilador tipo helicoidal**

La hélice es de tipo convencional formada normalmente por tres o cuatro palas, que soplan en el sentido del eje del motor, por lo que reciben el nombre de axial y que a su vez pueden ser de plástico o de aluminio.

Referencia (N10-20/584 BR 127-50-60HZ-0.70<sup>a</sup> CLB – 3W-1300/1500RPM)

Con las hélices de plástico se consiguen niveles sonoros más bajos que con las de metal, ya que el plástico recupera siempre su forma primitiva en caso de deformación por golpe o uso indebido (transporte, almacenamiento).

Este tipo de ventilador también se encuentra en unidades condensadoras instaladas al aire libre.

### **Válvula de expansión**

Regula la inyección de líquido refrigerante en el evaporador. cuenta con un tubo capilar y bulbo de acero inoxidable, resistente a la corrosión y a la vibración, puede suministrarse con MOP (presión máxima de funcionamiento). Protege el motor del compresor contra la presión de evaporación excesiva durante un funcionamiento normal, la entrada de esta válvula de es 3/8 de pulgada y la salida corresponde a 1/2 pulgada, el tubo capilar mide 1.5 metros, fabricado por danfoss, referencia Ts2 068Z3400

### **Maxthermo**

Se encarga de controlar la temperatura., se puede visualizar el valor medido de temperatura y el valor de ajuste, principalmente se puede programar un set point deseado, tiene modo on-off y se puede conectar a un sensor de temperatura como un termopar.

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

Este dispositivo es de referencia MC5438 permite retardar durante varios minutos la puesta en marcha, evitando ciclos repetidos de arranque. Con ello se consigue igualar presiones de funcionamiento antes de la puesta en marcha del compresor, si el termostato o la manipulación provocan falsos contactos.

Retarda la puesta en marcha después de una interrupción de corriente, lo que permite que la tensión de línea vuelva a los valores normales.

### **Control de presión**

Da respuesta a cambios en la presión detectadas. High pressure 10-30 BAR 150-450 PSI (se encuentra desconectado eléctricamente) marca RANCO

Este controlador incluye control en la presión de succión en operativo o papel de control de límite. Control de la presión del lado de alta, ya sea una operación o función de control de límite. Protección del compresor de aceite lubricante. Se protege el compresor contra la pérdida de presión del aceite lubricante que podrían causar daños en los rodamientos grave con resultado de una avería del compresor.

### **Manómetros**

Sus unidades se encuentran en psi y bares, tienen un diámetro de 63 mm, los manómetros de alta van conectados después del compresor y del condensador; los manómetros de baja van conectados después de la válvula de expansión y después del evaporador respectivamente.

Manómetro de alta presión: 0-500 psi, color rojo

Manómetro de baja presión: 0-350 psi, color azul

Ambos manómetros están conectados a una tubería de ¼.

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

### **Presostatos de alta y baja**

Cierran o abren un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido. En general no tienen la capacidad para encender directamente el equipo que están controlando y se ayudan con un relevador o contactor eléctrico, no obstante en refrigeración es bastante común observar presostatos que comandan directamente compresores monofásicos sin pasar la potencia por un contactor o relé.

Presostato alta YK-B-350/250-1/4F (el cable de conexión es de color negro)

Open pressure 350 psi

Close pressure 250 psi

Su función es desconectar eléctricamente a la instalación ante una presión de descarga excesiva que pudiera poner el peligro la vida del compresor.

Debemos conocer el sistema de condensación que utiliza la instalación y de esta forma determinar la diferencia de temperatura que debe existir entre la temperatura del medio empleado para condensar

Presostato baja YK-A-25/80-1/4F (el cable de conexión es de color azul)

Open pressure 25 psi

Close pressure 80 psi

Los presostatos en general son dispositivos que controlan la presión del fluido en el punto donde estén conectados accionando un contacto eléctrico, con el cual se realiza una maniobra determinada, los presostatos de baja igual que los de alta presión los podemos encontrar instalados en diferentes equipos y pueden estar equipados con rearme eléctrico manual o automático.

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

### Análisis de corriente y voltaje banco aire acondicionado

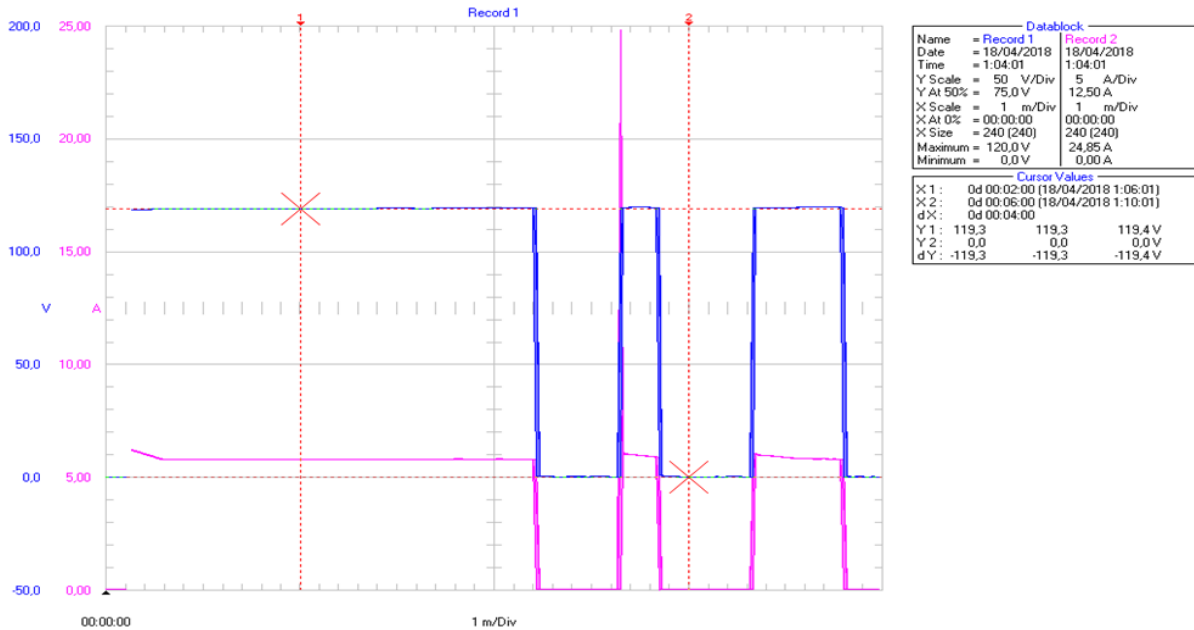


**Figura29 Análisis de corriente y voltaje**

**Fuente. Elaboración propia.**

Se estudió de forma exhaustiva el circuito eléctrico del sistema y su propia automatización; para esto se hizo un levantamiento completo del circuito eléctrico para poder analizar con más facilidad la conexión de los elementos y como inciden cada uno de ellos de forma funcional en el proceso completo. Se descarga la automatización interna del logo siemens para visualizar en más detalle la secuencia del proceso de esta forma verificando que la secuencia este completa y que los elementos estén en su función en el correcto momento. Se pudo conocer que la instalación eléctrica y la automatización están en correctas condiciones de operación.

Con un analizador de redes se verifico como cambia la corriente y el voltaje del compresor con respecto al tiempo, arrojando la siguiente gráfica:



Grafica 6. Grafica con analizador de redes.

Fuente. Elaboración propia.

En la gráfica anterior, sacada desde el software interno del analizador de redes FLUKE, la tendencia de la línea de corriente del compresor (morado) con respecto al tiempo (1minuto); también se muestra la tendencia de la línea de voltaje (azul) con respecto al tiempo (1minuto). Con estos datos arrojados la corriente y el voltaje están en condiciones normales.



### Análisis de temperatura en el banco aire acondicionado



Figura 30 Análisis con cámara termografica.

Fuente. Elaboración propia.

Se realizó una práctica para hallar temperatura de entrada y de salida de cada componente del sistema de aire acondicionado con respecto al tiempo y con la ayuda de los manómetros de alta y baja arrojando los siguientes resultados:

Tabla 3. Análisis con cámara termografica.

Fuente. Elaboración propia.

| Compresor   |            | Evaporador  |            | Condensador |            |
|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| Entrada(°C) | Salida(°C) | Entrada(°C) | Salida(°C) | Entrada(°C) | Salida(°C) |
| 26,7        | 27         | 24          | 24,2       | 26,5        | 26,2       |
| 28,2        | 33         | 11,2        | 22,4       | 30,6        | 27,2       |
| 25,5        | 43,2       | 4           | 15         | 42,5        | 27,2       |
| 20,7        | 47,1       | 2           | 14,6       | 46,9        | 28,3       |
| 19,8        | 50         | -2          | 11,2       | 49,7        | 26,8       |
| 19,8        | 50         | -2          | 10,5       | 49,9        | 26,5       |

|                                                                                                                |                                              |         |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                                                |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                                                |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

| Controlador<br>Temperatura(°C) | Presión    |           | Tiempo<br>Minutos |
|--------------------------------|------------|-----------|-------------------|
|                                | Baja (Psi) | Alta(Psi) |                   |
| 35,9                           | 100        | 100       | 0                 |
| 34                             | 170        | 45        | 1                 |
| 27,5                           | 170        | 45        | 3                 |
| 20,8                           | 173        | 50        | 5                 |
| 17,3                           | 173        | 60        | 7                 |
| 19                             | 170        | 55        | 9                 |

Con respecto a los datos anteriores se arrojaron las siguientes graficas:

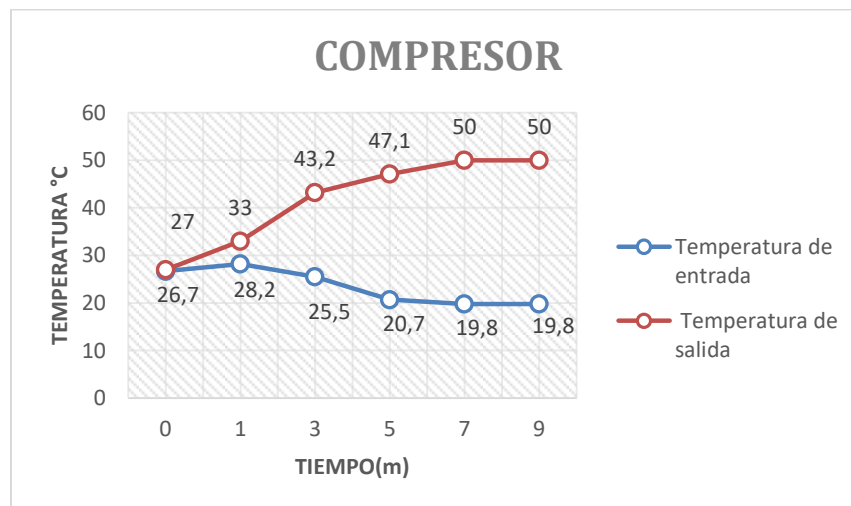
Tabla 4. Temperaturas en el compresor.

Fuente. Elaboración propia.

| Temp. Compresor (°C) |        | Tiempo (min) |
|----------------------|--------|--------------|
| Entrada              | Salida |              |
| 26,7                 | 27     | 0            |
| 28,2                 | 33     | 1            |
| 25,5                 | 43,2   | 3            |
| 20,7                 | 47,1   | 5            |
| 19,8                 | 50     | 7            |
| 19,8                 | 50     | 9            |

Grafica 7. Análisis de temperatura en el compresor.

Fuente. Elaboración propia.



Durante el análisis de temperatura la gráfica anterior evidencia el arranque del compresor de una manera normal, al cabo de un minuto se estabiliza su temperatura mostrándose constante hasta el final de la prueba.

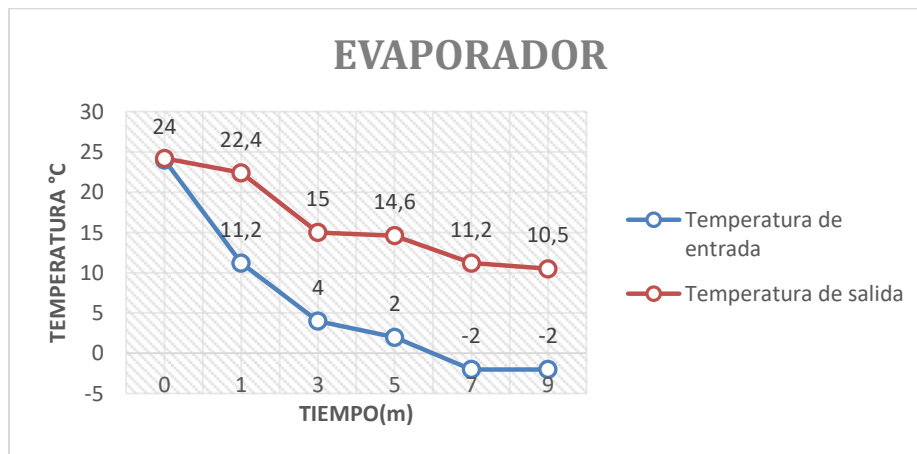
Tabla 5. Temperaturas en el evaporador.

Fuente. Elaboración propia.

| Temp. Evaporador (°C) |        | Tiempo (min) |
|-----------------------|--------|--------------|
| Entrada               | Salida |              |
| 24                    | 24,2   | 0            |
| 11,2                  | 22,4   | 1            |
| 4                     | 15     | 3            |
| 2                     | 14,6   | 5            |
| -2                    | 11,2   | 7            |
| -2                    | 10,5   | 9            |

Grafica 8. Análisis de temperatura en el evaporador.

Fuente. Elaboración propia.



Al inicio de la prueba la temperatura en el evaporador era de 24°C y la temperatura ambiente correspondía a 26°C, transcurrido 3 minutos la temperatura en el termostato era de 15°C, durante el tiempo restante logro llegar al set point deseado que era de 10°C

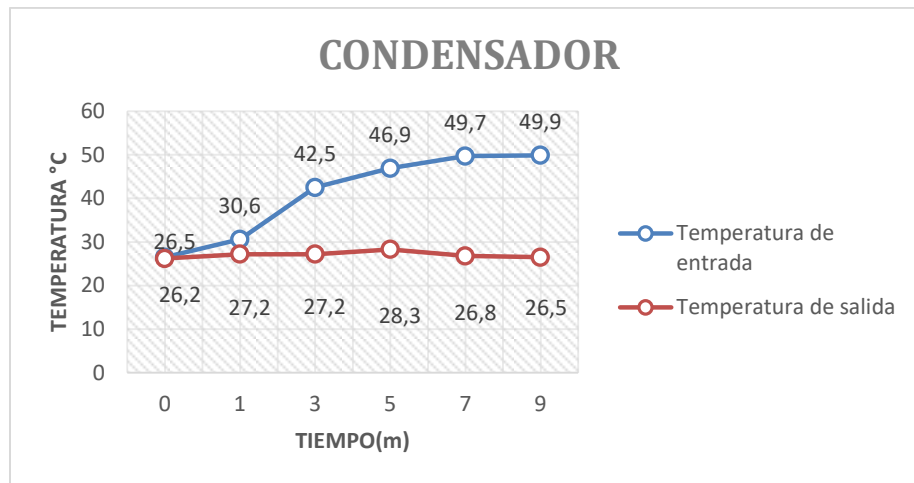
Tabla 6. Temperaturas en el condensador.

Fuente. Elaboración propia.

| Temp. Condensador (°C) |        | Tiempo (Min) |
|------------------------|--------|--------------|
| Entrada                | Salida |              |
| 26,5                   | 26,2   | 0            |
| 30,6                   | 27,2   | 1            |
| 42,5                   | 27,2   | 3            |
| 46,9                   | 28,3   | 5            |
| 49,7                   | 26,8   | 7            |
| 49,9                   | 26,5   | 9            |

Grafica 9. Análisis de temperatura en el condensador.

Fuente. Elaboración propia.



La grafica nos arroja un comportamiento normal en la temperatura del condensador, sin embargo la temperatura de salida durante toda la prueba se mantiene constante, al minuto 3 se apaga el condensador aumentando la temperatura de entrada.

|                                                                                   |                                                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
|  | <p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</p> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                                                          | Fecha   | 2015-01-22 |

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

### 5.1 Conclusiones

- Se recomienda durante las prácticas hacer uso de todos los elementos de seguridad y marcar cada uno de los componentes con su respectiva ficha técnica, para saber el paso a seguir en caso de un mantenimiento u otra eventualidad, de esta forma se podría conocer las posibles perturbaciones del sistema.
- Se debe considerar el reemplazo de los refrigerantes, ya que comercialmente se encuentran discontinuados, en la actualidad existen refrigerantes que se pueden homologar sin necesidad de reemplazar el compresor, siendo compatibles en su composición química.
- En el sistema de refrigeración del cuarto frío no se encontraron aislantes en las paredes, las tuberías están expuestas permitiendo fallas por medio de la vibración, se debe diseñar un soporte para evitar fugas de refrigerante, para un mantenimiento más eficiente en el proyecto se presentan unas rutinas preventivas correspondientes al entorno donde se instalara el equipo.
- En el inventario realizado el equipo de refrigeración cuenta con dos manómetros, en los servicios de alta y baja presión, los visores demuestran que tienen humedad, el acumulador de refrigerante cumple con las especificaciones técnicas respectivas, el control de presión marca RANCO no mide igual en relación con los valores que se indican en los manómetros, los controladores de conservación y congelación se deben calibrar de acuerdo a los valores correspondientes, el compresor indica que

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

trabaja con refrigerante R134a, según la condensación en el evaporador y las burbujas mostradas en el visor se recomienda recuperar el refrigerante y realizar una carga adicional preferiblemente con un refrigerante nuevo, las válvulas solenoides encontradas están desconectadas, es elemental realizar una conexión adecuada para realizar un by pass completo en caso de mantenimiento.

- En el laboratorio de fluidos también se cuenta con un banco de aire acondicionado, cuenta con un serpentín golpeado por falta de un mantenimiento adecuado, la válvula de expansión se debe conectar en paralelo con un capilar para optimizar los ciclos de refrigeración, los manómetros deben ser correspondientes al refrigerante suministrado, la dirección del filtro secador se debe corregir con un filtro nuevo, se evidencio en la dirección de giro del ventilador en el condensador un roce con la superficie, el sistema eléctrico debe corresponder de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes en este caso se encontró un sistema eléctrico con conexiones en serie, en general el equipo esta funcional pero se debe implementar una rutina de mantenimiento.
- Las herramientas con las que cuenta el laboratorio son de mano, tales como pinzas, destornilladores, multímetro, flexómetros, por temas de seguridad se recomienda utilizar elementos de seguridad como gafas, guantes, ya que los refrigerantes generan una exposición a quemaduras, los equipos deben ser intervenidos por personas capacitadas,
- Para un óptimo mantenimiento se debe contar con una pipeta de refrigerante R134A, nitrógeno, bomba de vacío, vacuometro, bascula.

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

## 5.2 Recomendaciones

- Indispensable tener acompañamiento de personas con conocimiento en el tema al momento de realizar las prácticas de funcionamiento, en el diseño se debe considerar la optimización de costos y los cambios del sistema realizando el análisis de compatibilidad presentado en las fichas técnicas.
- Con las gráficas de presión y temperatura del refrigerante actual se deben considerar esas variables para realizar una correcta instalación con un refrigerante comercial y amigable con el medio ambiente.

## 5.3 Trabajo futuro

- Se propone implementar un software de control que permita monitorear en tiempo real, las variaciones con respecto al tiempo y las variables de medición por medio de un pc, se deben implementar todos los avances tecnológicos que permitan controlar cada una de las variables de forma remota obteniendo información más detallada sobre el comportamiento y funcionamiento del sistema.
- Adicionalmente se deben realizar unas rutinas de mantenimiento para evitar fallas en cada uno de los componentes creando un ambiente favorable para los equipos conservando limpias todas las partes que lo componen, ya que las partículas de grasa y aceite que pueda contener el aire del ambiente se mezclan con el polvo, creando una espesa capa aislante, con lo cual se reduce la vida útil de los equipos.



|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

## REFERENCIAS

Huanca Esquíu, E. N. (2016). *Diseño de un sistema de aire acondicionado para un. lima.*

Aenor. (2016). Obtenido de

<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0043941#.Wqg1KujOXIU>

Blas, T. M., & Fernández, A. S. (s.f.). Obtenido de

[http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/termo1p/termo1p\\_portada.html](http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/termo1p/termo1p_portada.html)

Boles, M., & Cengel, Y. (2011). *Termodinamica*. Mexico: McGRAW-HILL.

Boles, M., & Cengel, Y. (2011). *Termodinamica*. mexico: McGRAW-HILL.

Carrier. (2017). *www.carrier.products.com*. Obtenido de

<https://www.carrier.com/carrier/en/co/products-and-services/commercial-refrigeration/>

Cengel, Y., & Ghajar, A. (2011). *Transferencia de calor y masa*. Mexico D.F: McGRAW-HILL.

Danfoss. (s.f.). Recuperado el 28 de 06 de 2018, de

<http://products.danfoss.es/productdetail/refrigeration/thermostatic-expansion-valves/thermostatic-expansion-valves-exchangeable-orifice/t-2-te-2-thermostatic-expansion-valve/ts-2-tes-2-element-for-expansion-valve-flare-flare-r404a-r507/068z3403/#/>

Danfoss. (s.f.). *Danfoss*. Recuperado el 22 de 06 de 2018, de

<http://products.danfoss.es/productdetail/refrigeration/filter-driers/dcc-hermetic-receiver-filter-drier-hcfc-cfc-optimized/dcc-copperplated-solder-connections/023z7004/#/>

J.R., L. (2001). *Departament of electrical engineering university of Moratuwa*. Sri Lanka: Paper.

Kuffel, & Zaengl. (2000). *High voltage engineering fundamentals*. Great Britain: Newnes.

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

## ANEXOS

En la actualidad el ITM cuenta con unas instalaciones con laboratorios con buen equipamiento para realizar todo tipo de prácticas, y de esa forma, permitir a los estudiantes a consolidar los conocimientos extraídos en cada tipo de carrera estudiada, llevándolos así a crear una relación entre lo práctico experimental y lo teórico.

Los estudiantes de ingeniería de electromecánica tienen los conocimientos necesarios en el mundo de la refrigeración, haciéndolos competentes a cualquier tipo de investigación y análisis; esto se debe en gran forma, a la preparación que se recibe por la alta profundización en la línea térmica ingenieril. Por estas razones, están en la capacidad de entender proyectos de grados como este en particular.

La siguiente tabla se explica los programas que se usaron para realizar este trabajo para que esté a disposición de los lectores.

|   | Tipo de archivo | Programa       | Contenido                                                  |
|---|-----------------|----------------|------------------------------------------------------------|
| 1 | (CADe-S1)       | Cade Simu      | Planos eléctricos                                          |
| 2 | (.par)          | Solid Edge ST9 | ISO metrico piezas                                         |
| 3 | (.asm)          | Solid Edge ST9 | ISO metrico conjunto (Ensamble)                            |
| 4 | (.dft)          | Solid Edge ST9 | ISO metrico planos (Detalles cotas)                        |
| 5 | (.vsdx)         | Office Visio   | Ciclo termodinámico AA, circuito electrónico potenciómetro |
| 6 | (.docx)         | Office Word    | Trabajo escrito final                                      |

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |

## Equipo de Aire Acondicionado

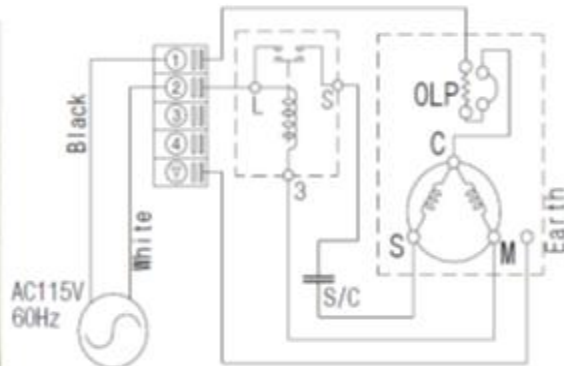
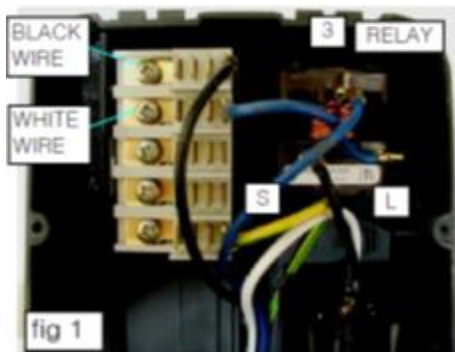
### Conexión eléctrica en el compresor

#### BASR3 (REFRIGERATOR 3DOOR)

- ① Compressor Spec. : CAJ4461Y(A) (R134a), 115V/60Hz, CSIR Type
- ② Maker : TECUMSEH-FRANCE
- ③ Cooling Capacity : 1,586Kcal/Hr - HBP
- ④ Starting Capacitor Spec. : 250 $\mu$ F / 160V
- ⑤ Relay Spec. : 3ARR18A100B
- ⑥ O.L.P Spec. : GA3SJU81 or CRA38016



- Comp. Winding Resistance :  
C - M  $\rightarrow$  0.7 $\Omega$ , C - S  $\rightarrow$  4.5 $\Omega$  (RT 68°F)
- O.L.P Winding Resistance : 1 - C  $\rightarrow$  0  $\Omega$  (OK),  $\infty$   $\Omega$  (NG)
- Relay Winding Resistance : L - 3  $\rightarrow$  0  $\Omega$  (OK),  $\infty$   $\Omega$  (NG)  
L - S  $\rightarrow$   $\infty$   $\Omega$  (OK)
- Measuring the resistance, the bottom of the relay must be downward(like fig1)



Anexo 1. Control compresor. Diagrama esquemático de conexiones.

|                                                                                                                |                                              |         |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                                                |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                                                |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

### Filtro deshidratador

|  ENGINEERING TOMORROW |                |                                  |                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| <b>TIPO DE CÓDIGO</b>                                                                                  | DML 083        | <b>VOLUMEN NETO</b>              | 3,87 foz EE. UU.                      |
| <b>PESO</b>                                                                                            | 0,356 Kg       | <b>VOLUMEN NETO</b>              | 0,114 l                               |
| <b>TAPA ÁCIDA.</b>                                                                                     | 0,54 g         | <b>CONEXIÓN DE SALIDA TAMAÑO</b> | 3/8 IN                                |
| <b>TAPA ÁCIDA.</b>                                                                                     | 0,019 oz       | <b>CONEXIÓN DE SALIDA TAMAÑO</b> | 10 mm                                 |
| <b>ACTIVADO DE ALUMINIO / TAMICES MOLECULARES</b>                                                      | 0% / 100%      | <b>TIPO DE SALIDA</b>            | Llamarada                             |
| <b>APROBACIÓN</b>                                                                                      | UL             | <b>FORMATO DE PAQUETE</b>        | Paquete múltiple                      |
| <b>ESTERA DEL CUERPO</b>                                                                               | ACERO          | <b>DESCRIPT.</b>                 | Secador de filtro de línea de líquido |
| <b>MARCA</b>                                                                                           | ELIMINADOR     | <b>PINCHAR. GRUPO</b>            | Filtros secadores                     |
| <b>GATO.</b>                                                                                           | Art. 3, par. 3 | <b>PINCHAR. NOMBRE</b>           | Secador de filtro hermético           |
| <b>CONN. MAT.</b>                                                                                      | ACERO          | <b>PACK QTY.</b>                 | 24 pc                                 |
| <b>NÚCLEO</b>                                                                                          | Núcleo sólido  | <b>REFRIGERANTE</b>              | R1234yf                               |

#### Anexo 2. Datos técnicos filtro secador.

(Danfoss, Danfoss)

|                                                                                                                |                                              |         |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
| <br>Institución Universitaria | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                                                |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                                                |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |

### Válvula de expansión:

|  ENGINEERING TOMORROW |                       |                                  |                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| TIPO DE CÓDIGO                                                                                         | TN 2                  | NOMBRE DEL PROGRAMA DE PIEZAS    | T2 /TE2                           |
| PESO                                                                                                   | 0.280 Kg              | PRESIÓN EQ.                      | Internamente ecualizado           |
| APROBACIÓN                                                                                             | EAC, LLC CDC TYSK     | ACCESORIOS DEL PRODUCTO          | Accesorios TXV                    |
| ESTERA DEL CUERPO                                                                                      | LATÓN                 | PINCHAR. GRUPO                   | Válvulas de expansión             |
| GORRA. TUBO                                                                                            | 59,0 en               | PINCHAR. NOMBRE                  | Válvula de expansión termostática |
| GORRA. TUBO                                                                                            | 1.500 mm              | PACK QTY.                        | 20 PC                             |
| GATO.                                                                                                  | Art. 4, par. 3        | GORRA CLASIFICADA COND., RANGO N | OS = 10.8 °F                      |
| CONN. MAT.                                                                                             | LATÓN                 | GORRA CLASIFICADA COND., RANGO N | tcond = 100 °F                    |
| DIRECCIÓN                                                                                              | Angleway              | GORRA CLASIFICADA COND., RANGO N | tevap = 40 °F                     |
| EAN NO.                                                                                                | 5702422114307         | GORRA CLASIFICADA COND., RANGO N | tliq = 98 °F                      |
| FLUIR                                                                                                  | Flujo único           | GORRA CLASIFICADA COND., RANGO N | OS = 6K                           |
| FLOW DIR. INDICADOR                                                                                    | Una flecha en relieve | GORRA CLASIFICADA COND., RANGO N | tcond = 38 °C                     |
| GRUPO DE FLUIDOS                                                                                       | II                    | GORRA CLASIFICADA COND., RANGO N | tevap = 4.4 °C                    |
| PROD IDÉNTICO                                                                                          | 068Z3542              | GORRA CLASIFICADA COND., RANGO N | tliq = 37 °C                      |

#### Anexo 3. Datos técnicos válvula de expansión.

(Danfoss)

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |

### Instrumentos de medición utilizados en el análisis



Figura 31 Termómetro digital.

Fuente. Elaboración propia.

#### Termómetro Digital HS6802:

Instrumento de medición para controlar la fluctuación del termómetro en diferentes lugares se puede utilizar como medidor de humedad y termómetro, es ampliamente utilizado en laboratorios y otros lugares de almacenamiento, cuenta con una pantalla LCD clara, puede mostrar simultáneamente la temperatura.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |

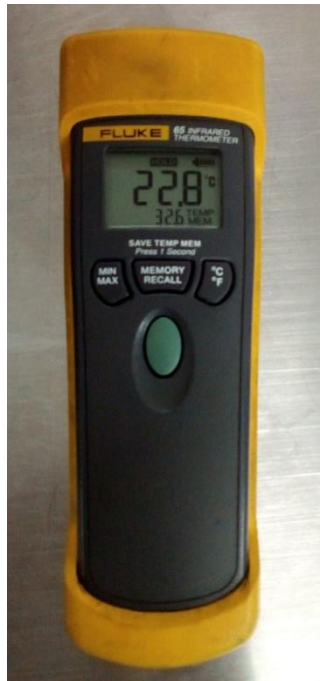


Figura 32 Termómetro infrarrojo.

Fuente. Elaboración propia.

### Fluke 62 Infrared Thermometer

El termómetro sin contacto Fluke 62 es un termómetro infrarrojo (IR) con la mejor precisión de su clase, el Fluke 62 ofrece lecturas de temperatura de superficie rápida y confiable. Esta herramienta compacta y portátil permite diagnosticar problemas de calefacción y ventilación y monitorear la temperatura de los motores eléctricos y los paneles eléctricos sin contacto. Lo suficientemente resistente para entornos industriales con su bota de goma protectora manteniendo el control de temperatura de una manera más instantánea, tiene un alcance de 80 metros.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



Figura 33 Termocupla.

Fuente. Elaboración propia.

### Termocupla Dual Datalogger 421509:

Es un registrador de datos de entrada dual con siete termopares y alarma. La interfaz de PC incorporada con memoria interna almacena hasta 16 conjuntos de datos y un máximo de 1024 lecturas que se pueden descargar a su PC para su almacenamiento y análisis.



|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |



Figura 34 Cámara termografica.

Fuente. Elaboración propia.

### Camara termografica Fluke Ti25

Esta cámara está dotada por un infrarrojo de notable prestación y totalmente radiométrica fabricada para su uso en entornos de trabajo adversos, siendo ideal para la resolución de problemas en sistemas eléctricos, equipos electromecánicos, equipos de procesos y en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, entre otros.

Cuenta con Tecnología IR-Fusionada de dos maneras: imágenes infrarrojas y visuales (luz visible) fusionadas para transmitir la información esencial del modo más rápido y sencillo. La tradicional visión por infrarrojos ya no es suficiente. Captura simultáneamente una fotografía digital además de la imagen por infrarrojos y las fusiona desvelando el misterio del análisis termográfico, diseñadas y fabricadas para resistir una caída de dos metros.

|                                                                                   |                                              |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE<br/>TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                              | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                              | Fecha   | 2015-01-22 |



Figura 35 Analizador de redes.

Fuente. Elaboración propia.

### **Analizador de redes**

Técnicamente este instrumento puede utilizar para mostrar la potencia en vatios o para analizar y medir armónicos. Estos analizadores de redes eléctricas son aparatos multifunción que miden con gran precisión la corriente continua, la corriente alterna, la intensidad de corriente DC, la intensidad de corriente AC y la potencia. El resultado de la medición de la potencia AC se considera como el valor real, donde el rango máximo es de 6000 vatios. Durante la medición de la potencia la polaridad cambia automáticamente, si se producen valores de medición negativos aparecerá un símbolo menos en el indicador de los analizadores de redes eléctricas. Estos analizadores de redes eléctricas cuentan también con muchas propiedades (entrada de corriente aislada, medición de armónicos, intensidad de conexión, medición de potencia, el analizador fluke tiene la capacidad de almacenar en un software fluke view las respectivas caídas de tensión, subidas, armónicos, transitorios, desequilibrio entre tensión y corriente.

|                                                                                   |                                          |         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|------------|
|  | <b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b> | Código  | FDE 089    |
|                                                                                   |                                          | Versión | 03         |
|                                                                                   |                                          | Fecha   | 2015-01-22 |

FIRMA ESTUDIANTES \_\_\_\_\_

— Giovanni Foronda —

FIRMA ASESOR *Adrian F. Martinez* \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: 26/07/2018

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO\_\_\_      ACEPTADO\_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_