

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO SIMULADOR
VIRTUAL DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE AUTOMOTRIZ”**

PABLO ANDRÉS ROMÁN RIVERA

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL GRADO DE**

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AÑO 2011

CERTIFICACIÓN

ING. LEONIDAS QUIROZ (DIRECTOR)

ING. FAUSTO ACUÑA (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el proyecto titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO SIMULADOR VIRTUAL DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE AUTOMOTRIZ”. Realizado por el señor PABLO ANDRÉS ROMÁN RIVERA, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con las normas establecidas por la ESPE, en el reglamento de la Escuela Politécnica Del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo realizado con excelencia, contenido científico que coadyuvara a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado proyecto, consta UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato digital. Autorizan al señor PABLO ANDRÉS ROMAN RIVERA, que lo entreguen al ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Mayo del 2011

ING. LEONIDAS QUIROZ
DIRECTOR

ING. FAUSTO ACUÑA
CODIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, PABLO ANDRÉS ROMÁN RIVERA

DECLARO QUE:

El proyecto de grado titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO SIMULADOR VIRTUAL DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE AUTOMOTRIZ”. Ha sido desarrollado con base a un profundo análisis e investigación exhaustiva, respetando los derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente el presente trabajo es de mí autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Mayo del 2011

.....

Pablo Andrés Román Rivera

C.I. 172096972-2

AUTORIZACIÓN

Yo, PABLO ANDRÉS ROMÁN RIVERA

Autorizo a la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto de grado titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO SIMULADOR DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE AUTOMOTRIZ”. Cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Mayo del 2011

.....

Pablo Andrés Román Rivera

C.I. 172096972-2

DEDICATORIA

Este trabajo y todo lo realizado en estos años está dedicado primeramente a Dios, quien me ha dado el privilegio de darme la vida, una familia hermosa y sobre todo la salvación por medio de su hijo Jesucristo.

Dedico este logro a mis padres Pablo Román y Rosa Rivera, ya que sin su amor, esfuerzo y apoyo diario, no hubiera logrado culminar este proyecto; gracias por todo les quiero mucho.

A mi hermano que con su ejemplo, consejos y entrega diaria al servicio de Dios, me motiva a ser cada día mejor y a esforzarme para alcanzar las cosas que anhelo, sigue adelante Joselo y gracias por todo.

A cada uno de mis grandes amigos Pablo, Darío, David, Roberto, Mauricio, Jhonatan, María José, gracias por su apoyo y ayuda incondicional en todo momento, doy muchas gracias a Dios por sus vidas y por tener el privilegio de haberlos conocido y que formen parte de mi vida.

Pablo Andrés Román R.

AGRADECIMIENTO

Inmensamente agradecido contigo mi Dios, porque utilizaste esta tesis para probar mi paciencia y para darme cuenta de que soy capaz de realizar las cosas que me proponga, no dejes de seguir trabajando y moldeando mi vida Señor.

Así mismo también quiero expresar a mi padre, madre y hermano, un agradecimiento especial, por animarme y brindarme su apoyo durante toda la elaboración de este proyecto y en todo obstáculo que he tenido.

Agradezco a todas las personas que colaboraron de forma directa o indirecta, para que este proyecto se lleve a cabo, así también la colaboración de mis profesores en la aclaración de conceptos y construcción de directrices para la finalización de este proyecto, Dios les bendiga mucho.

Gracias María José, por tu apoyo incondicional y ayuda a pesar de todo, que Dios bendiga mucho tu vida.

Pablo Andrés Román R.

ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE.....	xii
RESUMEN.....	xxx
ANTECEDENTES.....	xxxii
PRESENTACIÓN.....	xxxiv

CAPÍTULO 1.....	1
FUNDAMENTOS TÉCNICOS DEL ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.....	1
1.1 Función y necesidad del acondicionamiento del aire.....	1
1.2 Factores que influyen en la conformidad.....	2
1.3 Los cuerpos y la energía.....	5
1.4 Los estados de la materia.....	6
1.5 Formas de transmisión de calor	8
1.5.1 Velocidad de la transferencia de calor	10
1.5.2 Resistencia térmica.....	11
1.5.3 Conductancia y conductividad	11

1.5.4	Coeficiente global de transferencia de calor (U)	12
1.6	Calor y temperatura	12
1.6.1	Cargas de refrigeración	13
1.6.1.1	Pérdida por paredes, puerta, techo y pisos	13
1.6.1.2	Pérdida por infiltración del aire exterior	14
1.6.1.3	Alumbrado	15
1.6.1.4	Personas	16
1.6.1.5	Equipo motorizado	17
1.6.1.6	Ganancia de calor en ductos	17
1.6.2	Cargas de calefacción	17
1.6.2.1	Pérdidas por transferencia de calor en paredes, pisos y techo	18
1.6.2.2	Pérdidas de calor por infiltración y ventilación	18
1.6.3	Carga de ventilación	19
1.6.4	Factor de seguridad	19
1.7	Entalpía y entropía	19
1.8	Presión y temperatura	22
1.9	Presión, temperatura y energía	26
1.9.1	Principales parámetros del ciclo de refrigeración	30
1.10	La refrigeración	35
1.11	Circuito de acondicionamiento de aire	36
1.11.1	Circuito eléctrico del acondicionamiento de aire	39

1.11.2	Proceso de vacío, carga y reciclaje en el sistema de aire acondicionado.....	41
1.11.3	Calefacción	48
1.11.4	Ventilación	48
1.11.4.1	Renovaciones o cambios de aire	49
1.11.4.2	Formas de realizar la ventilación	50
1.12	Accesorios y accionamientos primarios, secundarios y de seguridad .	51
1.12.1	Accesorios primarios.....	51
1.12.1.1	Compresor	51
1.12.1.2	Embrague electromagnético	59
1.12.1.3	Condensador	60
1.12.1.4	Electroventilador del condensador	63
1.12.1.5	Evaporador	64
1.12.1.6	Ventilador del evaporador	68
1.12.1.7	Motor del ventilador del evaporador.....	69
1.12.1.8	Válvula de expansión termostática	70
1.12.2	Accesorios secundarios	75
1.12.2.1	Presóstato	75
1.12.2.2	Tesmostato	77
1.12.2.3	Deshidratador	78
1.12.2.4	Canalizaciones o tuberías	79
1.12.2.5	Ductos.....	80

1.12.2.7	Refrigerante R-134a	81
1.12.3	Accesorios de seguridad.....	81
1.12.3.1	Válvula de descarga por sobrepresión	81
1.12.3.2	Válvulas de servicio	82
1.12.3.3	Regulador de presión del evaporador (EPR)	83
1.12.3.4	Estabilizador de velocidad del motor.....	83
1.12.3.5	Válvula de conmutación de vacío (VSV)	84
1.12.3.6	Sistema de protección de la correa del compresor	85
1.13	Sensores, actuadores y microcontroladores	86
1.13.1	Relé.....	86
1.13.2	Fusible	86
1.13.3	Controlador digital de temperatura con dos etapas MT-543Ri <i>plus</i>	87
1.13.4	Interfaz serial Conv32	87
1.13.5	Transformador de 110 – 12Vac de 20A	88
1.13.6	Rectificador de voltaje.....	89
1.13.6.1	Tensión de rizado	90
CAPITULO 2.....		92
DISEÑO DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE		92
2.1	Diseño de la estructura del banco simulador	92
2.2	Diseño del Acondicionamiento del Aire.....	93
2.2.1	Datos de Cálculo.....	94

2.2.2	Cálculo de Cargas de Refrigeración	94
2.2.2.1	Paredes.....	94
2.2.2.2	Piso.....	98
2.2.2.3	Techo.....	98
2.2.2.4	Puerta	99
2.2.2.5	Infiltración o Ventilación del aire exterior.....	99
2.2.2.6	Alumbrado.....	100
2.2.2.7	Personas.....	101
2.2.2.8	Equipo motorizado	102
2.2.2.9	Ductos.....	102
2.2.2.10	Calor Total de Refrigeración	103
2.2.2.11	Carga de Refrigeración por hora.....	103
2.2.2.12	Potencia de los componentes de aire acondicionado	104
2.2.3	Cálculo de Cargas de Calefacción.....	108
2.2.3.1	Paredes.....	109
2.2.3.2	Piso.....	111
2.2.3.3	Techo.....	111
2.2.3.4	Infiltración y ventilación	111
2.2.3.5	Calor total de Calefacción	112
2.2.4	Cálculo de la relación de transmisión	113
2.2.5	Cálculo de la longitud de la banda	114
2.3	Diseño del Software.....	115

2.4	Diseño del circuito eléctrico	116
2.4.1	Cálculo del capacitor electrolítico o filtro	117
2.4.2	Cálculo del amperaje de los componentes eléctricos del banco simulador.....	118
2.5	Diseño del sistema de fallas	119
2.5.1	Cálculo de la resistencia para el led	120
CAPITULO 3.....		122
SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE		122
3.1	Selección de los elementos que conforman el simulador	122
3.1.1	Elementos de la estructura	122
3.1.1.1	Base del banco simulador.....	122
3.1.1.2	Panel térmico de poliuretano expandido rígido	123
3.1.1.3	Panel térmico de poliestireno expandido	124
3.1.1.4	Vidrio laminado	125
3.1.1.5	Garruchas	126
3.1.2	Elementos de mando, control y seguridad	127
3.1.2.1	Selección del control programable de temperatura.....	127
3.1.2.2	Interface Conv32.....	128
3.1.2.3	Interruptores.....	129
3.1.2.4	Relés.....	130
3.1.2.5	Bornera	130

3.1.2.6	Contactador eléctrico	131
3.1.2.7	Porta fusibles	132
3.12.8	Dispositivo de encendido del banco simulador	132
3.12.9	Amperímetro	133
3.12.10	Voltímetro.....	134
3.1.3	Elementos varios	135
3.1.3.1	Motor eléctrico	135
3.1.3.2	Polea acanalada	136
3.1.3.3	Banda.....	137
3.1.3.4	Tuberías.....	137
3.1.3.5	Juego de manómetros	139
3.1.3.6	Transformador de voltaje de 110-12 Vac de 20A.....	140
3.1.3.7	Rectificador de voltaje.....	140
3.1.3.8	Mangueras de alta presión.....	142
3.1.3.9	Cable.....	142
3.2	Selección del Compresor	144
3.3	Selección del Condensador	145
3.4	Selección del Evaporador	146
3.5	Selección de la Válvula de control de flujo.....	147
3.5.1	Deshidratador	148
3.6	Selección de la plataforma de programación	149
3.7	Selección de los elementos que conforman el sistema de fallas	151

3.7.1	Led rojo.....	151
3.7.2	Resistencia de 590 ohmios.....	151
3.7.3	Interruptores.....	152
3.7.3	Relé normalmente cerrado.....	152
3.8	Características técnicas de los componentes del banco simulador ...	153
CAPITULO 4.....		154
CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE		
.....		154
4.1	Construcción del banco simulador.....	154
4.2	Construcción del circuito de Acondicionamiento del Aire.....	164
4.3	Construcción del circuito de mando, control y seguridad.....	169
4.4	Construcción del Sistema de fallas.....	175
CAPITULO 5.....		181
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....		181
5.1	Prueba del Sistema de Acondicionamiento del Aire.....	181
5.1.1	Prueba de fugas.....	181
5.1.2	Proceso de vacío.....	182
5.1.3	Carga de refrigerante R-134a en el sistema.....	184
5.1.4	Prueba de funcionamiento del banco simulador.....	188
5.1.4.1	Prueba de vacío del banco simulador cerrado de 18-25°C.....	189

5.1.4.2	Prueba de vacío del banco simulador cerrado de 25-18°C.....	190
5.1.4.3	Prueba de vacío del banco simulador abierto de 18-25°C	191
5.1.4.4	Prueba de vacío del banco simulador abierto de 25-18°C	192
5.1.4.5	Prueba del banco simulador con carga y cerrado de 18-25°C.....	193
5.1.4.6	Prueba del banco simulador con carga y cerrado de 25-18°C.....	194
5.1.4.7	Análisis de resultados de las pruebas de funcionamiento del banco simulador	195
5.1.4.8	Calibración del controlador de temperatura MT-543 <i>Ri plus</i>	197
5.2	Prueba de fallas mecánicas	198
5.3	Prueba de fallas eléctricas	199
5.4	Prueba de fallas del circuito del Acondicionamiento del Aire	200
CAPITULO 6		202
PRÁCTICAS DE SIMULACIÓN		202
6.1	Manual de Prácticas sobre el banco simulador.....	202
6.1.1	Práctica N.-1	202
6.1.2	Práctica N.-2	207
6.1.3	Práctica N.-3	219
6.1.4	Práctica N.-4	229
6.2	Manual de funcionamiento y mantenimiento.....	239
6.2.1	Manual de Usuario	239
6.2.1.1	Partes del banco simulador.....	239

6.2.1.1.1	Elementos Básicos.....	239
6.2.1.1.2	Elementos de Control.....	240
6.2.1.1.3	Accesorios varios	242
6.2.1.2	Puesta en marcha del banco simulador	244
6.2.1.3	Activación de la simulación de fallas.....	245
6.2.1.3.1	Falla 1 (Compresor apagado)	245
6.2.1.3.2	Falla 2 (Motor ventilador del evaporador apagado)	245
6.2.1.3.3	Falla 3 (Presóstato de baja accionado).....	246
6.2.1.4	Conexión del computador	246
6.2.2	Mantenimiento	247
6.2.2.1	Mantenimiento preventivo	247
6.2.2.1.1	Diario.....	247
6.2.2.1.2	Semestral.....	248
6.2.2.1.3	A los 18 meses	248
6.3	Conclusiones y Recomendaciones	249
6.4	Bibliografía	253
6.5	Anexos	257

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1 Renovaciones de aire por hora en distintos habitáculos y locales.....	50
---	----

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1 Datos Climáticos de Latacunga.....	94
Tabla 2.2 Análisis climático del 11-20 de abril del 2010.....	96
Tabla 2.3 Parámetros climáticos de Latacunga en invierno.....	109

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1 Especificaciones técnicas del MT-543Ri <i>plus</i> y MT-518RiL.....	127
Tabla 3.2 Calibre de conductores de acuerdo a su capacidad de amperaje....	143
Tabla 3.3 Características técnicas de los componentes del banco simulador.....	153

CAPÍTULO 5

Tabla 5.1 Parámetros de configuración del MT-543Ri <i>plus</i>	198
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Equilibrio Térmico del cuerpo humano.....	2
Figura 1.2 Curvas de sensación de agrado y confort térmico de una persona	4
Figura 1.3 Grados de confortabilidad del entorno del habitáculo, en función de la carga climatológica	4
Figura 1.4 Procesos de cambio de estado	8
Figura 1.5 Métodos de propagación del calor	9
Figura 1.6 Rango de la humedad relativa para el bienestar térmico del ser humano.....	22
Figura 1.7 Consecución de distintos estados del agua contenida en un recipiente cerrado al modificar los valores de la presión...	24
Figura 1.8 Curva del agua en el diagrama presión vs temperatura...	25
Figura 1.9 Diagrama de presión-entalpía del fluido frigorífico R-134a	27
Figura 1.10 Circuito de refrigeración.....	35
Figura 1.11 Circuito de acondicionamiento de aire con válvula de expansión...	39
Figura 1.12 Circuito eléctrico del acondicionamiento de aire	40
Figura 1.13 Proceso de vacío del sistema de aire acondicionado.....	42
Figura 1.14 Esquema de conexión para cargar refrigerante al sistema de aire acondicionado	45
Figura 1.15 Bombona pequeña para cargar refrigerante	45
Figura 1.16 Estaciones de carga de refrigerante	46

Figura 1.17 Máquina recicladora, recuperadora, vacío y carga de refrigerante.	47
Figura 1.18 Radiaciones que hay en el habitáculo del vehículo.....	49
Figura 1.19 Compresores	52
Figura 1.20 Compresor rotativo con rotor centrado y estator de sección ovalada	53
Figura 1.21 Compresor rotativo con rotor excéntrico y estator de sección circular	53
Figura 1.22 Fases de los compresores alternativos	54
Figura 1.23 Compresor tipo pistón	55
Figura 1.24 Despiece de un compresor axial	56
Figura 1.25 Placa de válvulas	57
Figura 1.26 Compresor de cilindrada variable	59
Figura 1.27 Componentes internos del embrague electromagnético	59
Figura 1.28 Intercambio térmico en un condensador	61
Figura 1.29 Condensadores	61
Figura 1.30 Condensador de tipo serpentín	62
Figura 1.31 Condensador de tubo y aleta	63
Figura 1.32 Electroventilador del condensador.....	64
Figura 1.33 Evaporador.....	65
Figura 1.34 Evaporador de aletas	67
Figura 1.35 Evaporador de placas	67
Figura 1.36 Tipos de Ventiladores	69
Figura 1.37 Motor del ventilador.....	69
Figura 1.38 Componentes de válvula termostática.....	71
Figura 1.39 Válvula de expansión con regulación interna	72
Figura 1.40 Válvula de expansión con regulación externa o de bloque.....	73

Figura 1.41 Estructura interna de la válvula de expansión con regulación externa.....	74
Figura 1.42 Orificio calibrado o estrangulador.....	75
Figura 1.43 Presóstato de tres funciones.....	76
Figura 1.44 Presóstato de cuatro funciones	77
Figura 1.45 Termostato del evaporador	77
Figura 1.46 Deshidratador.....	78
Figura 1.47 Esquema de una sección del Deshidratador.....	79
Figura 1.48 Tubería Flexible y sus componentes.....	79
Figura 1.49 Tubería de aluminio.....	80
Figura 1.50 Posición de la válvula de descarga.....	82
Figura 1.51 Válvulas de servicio.....	82
Figura 1.52 Posición de las válvulas de servicio de alta y baja en su respectivo circuito.....	83
Figura 1.53 Ubicación del regulador de presión del evaporador (EPR).....	83
Figura 1.54 Circuito del estabilizador de velocidad del motor	84
Figura 1.55 Circuito de la válvula de conmutación de vacío (VSV).....	85
Figura 1.56 Sensor en el compresor que emite una señal para proteger la correa del compresor.....	85
Figura 1.57 Estructura de un relé y su gráfico.....	86
Figura 1.58 Fusibles.....	86
Figura 1.59 Controlador digital de temperatura con tres salidas MT-543R/ <i>plus</i>	87
Figura 1.60 Interfaz serial Conv32	88
Figura 1.61 Transformador de voltaje de 110-12Vac de 20A	89
Figura 1.62 Rectificador de voltaje de AC a DC.....	89
Figura 1.63 Voltaje de rizado.....	90

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Pantalla del software SITRAD	115
---	-----

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 Base del banco simulador construida en ángulo recto.....	123
Figura 3.2 Panel de poliuretano expandido rígido	124
Figura 3.3 Panel de poliestireno expandido	125
Figura 3.4 Parabrisas de automóvil de la cabina.....	126
Figura 3.5 Vidrio polarizado lateral de la cabina.....	126
Figura 3.6 Garruchas.....	127
Figura 3.7 Controlador de temperatura MT-543 <i>Ri plus</i>	128
Figura 3.8 Interface Conv32.....	129
Figura 3.9 Interruptor del A/C.....	130
Figura 3.10 Relé de 12V	130
Figura 3.11 Bornera	131
Figura 3.12 Contactor eléctrico	131
Figura 3.13 Porta fusible	132
Figura 3.14 Switch de encendido del banco simulador	133
Figura 3.15 Amperímetro de corriente continua/30A	134
Figura 3.16 Voltímetro DC/30V	134
Figura 3.17 Motor eléctrico Weg de 2hp.....	136
Figura 3.18 Polea motriz para el motor eléctrico	136
Figura 3.19 Banda 4v.....	137
Figura 3.20 Tuberías de aluminio.....	138

Figura 3.21 Tubería de cobre.....	138
Figura 3.22 Tuberías reforzadas	138
Figura 3.23 Juego de manómetros para refrigerante R-134a.....	139
Figura 3.24 Manómetro de alta y baja	139
Figura 3.25 Transformador 110 a 12Vac	140
Figura 3.26 Rectificador de voltaje.....	141
Figura 3.27 Capacitor de 10000 μ F/50V y 15000 μ F/25V.....	141
Figura 3.28 Diodo rectificador NTE 70A/50V.....	142
Figura 3.29 Mangueras de alta presión	142
Figura 3.30 Cable flexible # 14.....	143
Figura 3.31 Compresor Nippondenso 10P08E.....	145
Figura 3.32 Condensador de tipo serpentín	146
Figura 3.33 Ventilador del condensador de tipo serpentín	146
Figura 3.34 Evaporador de tipo serpentín.....	147
Figura 3.35 Motor y ventilador del evaporador.....	147
Figura 3.36 Válvula de expansión termostática	148
Figura 3.37 Válvula de expansión termostática con su capilar y bulbo	148
Figura 3.38 Deshidratador	149
Figura 3.39 Programa Sitrad conectado al MT-543Ri <i>plus</i>	150
Figura 3.40 Led rojo	151
Figura 3.41 Resistencia de 590 ohmios	151
Figura 3.42 Interruptor.....	152
Figura 3.43 Relé normalmente cerrado 12V/30A.....	153

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 Base metálica del banco simulador.....	154
Figura 4.2 Base metálica con las garruchas.....	155

Figura 4.3 Paneles de poliuretano y poliestireno expandido	155
Figura 4.4 Cortando los paneles de poliuretano y poliestireno expandido...	155
Figura 4.5 Base del banco simulador con panel de poliestireno	156
Figura 4.6 Colocación del panel posterior	156
Figura 4.7 Colocación del panel lateral izquierdo	156
Figura 4.8 Colocación del panel lateral derecho.....	157
Figura 4.9 Tapa metálica en la cual esta remachado el tablero de un vehículo	157
Figura 4.10 Realizando perforaciones con el taladro para colocar los remaches	158
Figura 4.11 Remachando el techo	158
Figura 4.12 Puerta de panel de espuma de poliuretano del banco simulador por fuera y por con el empaque por adentro	159
Figura 4.13 Cerradura de la puerta del banco simulador.....	159
Figura 4.14 Bisagra de la puerta del banco simulador.....	159
Figura 4.15 Colocación del parabrisas en el banco simulador.....	160
Figura 4.16 Colocación de los vidrios laterales.....	160
Figura 4.17 Colocación del metal debajo del tablero.....	161
Figura 4.18 Tapa delantera de madera del banco simulador.....	161
Figura 4.19 Padín colocado en las paredes laterales y en la puerta.....	162
Figura 4.20 Padín en el techo del banco simulador	162
Figura 4.21 Corosil en el techo y las paredes laterales.....	162
Figura 4.22 Corosil en la puerta	163
Figura 4.23 Moqueta en el piso del banco simulador	163
Figura 4.24 Colocación del asiento en el banco simulador	164
Figura 4.25 Base metálica para el compresor y motor eléctrico	165
Figura 4.26 Colocación del templador en la base metálica.....	165
Figura 4.27 Cauchos para evitar la vibración	166

Figura 4.28 Colocación de los cauchos en la base metálica	166
Figura 4.29 Fijación del conjunto motor eléctrico-compresor en el banco simulador	166
Figura 4.30 Corte lateral para toma de aire del ventilador.....	167
Figura 4.31 Colocación y fijación del condensador y su ventilador.....	167
Figura 4.32 Colocación del deshidratador	167
Figura 4.33 Fijación del evaporador.....	168
Figura 4.34 Colocación del ventilador del evaporador.....	168
Figura 4.35 Cañerías del sistema de aire acondicionado	169
Figura 4.36 Extensión de cañería de cobre.....	169
Figura 4.37 Transformador y puente rectificador de diodos	170
Figura 4.38 Switch de encendido del banco simulador	171
Figura 4.39 Interruptor de control del sistema de aire acondicionado	171
Figura 4.40 Conexión del amperímetro.....	171
Figura 4.41 Alimentación de los fusibles.....	172
Figura 4.42 Relés de algunos componentes del banco simulador.....	172
Figura 4.43 Conexión de los cables a la bornera	173
Figura 4.44 Conexión motor ventilador del evaporador	173
Figura 4.45 Conexión de la resistencia	173
Figura 4.46 Conexión del ventilador del condensador	174
Figura 4.47 Conexión del compresor	174
Figura 4.48 Conexión del presóstato de baja.....	174
Figura 4.49 Tablero de control del banco simulador.....	175
Figura 4.50 Compresor funcionando, led verde prendido.....	176
Figura 4.51 Falla de apagado del compresor activada.....	177
Figura 4.52 Falla de motor de ventilador del evaporador activada	178
Figura 4.53 Falla del presóstato de baja activada.....	178
Figura 4.54 Frente del banco simulador.....	179
Figura 4.55 Costados del banco simulador.....	179

Figura 4.56 Interior del banco simulador.....	180
Figura 4.57 Componentes del acondicionamiento de aire del banco simulador.....	180

CAPÍTULO 5

Figura 5.1 Prueba de fugas con solución jabonosa	182
Figura 5.2 Bomba de vacío conectada al sistema de aire acondicionado..	183
Figura 5.3 Pesando el refrigerante en la balanza.....	185
Figura 5.4 Carga del refrigerante líquido por el lado de alta presión	187
Figura 5.5 Carga de refrigerante gaseoso, lado de baja (sólo si fuere necesario).....	187
Figura 5.6 Gráfica de funcionamiento del banco simulador vacío y cerrado (18-25°C)	189
Figura 5.7 Gráfica de funcionamiento del banco simulador vacío y cerrado (25-18°C)	190
Figura 5.8 Gráfica de funcionamiento del banco simulador vacío y abierto (18-25°C)	191
Figura 5.9 Gráfica de funcionamiento del banco simulador vacío y abierto (25-18°C)	192
Figura 5.10 Gráfica de funcionamiento del banco simulador con carga y cerrado (18-25°C)	194
Figura 5.11 Gráfica de funcionamiento del banco simulador con carga y cerrado (25-18°C)	195
Figura 5.12 Presóstato de baja abierto, compresor apagado	201

CAPÍTULO 6

Figura 6.1 Componentes básicos del sistema de A/C del banco simulador.....	240
.....	240
Figura 6.2 Manómetros del banco simulador	241
Figura 6.3 Amperímetro y voltímetro del banco simulador.....	241
Figura 6.4 Presóstato de baja del banco simulador.....	242
Figura 6.5 Controlador MT 543- <i>Ri plus</i> con su sensor.....	242
Figura 6.6 Interface Conv32 del banco simulador.....	242
Figura 6.7 Transformador de voltaje y puente rectificador del banco simulador	243
.....	243
Figura 6.8 Componentes eléctricos del banco simulador.....	244

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A

Figura 7.1 Plano del banco simulador

Figura 7.2 Vistas del banco simulador

Tabla 7.1 Valores del coeficiente global de transferencia de calor “U”

Tabla 7.2 Coeficiente de transferencia de calor (U) para el vidrio (BTU/h- ft² -°F)

Tabla 7.3 Tasas de ganancia de calor debida a los ocupantes del recinto acondicionado

Tabla 7.4 Producción de calor del equipo motorizado, BTU/h

Tabla 7.5 Datos mensuales y anuales del clima de Latacunga

Tabla 7.6 Coeficiente de transferencia de calor (U) para algunos materiales (BTU/h- ft² -°F)

Tabla 7.7 Factor de corrección F1

Tabla 7.8 Factor de corrección F2

Figura 7.3 Carta psicrométrica en unidades inglesas

Figura 7.4 Diagrama de presión vs entalpía con datos de funcionamiento de los componentes del sistema de aire acondicionado del proyecto.

Figura 7.5 Diagrama eléctrico del banco simulador de aire acondicionado

Figura 7.6 Diagrama eléctrico de fallas del banco simulador

ANEXO B

Tabla 7.9 Ángulo, especificaciones generales

Tabla 7.10 Tubo estructural cuadrado, especificaciones generales

ANEXO C

Tabla 7.11 Prueba de vacío del banco simulador cerrado de 18-25°C, medido con el multímetro digital

Tabla 7.12 Prueba de vacío del banco simulador cerrado de 18-25°C, medido con el controlador MT-543Ri *plus*

Tabla 7.13 Prueba de vacío del banco simulador cerrado de 25-18°C, medido con el multímetro digital

Tabla 7.14 Prueba de vacío del banco simulador cerrado de 25-18°C, medido con el controlador MT-543Ri *plus*

Tabla 7.15 Prueba de vacío del banco simulador abierto de 18-25°C, medido con el multímetro digital

Tabla 7.16 Prueba de vacío del banco simulador abierto de 18-25°C, medido con el controlador MT-543Ri *plus*

Tabla 7.17 Prueba de vacío del banco simulador abierto de 25-18°C, medido con el multímetro digital

Tabla 7.18 Prueba de vacío del banco simulador abierto de 25-18°C, medido con el controlador MT-543Ri *plus*

Tabla 7.19 Prueba del banco simulador con carga y cerrado de 18-25°C, medido con el multímetro digital

Tabla 7.20 Prueba del banco simulador con carga y cerrado de 18-25°C, medido con el controlador MT-543Ri *plus*

Tabla 7.21 Prueba del banco simulador con carga y cerrado de 25-18°C, medido con el multímetro digital

Tabla 7.22 Prueba del banco simulador con carga y cerrado de 25-18°C, medido con el controlador MT-543Ri *plus*

Tabla 7.23 Datos de fabricante de cantidad de refrigerante para un vehículo vitara

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal “Diseñar y construir un banco simulador virtual de acondicionamiento de aire automotriz”, que permita desarrollar habilidades en la operación y mantenimiento de este sistema.

Para el efecto se ha implementado un banco simulador virtual, que permitirá realizar una investigación sobre el funcionamiento, aplicación y corrección de fallas en el sistema de acondicionamiento de aire, el cual ayude a futuras generaciones de estudiantes a tener una mejor comprensión, así como simular diferentes fallas, problemas y soluciones que se pueden tener en el mencionado sistema.

El control automático de la temperatura del sistema de acondicionamiento de aire se realizará por medio de un controlador de temperatura MT-543Ri *plus*, gracias a un sensor que tiene dicho dispositivo, el cual se encuentra en la parte interior del banco simulador.

La conexión del banco simulador a un computador (que debe tener instalado el software Sitrad), se lo realiza por medio de la interfaz Conv32, con lo cual podremos ajustar los parámetros de funcionamiento del controlador de temperatura MT-543Ri *plus*, así como realizar gráficas e informes.

Se incluye un análisis de las pruebas realizadas en el banco simulador, que permite entender el comportamiento que tiene el banco simulador en función del tiempo, bajo diversas condiciones de funcionamiento.

SUMMARY

The present project must like primary target “Design and construct a virtual simulator bank of automotive air conditioning”, that allows to develop to abilities in the operation and maintenance of this system.

For the effect a virtual simulator bank has been implemented, that will allow to realise an investigation on the operation, application and correction of faults in the conditioning system of air, which helps future generations of students to have one better compression, as well as to simulate different faults, problems and solutions that they are possible to be had in the mentioned system.

The automatic control of the temperature of the conditioning system of air will be realised by means of a controller of temperature *MT-543Ri plus*, thanks to a sensor that has this device, which is in the inner part of the simulator bank.

The connection of the simulator bank to a computer (that must have installed software *Sitrad*), is realised it by means of the *Conv32* interface, consequently we will be able to fit the parameters of operation of the controller of temperature *MT-543Ri plus*, as well as to realise graphs and information.

Analysis includes of tests realised in bank simulator, that allows to understand the behavior that has the simulator bank based on the time, under diverse conditions of operation.

ANTECEDENTES

La carrera de Ingeniería Automotriz, forma profesionales con competencia en el diseño, construcción, repotenciación, reparación y mantenimiento de sistemas automotrices.

El automóvil ha sufrido una evolución continua desde que se inventó a finales del siglo pasado. Los vehículos actuales incluyen todavía las características principales de los autos más antiguos, pero a la vez son enormemente distintos en casi todos los aspectos. Se han agregado numerosas características de comodidad, como el sistema de acondicionamiento de aire.

El sistema de acondicionamiento de aire se está convirtiendo en una de las áreas más durables de un automóvil, y también se está haciendo más complejo. En razón de los cambios a las normas relativas al medio ambiente, el sistema de acondicionamiento de aire está sufriendo modificaciones con mayor rapidez que cualquier otra parte del auto. Estos cambios afectan a millones de vehículos más antiguos.

El sistema de acondicionamiento de aire está diseñado principalmente para brindar comodidad al conductor y a los pasajeros. El propósito es mantener dentro del vehículo la temperatura y la humedad dentro de un rango que sea cómodo (confort) para las personas que se encuentran en el interior. Este rango de temperatura ayuda a que el conductor se mantenga alerta.

El sistema de acondicionamiento de aire controla diversos aspectos del medio ambiente, el más notorio es la temperatura. Otros dos aspectos importantes son la humedad y la limpieza de aire.

Climatizar o acondicionar el aire significa regular la temperatura, la humedad, la pureza y la circulación del aire. Un acondicionador de aire en el vehículo enfría el aire y extrae de éste la humedad y el polvo. Por medio de las unidades manuales o automáticamente combinadas de refrigeración y calefacción el conductor puede regular a su elección la temperatura en el interior del vehículo.

PRESENTACIÓN

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO SIMULADOR VIRTUAL DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE AUTOMOTRIZ”, es un proyecto a fin de la Carrera de Ingeniería Automotriz, en el cual se encuentra plasmado conocimientos teóricos y prácticos que involucran todo el sistema de aire acondicionado automotriz, con lo cual se permita desarrollar habilidades en la operación y mantenimiento de este sistema.

En el primer capítulo, encontraremos los conceptos básicos y fundamentos técnicos del sistema de aire acondicionado automotriz y cada una de sus partes, así como la influencia que genera el mismo en el ser humano.

En el segundo capítulo, tenemos el diseño del sistema de acondicionamiento del aire de nuestro proyecto, con sus respectivos cálculos.

En el tercer capítulo, describimos el proceso de selección que tuvo cada uno de los componentes que forman parte de nuestro banco simulador virtual de acondicionamiento de aire automotriz.

En el cuarto capítulo, encontramos en forma detallada, el proceso que se llevó a cabo, para la construcción del banco simulador de nuestro proyecto.

En el quinto capítulo, tendremos las pruebas y análisis de funcionamiento del sistema de acondicionamiento de aire de nuestro proyecto, tanto de la parte mecánica y eléctrica del mismo.

En el sexto capítulo, realizamos un manual de funcionamiento del banco simulador, para que el usuario pueda operar el mismo, correctamente y con mayor facilidad. También creamos cuatro prácticas aplicadas a nuestro proyecto, que sirven para reforzar los conocimientos de los estudiantes en cuanto al sistema de acondicionamiento de aire se refiere.

Por último se encuentran las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el tiempo de ejecución del proyecto.

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS TÉCNICOS DEL ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

1.1 Función y necesidad del acondicionamiento del aire

El acondicionamiento de aire es fundamental para el bienestar del conductor y de su seguridad, ya que ejerce una gran influencia sobre la capacidad de concentración del individuo. También mejora la resistencia física y mental de una persona en periodos de conducción prolongados, reduciendo de este modo muy significativamente la fatiga y somnolencia propias del pilotaje del vehículo.

Es importante saber que para lograr cierto grado de confort debe actuarse sobre algunos factores, tales como la temperatura, la humedad, la calidad del aire, entre otros; es por esto que necesitamos del equipo de acondicionamiento de aire, para que el mismo pueda cumplir con la función de adaptarse en todo momento a las condiciones ambientales cambiantes que afectan al entorno del vehículo y a su habitáculo.

El sistema de acondicionamiento de aire basa su funcionamiento en principios termodinámicos que hacen referencia a transformaciones o intercambios del calor y está diseñado principalmente para brindar comodidad al conductor y a los pasajeros. El propósito es mantener dentro del vehículo la temperatura y la humedad dentro de un rango que sea cómodo o de confort para las personas que se encuentran en el interior. Aparte de controlar estos factores importantes, también se encarga de que el aire que ingresa en el habitáculo sea puro.

Temperaturas en un turismo de clase media		
a: tiempo en circulación 1 h		
temperatura ambiental 30 °C		
radiación solar sobre el turismo		
Área	con climatizador	sin climatizador
Cabeza	23 °C	42 °C
Tórax	24 °C	40 °C
Pie	28 °C	35 °C

Figura 1.1 Equilibrio térmico del cuerpo humano

1.2 Factores que influyen en la conformidad

El sistema acondicionador de aire debe ser capaz de generar un ambiente en el interior del vehículo que agrade a los ocupantes del mismo, para lo cual es necesario reducir en primer término la temperatura del mismo. El cuerpo humano desprende calor, manteniendo su temperatura interna dentro de un entorno razonable cercano a los 37 °C, para lo cual es necesario que el aire exterior que nos rodea tenga una temperatura inferior ^[1].

Así también es necesario, que el aire que nos rodea se mueva, para que de esta manera podamos vaporizar el sudor y eliminar el calor del cuerpo, ya que si no reducimos la temperatura de una persona, provocaremos en ésta una sensación de malestar.

Es muy importante, tener en cuenta que el aire que respiramos y que nos envuelve, no tenga un exceso de partículas de polvo, ya que si tiene, la respiración se vuelve más costosa, provocando una sensación de agobio en

^[1] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 10

la persona, por lo que es necesario filtrar el aire para que éste se encuentre limpio y libre de impurezas, incluso de moléculas de olores penetrantes e irritantes que se encuentran en la atmósfera procedentes de fuentes diversas, como la combustión de los vehículos que nos preceden en la marcha y la emisión de productos químicos olorosos.

Otro factor que influye en este proceso es el grado de humedad del ambiente, que modifica la sensación térmica de los ocupantes, ya que al variar sustancialmente la capacidad de transpiración del cuerpo, se requiere que el aire que penetra al habitáculo tenga la capacidad de evitar la saturación de humedad en el ambiente.

El acondicionador de aire debe ser capaz de modificar los valores de temperatura, humedad, pureza y caudal de aire en el interior de vehículo, de tal forma que obtengamos un confort térmico, en función de la temperatura ambiente y el caudal del aire, a pesar de la influencia de distintos factores como son transpiración, frecuencia cardiaca y temperatura corporal del conductor.

Como vemos en la figura 1.2, la sensación de agrado y confort térmico se obtiene por el ocupante del vehículo cuando la temperatura del ambiente que le rodea está comprendida entre los 21 y 24°C aproximadamente, este valor se modifica en función de la corriente de aire que renueva el entorno del habitáculo, lográndose la misma sensación de confort térmico con una temperatura más elevada si la acompañamos de un mayor caudal de aire ^[2].

^[2] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 11

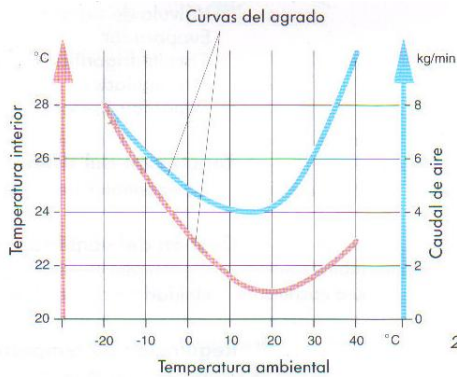


Figura 1.2 Curvas de sensación de agrado y confort térmico de una persona

Podemos observar en la figura 1.3 las tres zonas de los distintos grados de confortabilidad que se presenta el entorno del habitáculo en función de la carga climatológica. Se puede ver en estas curvas que el grado de transpiración es máximo en la zona A, así como mínima la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal, al aumentar todos estos factores a medida que hay una mayor carga ambiental, ya sea ésta por aumento de temperatura, disminución de la corriente de aire que lo atraviesa y la aparición de olores desagradables en el aire.

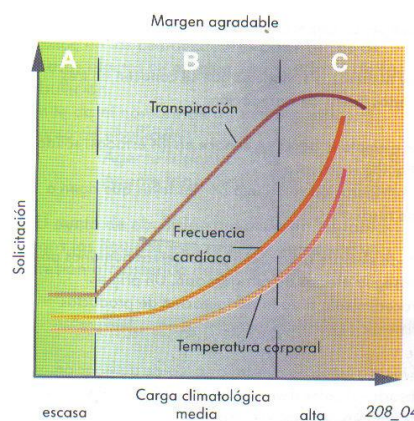


Figura 1.3 Grados de confortabilidad del entorno del habitáculo, en función de la carga climatológica

1.3 Los cuerpos y la energía

La materia en la naturaleza se encuentra formada por millones de pequeñas partículas llamadas átomos, éstos se unen entre sí formando las moléculas, que son las unidades más pequeñas de sustancia que conforman los cuerpos. De la misma forma, en función de la cantidad de energía que poseen las partículas que conforman el cuerpo, se establecen distintos estados de agregación de la materia, como son: sólido, líquido y gaseoso.

El estado físico de un cuerpo depende de la energía interna que contenga, es decir, del nivel de agitación de las moléculas que lo componen, el cual se determina en función de la cantidad y libertad de movimientos que se permiten en las moléculas dentro del cuerpo tratado, siendo el nivel de energía interna alto cuando el grado de libertad que posean las moléculas sea mayor, siendo la suma de la energía potencial y cinética de dichas partículas (energía mecánica) el reflejo de la cantidad de calor que contiene un sistema.

La cantidad de calor está ligada directamente a la cantidad de materia, ya que en función del número de partículas que constituyen el cuerpo y del movimiento desordenado de dichas partículas, encontramos una cantidad distinta de calor contenida en dicho cuerpo ^[3].

La energía es la capacidad para producir un determinado efecto, siendo por tanto el calor una forma de transmisión de energía y una energía en sí, puesto que fluye en virtud de una diferencia de potencial térmico o diferencia

^[3] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 12.

de temperatura entre dos cuerpos cualesquiera. Así cuando dos cuerpos, uno caliente y otro frío, se sitúan uno al lado de otro, sin una pared aislante térmica entre ambos, se produce un traspaso de energía en forma de calor del más caliente al más frío generada por esa diferencia de potencial térmico existente, motivo por el cual al desaparecer esa diferencia térmica cesa la transmisión de calor.

Puesto que el calor está directamente relacionado con el nivel de agitación molecular de los cuerpos podemos decir del ejemplo anterior que su energía interna, inicialmente más caliente, ha disminuido, mientras que el valor de dicha energía interna en el segundo cuerpo ha aumentado.

La relación entre la energía interna y la masa de un cuerpo se establece por la temperatura del mismo, determinando una temperatura mínima posible de 0° Kelvin o -273,2° Celsius, temperatura en la cual el nivel de agitación de las moléculas de cualquier tipo de sustancia es nula, caracterizándose este valor de temperatura por un nivel energético nulo. La temperatura es, pues, la causante del flujo térmico entre los sistemas ^[4].

1.4 Los estados de la materia

La materia en la naturaleza, se presenta en tres estados distintos, cualesquiera que sean las características de las sustancias que las componen, cada uno de los cuales se define por un conjunto de propiedades particulares. Así, los compuestos en estado sólido poseen una forma

^[4] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 13.

definida, mientras que los líquidos y gaseosos carecen de elasticidad de forma, es decir, adoptan la forma del recipiente que los contiene.

Los compuestos líquidos y gaseosos, por lo general reciben el nombre de fluidos y tienen la característica de que en la unión de sus moléculas carecen de rigidez, característica que define por otro lado las sustancias en estado sólido. La principal diferencia entre los fluidos líquidos y los gaseosos consiste en la falta de volumen propio de estos últimos, que son extraordinariamente compresibles, al tiempo que los líquidos apenas admiten presión sin romper la uniformidad de la mezcla, separando sus moléculas unas de las otras.

Hay una relación proporcional entre el estado físico de un compuesto y su nivel energético. Se puede comprobar este principio al aportar energía a un cuerpo sólido, el cual cambia de estado a medida que va almacenando energía en sus moléculas.

Para que un cuerpo pueda pasar de un estado a otro, se necesita una determinada cantidad de energía aportada al sistema y para que el cuerpo regrese a su estado original en cambio se debe extraer energía al sistema.

El factor más importante que modifica los cálculos de estos procesos, es la masa de la sustancia con la que se trabaja, la cual está relacionada con el volumen en lo que conocemos como densidad. Es decir, existe una relación directa y proporcionada entre la masa de un cuerpo, su volumen, su densidad y su estado de agregación.

Es por esto que un cuerpo en estado sólido tiene un volumen compacto con una determinada masa que le proporciona una densidad constante, pero este

valor se modifica cuando se provoca un cambio de estado, en el que el volumen aumenta, por ejemplo al evaporarse, por lo que se puede concluir que la cantidad de energía que contiene un sistema es proporcional al estado físico de dicha sustancia y se modifica cuando lo hacen cualquiera de los factores fundamentales, como son la temperatura, volumen, presión, densidad y estado.

El primer principio de la termodinámica establece la base científica de este tipo de experiencias, determinando que la energía no se crea, ni se destruye, sólo se transforma; es por eso que el balance energético de cualquier transformación debe ser nulo, es decir, teóricamente toda la energía aportada al sistema es absorbida por el mismo ^[5].

Figura1.4 Procesos de cambio de estado

1.5 Formas de transmisión de calor ^[6]

La variación de la cantidad de energía contenida en un sistema, como el calor, que constituye una forma de energía y que se puede transmitir de

^[5] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 14.

^[6] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; págs. 15-16.

unos cuerpos a otros por tres métodos distintos como la conducción, convección y radiación.

La conducción es la forma de transmisión más lenta del calor. Se produce a través de los cuerpos y siempre del más caliente al más frío, sea cual sea la temperatura de los mismos, hasta que se igualen sus temperaturas. Los metales son buenos conductores del calor, por los que se transmite a través de ellos en una forma más rápida. Para que se produzca el fenómeno de la conducción es necesaria la existencia de un cuerpo por el que se transmita la energía, ya que en ausencia del mismo no se produce.

La convección es la transmisión de calor generado por corrientes de movimiento de las partículas de un fluido. Los cuerpos sólidos, al no permitir el movimiento de sus moléculas no admiten la transmisión del calor por convección. Este movimiento se origina por la diferencia de densidad de las partículas recientemente calentadas en el seno del fluido que asciende a la zona superior del sistema, siendo ocupado el volumen de las mismas por partículas de mayor densidad, que tienen una temperatura menor y que se depositan en las partes bajas de la mezcla.

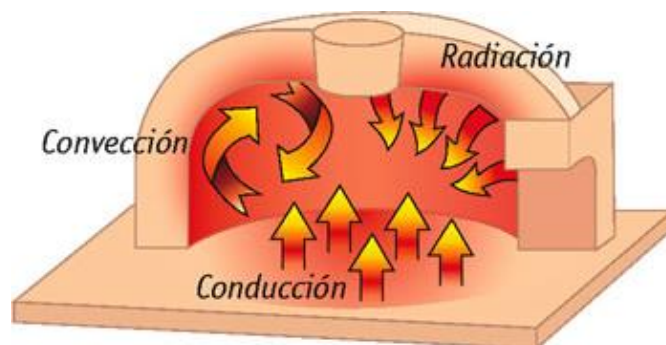


Figura 1.5 Métodos de propagación del calor

El intercambio de calor también se produce entre los cuerpos incluso con ausencia de materia entre ellos. Este proceso se conoce como radiación y se basa en la transmisión del calor a través de ondas electromagnéticas no perceptibles por el ojo humano, puesto que sus longitudes de onda se sitúan en la franja infrarroja. Solo cuando la temperatura del foco emisor es suficientemente elevada se percibe esta radiación y se puede ver el objeto de color rojo, como sucede, cuando un trozo de hierro se calienta y se pone incandescente.

Los sistemas de acondicionamiento de aire del automóvil basan su funcionamiento en estos cambios de estado, para los que son necesarios intercambios de calor que se producen por conducción principalmente. A la capacidad de un cuerpo para transmitir calor por conducción se le denomina conductividad térmica.

Así pues, al ser el calor una forma de energía que puede ser manifestada en los cuerpos físicos por su estado de agregación y para ser medido se utiliza la temperatura, propiedad que determina el nivel térmico de los cuerpos.

1.5.1 Velocidad de la transferencia de calor ^[7]

La velocidad a la cual se transmite el calor a través de una pared, puerta, techo, piso, persona, depende de tres factores:

- a) La diferencia de temperatura a través de la cual fluye el calor.
- b) El área de la superficie a través de la cual fluye el calor

^[7] ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, PRINCIPIOS Y SISTEMAS; PITA, Edward; CECSA; 1994; págs. 50-54.

c) El coeficiente global de transferencia de calor

Lo anterior se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$Q = U \times A \times \Delta T \quad (1.1)$$

Donde:

Q = velocidad de la transmisión de calor, BTU/h

U = coeficiente global de transferencia de calor, BTU/h-ft²-°F

A = área de la superficie a través de la cual fluye el calor, ft²

$\Delta T = t_{int} - t_{ext}$ = diferencia de temperatura por la que fluye el calor, desde la temperatura más alta (t_{int} = temperatura interior), hasta la temperatura más baja (t_{ext} = temperatura exterior), ambas en °F.

1.5.2 Resistencia térmica

La resistencia térmica (R) de un material es la capacidad para resistir el flujo de calor que lo atraviesa.

1.5.3 Conductancia y conductividad

Estos dos términos se emplean para describir la capacidad que tiene un material para transferir calor.

La *conductancia térmica* (C) es la capacidad de un material para transmitir calor, es inversamente proporcional a la resistencia.

$$C = 1/ R \quad (1.2)$$

Donde:

R = resistencia térmica del material, h-ft²-°F/BTU.

La *conductividad térmica* (k) de un material se define como su conductancia por unidad de espesor. Sus unidades se expresan en BTU/h-ft²-°F por pulgada de espesor. Su relación con la conductancia es:

$$C = k / L \quad (1.3)$$

Donde:

C = conductancia, BTU/h-ft²-°F.

k = conductividad, BTU/h-ft²-°F por in de espesor

L = espesor del material, in

1.5.4 Coeficiente global de transferencia de calor (U)

Se define el coeficiente global de transferencia de calor como el parámetro que relaciona el flujo de calor Q [BTU/ft²] entre una superficie y el ambiente como función lineal de la diferencia de temperatura superficie-aire [°F], en función del tiempo. Sus unidades vienen dadas en BTU/h-ft²-°F.

1.6 Calor y temperatura

El sistema de acondicionamiento de aire opera removiendo el calor del aire que entra al compartimiento de pasajeros. El resultado de esto es una baja temperatura.

El calor es una forma de energía, utilizada para provocar la transformación de los estados de la materia, por ejemplo de sólido a líquido. Esta fusión, sin embargo, no se produce con un aumento de la temperatura, sino que se lleva a cabo con un valor constante de la misma, mientras se continúa aportando energía calorífica al sistema. Por este motivo podemos afirmar que el calor y la temperatura no son iguales, es decir, que un aumento de la cantidad de calor contenida en un sistema no se corresponde en todos los casos con un

aumento de la temperatura de dicho sistema. Sin embargo, siempre que se produzca una variación de temperatura de un cuerpo se habrá modificado la cantidad de energía almacenada en el mismo ^[8].

1.6.1 Cargas de refrigeración ^[9]

El interior de un vehículo gana calor debido a varias fuentes. Si los factores de acondicionamiento del aire deben mantener un nivel confortable en el habitáculo, se hace necesario extraer calor para compensar las ganancias mencionadas. A la cantidad neta de calor que se retira se le llama *Carga de Refrigeración*.

El cálculo de la carga de refrigeración se basa en los principios de transferencia de calor, mencionados anteriormente.

1.6.1.1 Pérdida por paredes, puerta, techo y pisos

Para calcular la pérdida de transferencia de calor ya sea en paredes, puerta, techo y pisos se usa la ecuación 1.1, usando sus respectivos coeficientes globales de transferencia de calor (U) y tomando en cuenta el área correspondiente de cada parte.

^[8] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 16.

^[9] ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, PRINCIPIOS Y SISTEMAS; PITA, Edward; CECSA; 1994; págs. 133-162.

1.6.1.2 Pérdida por infiltración del aire exterior

Por medio de ésta pérdida de infiltración se compensa los efectos de cualquier corriente aire que pueda intervenir en el acondicionamiento de aire del banco simulador, cuando en éste se abra o cierre la puerta. Se determina de las siguientes maneras:

- *Infiltración de aire sobre la pérdida de calor sensible*

La infiltración ocurre cuando el aire exterior entra a través de aberturas, pero en nuestro caso, el banco simulador va a ser construido de tal manera que sea hermético y por ende no se van a presentar aberturas, sino solamente infiltrará aire por medio de la puerta. Este tipo de infiltración se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_S = 1,1 \times \text{CFM} \times \Delta T \quad (1.4)$$

Donde:

Q_S = calor sensible necesario para el aire de infiltración (BTU/h)

CFM = velocidad de infiltración o ventilación del aire (ft³/min)

$\Delta T = t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}$ = diferencia de temperatura entre el aire interior y exterior, °F.

- *Infiltración de aire sobre pérdida de calor latente*

Debido a que el aire de infiltración es menos húmedo que el aire interior, la humedad interior puede descender a un nivel que no es adecuado para el confort, es por esto que para conservar la humedad del aire en el banco simulador, se le debe agregar vapor de agua. Esto se expresa mediante la ecuación:

$$Q_L = 0,68 \times \text{CFM} \times (W'_i - W'_e) \quad (1.5)$$

Donde:

Q_L = calor latente necesario para el aire de infiltración (BTU/h)

CFM = velocidad de infiltración o ventilación del aire (ft³/min)

W'_i W'_e = relaciones de humedad mayor (interior) y menor (exterior) expresadas en g de agua/lb de aire seco (gr agua/lb a.s)

1.6.1.3 Alumbrado

La ecuación que se usa para determinar la ganancia de calor debida al alumbrado es:

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE \quad (1.6)$$

Donde:

Q = ganancia neta de calor debido al alumbrado, BTU/h

W = capacidad del alumbrado, watts

FB = factor de balastra

FCE = factor de carga de enfriamiento para el alumbrado.

El término W es la capacidad nominal de las luces en uso, expresada en watts. El valor 3.4 es para convertir watts a BTU/h.

El factor FB toma en cuenta las pérdidas de calor en la balastra de las unidades fluorescentes u otras pérdidas especiales.

FB = 1.25 para el alumbrado de fluorescentes

FB = 1.0 para el alumbrado de incandescentes.

El factor FCE toma en cuenta el almacenamiento de parte de la ganancia de calor por alumbrado. El efecto de almacenamiento depende de cuánto

tiempo está encendido el alumbrado y trabaja el sistema de enfriamiento, así como el tipo de unidades de alumbrado, y la cantidad de ventilación.

Para los casos en que puedan aplicarse, las tablas de FCE para el alumbrado, es posible encontrarlos en el *ASHRAE Fundamentals Volume*. En los demás casos, hay que usar el valor de FCE = 1.0.

1.6.1.4 Personas

La ganancia de calor debida a las personas se compone de dos partes: el calor sensible y el calor latente que resulta de la transpiración. Algo del calor sensible se puede absorber por el efecto de almacenamiento de calor, pero no el calor latente. Las ecuaciones para las ganancias de calor sensible y latente originado en las personas son:

$$Q_s = q_s \times n \times \text{FCE} \quad (1.7)$$

$$Q_l = q_l \times n \quad (1.8)$$

Donde:

Q_s Q_l = ganancias de calor sensible y latente

q_s q_l = ganancias de calor sensible y latente por persona

n = número de personas

FCE = factor de carga de enfriamiento para las personas.

La velocidad de ganancia de calor debida a la gente depende de su actividad física. El factor FCE del efecto de almacenamiento de calor, se aplica a la ganancia de calor debida a las personas. Si el sistema de acondicionamiento de aire se apaga durante la noche, no se debe incluir almacenamiento de calor y el FCE =1.0.

1.6.1.5 Equipo motorizado

La ganancia de calor procedente de los motores y el equipo que los impulsa se debe a la conversión de energía eléctrica en calor. Para obtener la proporción de calor se debe tomar en cuenta la posición de los equipos y leer su valor en la tabla 7.4 que se encuentra en el Anexo A.

1.6.1.6 Ganancia de calor en ductos

El aire acondicionado que pasa por los ductos gana calor de los alrededores. Si el ducto pasa a través de espacios acondicionados, la ganancia de calor ocasiona un efecto útil de enfriamiento, pero para los ductos que pasan por lugares no acondicionados representa una pérdida de calor sensible. La ganancia de calor se puede calcular con la ecuación 1.1, en donde:
 $A =$ superficie del ducto, ft^2

Se recomienda que los ductos de aire frío que pasan por zonas sin acondicionamiento se aíslen al menos hasta llegar a un valor general de $R = 4$ ($U = 0,25$).

1.6.2 Cargas de calefacción ^[10]

La calefacción es una forma de climatización que consiste en satisfacer el equilibrio térmico cuando existe una pérdida corporal de calor, disipada

^[10] ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, PRINCIPIOS Y SISTEMAS; PITA, Edward; CECSA; 1994; págs. 58-62.

hacia el ambiente, y mediante un aporte de calor se puede lograr una temperatura ambiente confortable.

Si el sistema de calefacción deja de funcionar en el vehículo durante el invierno, la temperatura del aire baja rápidamente. Esta disminución de temperatura se debe a dos motivos: la *transferencia de calor* desde el aire caliente del interior hasta el aire frío del exterior a través de la carrocería, ventanas y puertas, y las fugas de aire frío a través de las aberturas del vehículo, es decir, la *infiltración*.

Para contrarrestar estas pérdidas de calor, se debe agregar continuamente energía al interior del vehículo para mantener una temperatura deseada en el aire.

1.6.2.1 Pérdidas por transferencia de calor en paredes, pisos y techo

Para calcular esta pérdida de calor en las distintas partes se usa también la ecuación 1.1, como en la parte de pérdidas de refrigeración, así mismo se deben usar los respectivos coeficientes globales de transferencia de calor (U) y tomar en cuenta el área correspondiente de cada parte.

1.6.2.2 Pérdidas de calor por infiltración y ventilación

Además del calor necesario para compensar las pérdidas de calor en el invierno, también se necesita calor para compensar los efectos de cualquier aire frío que pueda ingresar en el interior del vehículo, ya sea por

infiltración o ventilación, para realizar el cálculo de la misma se utiliza la ecuación 1.4 y 1.5

1.6.3 Carga de ventilación

Es necesario algo de aire exterior por razones sanitarias y de confort. El calor sensible y el calor latente de este aire son mayores que el del aire del habitáculo, por lo cual se vuelve parte de la carga de enfriamiento. Pero, el exceso de calor se elimina en general en el equipo de enfriamiento, y por lo tanto es parte de la carga de refrigeración, más no de la carga del habitáculo.

Para calcular este tipo de carga vamos a utilizar las ecuaciones 1.4 y 1.5; en donde el CFM va a ser en cambio el flujo de aire de ventilación, dado en ft^2/min .

1.6.4 Factor de seguridad

Un factor de seguridad mínimo del 10% se añade normalmente a la carga total de la refrigeración para permitir omisiones e inexactitudes de menor importancia en el cálculo.

1.7 Entalpía y entropía ^[11]

La entalpía puede definirse como la cantidad de energía que es necesario aportar a un cuerpo para llevarlo a una condición específica, partiendo de un nivel inicial de entalpía de valor cero, es decir, la entalpía es una medida del

^[11] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 18.

estado energético absoluto de los cuerpos. Por ejemplo, la masa de agua posee una determinada entalpía al final de la evaporación, superior a la entalpía de esta misma masa al final de la fusión, puesto que para lograr cada uno de estos estados es necesaria una mayor cantidad de calor en el primero que en el segundo caso.

Por lo tanto, la entalpía está relacionada directamente con el nivel energético de los cuerpos y con el estado de los mismos, esto es, con el producto de la presión y el volumen del sistema, razón por la cual la transformación de la materia de unos estados a otros sin intercambio térmico con el exterior, actuando en su lugar otros factores como la presión.

La entropía mide el grado de desorden existente en un sistema. El aumento de la entropía de un sistema implica un incremento del desorden interno del mismo. Por ejemplo, en un sistema que no disponga intercambio de masa ni energía con el exterior, la cantidad de energía utilizada para expandir una gota de agua sobre el fondo de un vaso deberá extraerse del propio sistema, puesto que el estado de equilibrio perfecto es el caracterizado por un menor nivel energético. Por este motivo, el concepto de entropía explica la tendencia que caracteriza a todo sistema de igualar la temperatura de todos sus cuerpos.

Otras propiedades que tiene el aire son las siguientes:

Temperatura de bulbo seco (BS). El confort humano y la salud, dependen grandemente de la temperatura del aire. En el acondicionamiento de aire, la temperatura del mismo indicada, es normalmente la temperatura de bulbo seco tomada con el elemento sensor del termómetro en una condición seca.

Es la temperatura medida por termómetros ordinarios en casa ^[12].

Temperatura de bulbo húmedo (BH). Es la temperatura que indica un termómetro cuyo bulbo está envuelto en una mecha empapada de agua, expuesto al aire que se encuentra en rápido movimiento.

Temperatura de rocío (PR). Es la temperatura a la cual el vapor de agua en el aire se comienza a condensar si se enfría el aire a presión constante.

Humedad Relativa (HR). Expresa la cantidad de humedad en una muestra dada de aire, en comparación con la cantidad de humedad que el aire tendría, estando totalmente saturado y a la misma temperatura de la muestra. La humedad relativa se expresa en porcentaje ^[13].

El valor de la humedad relativa afecta poco al confort de las personas; tiene importancia si se dan humedades altas combinadas con altas temperaturas, ya que en esos casos se dificulta la capacidad de sudoración, pero estos valores están alejados de las zonas de trabajo habituales en instalaciones de climatización.

Desde el punto de vista de confort, valores comprendidos entre 30 y 70 % son correctos; los límites de 40 a 60 % están basados en consideraciones sanitarias, relativas a irritación de las mucosas, sequedad de la piel, crecimiento de microorganismos y otros problemas asociados a la humedad.

^[12] <http://www.scribd.com/doc/7576978/Manual-de-Refrigeracion>

^[13] <http://www.energia.inf.cu/iee-mep/SyT/CDG/Taller1BURE/confort.pdf>

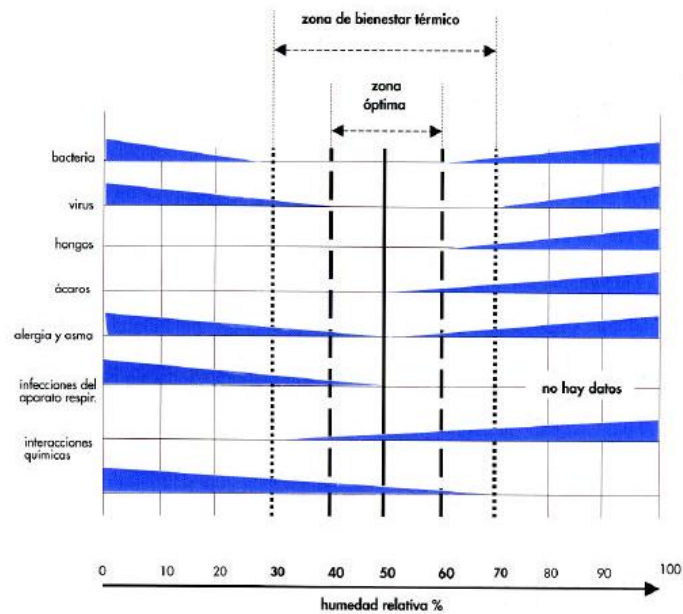


Figura 1.6 Rango de la humedad relativa para el bienestar térmico del ser humano

Velocidad del aire. La velocidad del aire influye en la capacidad de transmisión de calor por convección, si la velocidad del aire es alta se producen enfriamientos de zonas del cuerpo, creando así sensaciones de malestar.

Por estos motivos la distribución del aire en los locales debe realizarse a velocidades bajas.

1.8 Presión y temperatura

Los cambios de estado de un cuerpo no siempre van acompañados por aportes caloríficos, sino que también pueden lograrse provocando cambios en los valores de presión a los que está sometido para modificar las

temperaturas de fusión y evaporización, aumentando y disminuyendo éstos según se modifique el valor de la presión.

Cuando se controla la presión puede variarse el comportamiento de un elemento en función de la temperatura, ya que el estado de un cuerpo viene determinado por la entalpía del mismo, si no se quiere modificar la temperatura de un sistema, es necesario variar el valor de la presión del mismo para lograr el mismo efecto, ya que la energía interna del sistema no es susceptible de cambio.

Se muestra en la figura 1.7, la consecución de distintos estados del agua contenida en un recipiente cerrado al modificar los valores de presión a los que se encuentra sometida. Para ello, primeramente se calienta el sistema, aportando una cierta cantidad de energía térmica para aumentar la temperatura del conjunto, elevándose al tiempo la presión por ser un sistema cerrado y logrando de este modo vaporizar una parte del agua, alcanzando el conjunto valores de entalpía superiores a los del estado de partida del sistema.

En estas condiciones, si se reduce el volumen del recipiente introduciendo un pistón en él, aumenta la presión e inmediatamente una parte del agua se condensa en el interior del recipiente, ya que su entalpía no ha variado pero si su nivel interno de energía. Dejándolo ahora en reposo, se produce una cesión de calor al medio exterior, con el consiguiente descenso de la temperatura y la presión.

Sí, estabilizado ahora el sistema, se aumenta el volumen del mismo (desalojando el pistón), una parte del agua pasa nuevamente al estado de vapor, con descenso de la presión y la temperatura del fluido, absorbiendo

ahora el sistema calor del exterior, provocando una reducción en la atmósfera que rodea este conjunto, con lo que se ha conseguido producir frío o, mejor dicho, que el ambiente que rodea al sistema ha disminuido su temperatura al reducirse la energía calorífica contenida en el mismo, transmitida por conducción al sistema tratado.

Se establece así un equilibrio entre la presión, la temperatura y el volumen del sistema, siguiendo una ley fija que establece el producto de estos tres factores en los dos estados, regla que se puede utilizar para alterar el estado de agregación de los cuerpos sin que sea necesario ninguna aportación de calor exterior.

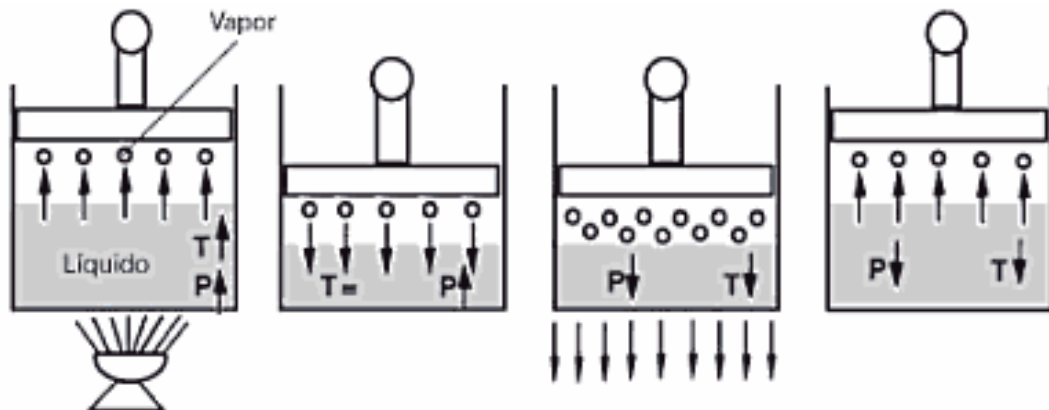


Figura 1.7 Consecución de distintos estados del agua contenida en un recipiente cerrado al modificar los valores de la presión.

Se puede observar en la figura 1.8, que cuando en la curva se mantiene la presión constante al reducir la temperatura, el vapor pasa a estado líquido (condensación). Del mismo modo, si el valor de la temperatura del sistema aumenta con una presión constante, se logra la evaporación del fluido en cuestión, es decir, a presión constante, un aumento suficiente de la temperatura a la que se somete un fluido en estado líquido provoca su

evaporación. Contrariamente, si se reduce significativamente la temperatura de un gas sometido a presión constante hasta el valor adecuado, se logra la condensación de dicho fluido. Por el mismo motivo, al producirse un aumento de la presión que afecta al fluido en estado gaseoso sin que se produzca una variación de la temperatura, se logra la licuación del mismo, o bien, si se reduce la presión, el agua pasa del estado líquido al gaseoso (evaporación).

La combinación de estos dos factores puede lograrse con la variación de la temperatura del sistema provocada por la modificación del valor de presión que afecta al mismo, es decir, una reducción suficiente de la presión que conduzca a la evaporización del fluido provoca una reducción de la temperatura del mismo y viceversa, delimitándose la curva contenida en esta figura, que establece los valores de presión y temperatura a los que debe encontrarse el fluido para determinar su estado de agregación ^[14].

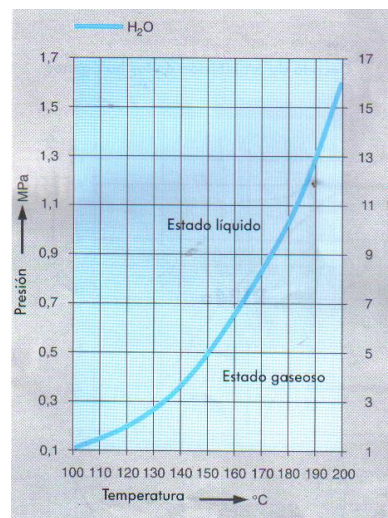


Figura 1.8 Curva del agua en el diagrama presión vs temperatura

^[14] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; págs. 19-20.

Según estos principios termodinámicos, el paso de un fluido del estado líquido al gaseoso se produce con absorción de calor del medio exterior. Se produce materialmente este cambio de estado por expansión del fluido. Recíprocamente, el paso del fluido del estado gaseoso al líquido se realiza con cesión de calor al medio que le rodea. De acuerdo a estos principios físicos funcionan las instalaciones frigoríficas, en las cuales se utiliza alternativamente la compresión y la expansión de un fluido, así como sus variaciones de temperatura, para hacerlo pasar del estado gaseoso al líquido y viceversa, con el fin de producir intercambios de calor.

Al comprimir un gas aumenta la presión y se eleva su temperatura y al expansionarlo disminuye la presión y se provoca un descenso de la temperatura. Las temperaturas bajas y las presiones elevadas favorecen la condensación de un gas, mientras que las temperaturas elevadas y las bajas presiones favorecen la vaporización.

1.9 Presión, temperatura y energía

Como podemos ver en la figura 1.9 se establece la relación entre la presión y la temperatura de un fluido y el nivel energético del sistema en un diagrama presión-entalpía, pudiendo determinar entonces de una forma precisa el estado del mismo.

En el eje de las abscisas o eje horizontal se representa el contenido energético del compuesto, es decir, la entalpía del sistema o su contenido de calor aumentan a medida que nos desplazamos hacia la derecha del gráfico, por lo que este tipo de movimiento debe ir acompañado para que pueda producirse con una absorción de calor por parte del fluido. Del mismo modo, los desplazamientos hacia la parte izquierda del diagrama son procesos que

se llevan a cabo con la necesaria disipación de calor, es decir, la entalpía del sistema desciende, con lo que debe reducirse el contenido de energía del mismo.

Los procesos de este tipo que se producen entre las curvas de líquido y vapor saturado se realizan normalmente a temperatura y presión constantes. Por encima de la curva de líquido saturado encontramos el fluido en estado líquido y por debajo de la curva de vapor saturado encontraremos al agente frigorífico en estado de vapor, pero con una temperatura superior en cualquier caso a la temperatura de ebullición del mismo, denominándose área de vapor saturado a la zona comprendida entre estas dos curvas.

En el eje vertical o eje de ordenadas se dispone la representación de la presión, ascendiendo el valor de la misma a medida que nos desplazamos hacia la parte superior del diagrama y reduciéndose según se desciende en el mismo [15].

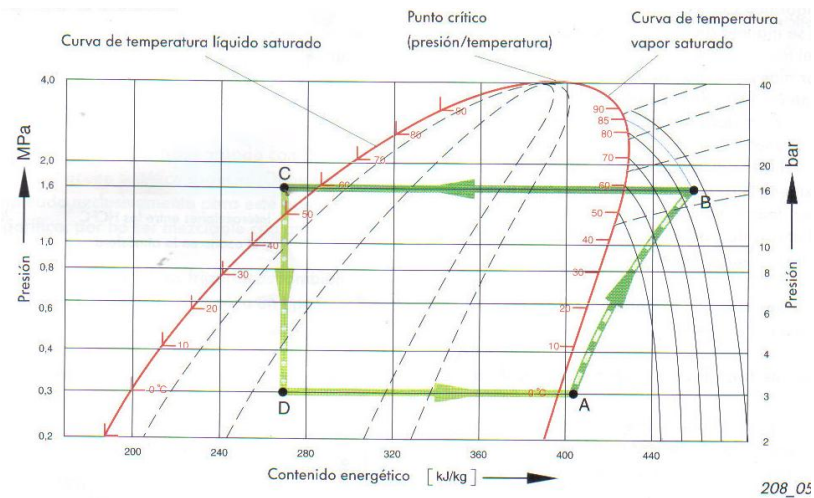


Figura 1.9 Diagrama de presión-entalpía del fluido frigorífico R-134a

[15] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 21.

En el diagrama representado en la figura 1.9, podemos ver los distintos procesos a los que se somete el fluido en una instalación frigorífica cualquiera, estableciendo un circuito cerrado y continuo en el que se van sucediendo intercambios de temperatura y presión asociados a estados energéticos de la masa de fluido empleada, provocando de esta forma la absorción de calor en una zona del circuito (evaporador) y la dispersión en otra (condensador). Para un determinado fluido, en este caso se ha utilizado el tetrafluoroetano o R-134a, existe un diagrama concreto, distinto del resto, determinado en función de las características del compuesto su aplicación para sistema de climatización en vehículos móviles.

Se puede ver en el diagrama representado, cómo partiendo del punto A se aumenta la presión del fluido desde los 3 bar hasta los 16 bar en el punto B, con el consiguiente aumento de temperatura, desde los 0°C hasta los 85°C, por lo que para esta presión y temperatura el fluido se encuentra en estado gaseoso. También en este tramo se produce un aporte de energía al sistema, constituido por la operación de compresión del fluido que aumenta la entalpía del sistema, de naturaleza isoentrópica (entropía constante) ^[16].

Del punto B al C se lleva a cabo la condensación, proceso que como se puede observar se lleva a cabo a presión constante, a través de una línea isobara (presión constante), en la que la temperatura del fluido pasa de los 85 °C del punto B a los 60 °C del punto C. Es esta reducción de temperatura la que provoca el cambio de estado del fluido, de gaseoso a líquido,

^[16] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 22.

provocado por una reducción de la entalpía del sistema que, como se puede ver, se reduce desde 440 Kj/Kg aproximadamente hasta los 270 Kj/Kg ^[17].

Esta operación se lleva a cabo en el licuefactor, para lo cual es indispensable que durante la misma se corte, tal y como se realiza en la gráfica, la curva de temperatura de líquido saturado, puesto que hasta que no sucede este hecho no se produce la condensación del fluido, motivo por el cual la temperatura de condensación del fluido debe ser elevada.

Ya en el punto C se provoca la expansión del líquido, realizándose a través de una línea isoentálpica (entalpía constante), reduciendo la presión de un modo brusco y casi puntual de 16 a 0,3 bar, así como la temperatura que también desciende bruscamente desde los 60 °C del punto de partida hasta los 0 °C del punto D.

Por último, para regresar al punto de partida A, se produce una aportación de energía al sistema en forma de calor que no aumenta la temperatura del fluido ya en estado gaseoso, sino que se utiliza para aumentar el contenido energético del mismo (entalpía) para finalizar el proceso de vaporización. Esta energía calorífica se adquiere del ambiente exterior que rodea al sistema del fluido en los puntos D y A es la misma, 0 °C.

Este proceso es cerrado, con dos intercambios de presión y dos de temperatura, estos últimos realizados con el exterior del sistema. Cuando el fluido se encuentra zonas de presión y temperatura críticas propias del

^[17] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 22.

fluido. Así, para determinar la en estado líquido, para determinar su temperatura debemos seguir las líneas de temperatura de líquido saturado, que confluyen con la de vapor saturado en las temperatura del fluido en el punto B se sigue la curva térmica para vapor paralela a la curva de temperatura de vapor saturado que contenga al punto B.

Este ciclo cerrado determina el rendimiento frigorífico de la instalación, siendo característico de cada máquina térmica y determinante del tipo de fluido que se debe utilizar para el correcto funcionamiento del equipo, en función de las temperaturas a las que se producen los cambios de estado y las presiones máximas y mínimas a las que se va a someter al fluido en cuestión. A su vez, estos valores están determinados por el salto térmico que se desee provocar, el cual varía según las dimensiones de la zona a refrigerar y de la masa de aire que sea necesario tratar.

1.9.1 Principales parámetros del ciclo de refrigeración ^[18]

a) Trabajo de compresión

El trabajo de compresión está definido por la siguiente expresión:

$$W_C = h_{B'} - h_A \quad (1.9)$$

Donde:

W_C = Trabajo de compresión (KJ/Kg)

h_A = Entalpía del vapor saturado, en el punto de estado A (KJ/Kg)

$h_{B'}$ = Entalpía del vapor sobrecalentado, en el punto de estado B'
(KJ/Kg)

^[18] FUNDAMENTOS DE AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACIÓN; Hernández, Eduardo; Editorial Limusa; México, 2005; págs. 227-268.

b) El calor cedido del refrigerante al medio condensante

El calor cedido del refrigerante al medio condensante puede expresarse:

$$q_{cond} = h_C - h_B \quad (1.10)$$

Donde:

q_{cond} = Calor de condensación (KJ/Kg)

h_B = Entalpía del vapor sobrecalentado, en el punto de estado B
(KJ/Kg)

h_C = Entalpía del líquido saturado, en el punto de estado C (KJ/Kg)

c) Efecto refrigerante

La cantidad de calor absorbida por el refrigerante en el evaporador se define como efecto refrigerante y viene definido por lo siguiente:

$$q_0 = h_A - h_D \quad (1.11)$$

Donde:

q_0 = efecto refrigerante (KJ/Kg)

h_A = Entalpía del vapor saturado, en el punto de estado A (KJ/Kg)

h_D = Entalpía del líquido saturado, en el punto de estado D (KJ/Kg)

d) Flujo másico

La masa de refrigerante circulado para producir la capacidad de refrigeración requerida, está dada por:

$$m = Q/q_0 \quad (1.12)$$

Donde:

m = Flujo másico de refrigerante (Kg/s)

Q = Capacidad frigorífica requerida (KW)

q_0 = efecto refrigerante (KJ/Kg)

e) Potencia teórica

La potencia del sistema está dada básicamente por la siguiente expresión, en este caso para el compresor:

$$P_C = m \times W_C \quad (1.13)$$

Donde:

P_C = Potencia teórica requerida por el compresor (KW)

Potencia para el condensador:

$$P_{cond} = m \times q_{cond} \quad (1.14)$$

Donde:

P_{cond} = Potencia teórica requerida por el condensador (KW)

Potencia para el evaporador

$$P_{ev} = m \times q_0 \quad (1.15)$$

Donde:

P_{ev} = Potencia teórica requerida por el evaporador (KW)

f) Potencia real del compresor ^[19]

En teoría el proceso de compresión se produce a entropía constante, sin embargo en realidad no es así. Esto conduce a que la temperatura de descarga así como la potencia absorbida sean mayores.

^[19] http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_sevilla/revista%20i+e/GUIA_PRACTICA_FRIGO.pdf

De lo anterior se deduce que el rendimiento termodinámico del compresor, también llamado rendimiento indicado (η_i), no es nunca del 100%. Por lo que la potencia que debe tener el compresor en la realidad para realizar este trabajo debe ser un poco mayor. Según la figura 7.4 del Anexo A el rendimiento indicado es igual a:

$$\text{Rendimiento indicado: } \eta_i = (h_{B'} - h_A) / (h_B - h_A) \quad (1.16)$$

Entonces la potencia real de compresión será:

$$Pr \text{ (Kj/h)} = P_C / \eta_i \quad (1.17)$$

g) Potencia del motor eléctrico del compresor

Es aquella que debe tener el motor eléctrico para que el compresor que arrastra proporcione la potencia frigorífica prevista. Si eligiéramos el motor con la potencia teórica nos quedaríamos cortos y no sería capaz de hacer funcionar el sistema de acuerdo a lo previsto. Esto es así porque existen una serie de pérdidas, que hacen que el rendimiento del motor no sea del 100%. Las pérdidas más importantes a tener en cuenta son:

- **Pérdidas mecánicas:** en todos los compresores hay pérdidas mecánicas ocasionadas por rozamientos internos entre piezas, transmisiones, entre otros; que hacen que el rendimiento mecánico (η_m) no sea del 100%. El rendimiento mecánico lo debe dar el fabricante y está en torno al 85 – 90%, es decir $\eta_m = 0,85 - 0,9$.

- **Pérdidas eléctricas:** los motores eléctricos también tienen pequeñas pérdidas y por lo tanto su rendimiento, aunque es alto, no es del 100%. El rendimiento de un motor eléctrico (η_e) suele estar en torno al 95% por lo que $\eta_e = 0,95$; aunque lo debe dar el fabricante.

Conociendo estas pérdidas podemos determinar la potencia que debe tener el motor eléctrico que mueve el compresor:

$$P = P_r / \eta_m \times \eta_e \quad (1.18)$$

Donde:

P = potencia del motor eléctrico.

h) Potencia de la válvula de expansión termostática ^[20]

La capacidad de la válvula de expansión se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$P_n = Q_{TOTAL} \times F1 \times F2 \quad (1.19)$$

Donde:

P_n = potencia nominal de la válvula (KW)

Q_{TOTAL} = potencia frigorífica de la instalación (KW)

F1 y F2 = son factores de corrección

Para obtener el valor de los factores de corrección F1 y F2, vamos a utilizar las tablas 7.7 y 7.8 del Anexo A, respectivamente.

^[20] http://www.csicsif.es/andalucia/modules/mod_sevilla/revista%20i+e/GUIA_PRACTICA_FRIGO.pdf

1.10 La refrigeración

Para lograr acondicionar el aire que penetrará al interior del habitáculo del automóvil, es necesario provocar una serie de variaciones de presión y temperatura en el sistema. Para ello, en los vehículos actuales se incorpora un circuito frigorífico que realizará esta función poniendo en práctica todos los procesos necesarios para el efecto del mismo. El más básico de ellos consta de cuatro elementos fundamentales, donde van a producirse estos intercambios.

En la figura 1.10 nos muestra un esquema de la disposición de los componentes de este circuito, donde disponemos de un compresor 1 que aspira el fluido de la instalación por la tubería correspondiente en estado de vapor, para comprimirlo e impulsarlo de nuevo a ésta, a alta presión y temperatura.

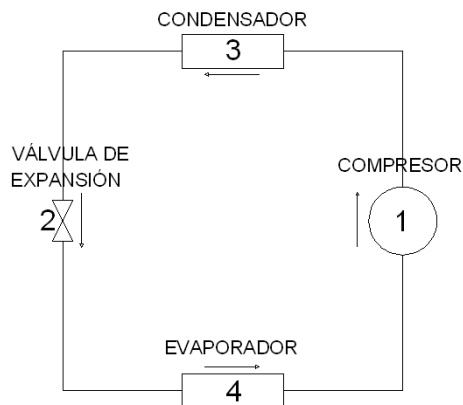


Figura 1.10 Circuito de refrigeración.

A través de determinadas canalizaciones diseñadas para tal fin se conduce el fluido en estado gaseoso hasta un serpentín 3, elemento que producirá el

intercambio térmico necesario con el ambiente exterior, para disminuir la temperatura del fluido refrigerante sin que se reduzca ostensiblemente la presión del mismo, para lograr su licuefacción.

El fluido prosigue su recorrido a través de la instalación hasta llegar al expansor 2, donde se produce de nuevo una variación de la presión y la temperatura del fluido, con las que se consigue iniciar su vaporización, para enviarlo hasta otro serpentín 4, atravesado por la corriente de aire canalizada desde el exterior hacia el interior del vehículo, aportando de esta manera calor al fluido refrigerante y favoreciendo su total vaporización, mientras que el aire soplado se enfría. Después, el fluido es canalizado de nuevo al compresor para iniciar el proceso otra vez, motivo por el que reciben el nombre de circuitos de ciclo continuo ^[21].

1.11 Circuito de acondicionamiento de aire

El circuito frigorífico en el automóvil garantiza su funcionamiento basado en dos niveles de presión. Por éste circula un agente frigorífico cambiando continuamente de agregación líquida y gaseosa y viceversa. Estos dos niveles se aseguran por el compresor y el expansor. El condensador evacua el calor del líquido refrigerante hacia el exterior, mientras que el evaporador absorbe el calor del aire que entra en el habitáculo.

Este funcionamiento se realiza en seis etapas que la vamos a describir a continuación.

^[21] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Thomson/Paraninfo; España; 2004; pág. 23.

Etapa 1: Compresión. El fluido se encuentra en estado gaseoso y es aspirado a baja presión y baja temperatura por el compresor (3 bar, 5 °C) sale comprimido a alta presión y alta temperatura (20 bar, 100 °C). La energía necesaria para llevar a cabo este trabajo de compresión se la aporta la correa del alternador, que también suele mover la bomba de líquido refrigerante.

Etapa 2: Condensación. El fluido en estado gaseoso entra a alta presión y temperatura en el condensador, cede el calor al aire que atraviesa el intercambiador y se condensa, y sale en estado líquido, a alta presión y temperatura media (19 bar, 60 °C).

Etapa 3: Filtrado y desecado. El fluido en estado líquido pasa por el filtro deshidratante, que absorbe la humedad del fluido, y por un elemento filtrante que retiene las impurezas de líquido. Después de ser filtrado el líquido pasa por el conmutador de presión trinario o presóstato, que es el encargado de controlar la presión en este circuito y antes de pasar a la expansión en la tubería se encuentra una válvula de servicio, en la cual se puede vaciar o cargar líquido refrigerante, así como también conectar un manómetro para comprobar la presión en dicha parte.

Etapa 4: Expansión. El fluido en estado líquido a 19 bar y 60 °C, cruza la válvula de expansión termostática y se produce una caída brusca de presión y temperatura, debido a que el tubo que conduce el refrigerante a la entrada de succión del compresor comienza en esta válvula. El fluido sale de la válvula en estado difásico, a una presión de 3 bar y una temperatura de 0 °C.

Etapa 5: Evaporación. El fluido penetra en el evaporador donde comienza el intercambio de calor con el aire exterior que entra al habitáculo y el aire

interior que se encuentra en el mismo, el cual es aspirado por el ventilador del evaporador. La humedad presente en este aire se condensa sobre las aletas y es evacuada al exterior mediante un conducto de desagüe. En el evaporador se encuentra un termostato, el cual evita la congelación del refrigerante al desconectar el compresor, a una temperatura aproximadamente de 1 °C. Antes de llegar nuevamente el refrigerante pasa por un amortiguador, el cual evita las vibraciones en el circuito.

Etapa 6: Control. El fluido a la entrada del compresor debe estar en estado gaseoso para evitar deterioros en el compresor. Para ello, en los circuitos con una válvula de expansión termostática, el control se realiza a la salida del evaporador, mediante el recalentamiento, o diferencia entre la temperatura a la salida del evaporador y la temperatura de evaporación (entre 2 Y 10 °C). Por último, el fluido pasa por el compresor, y el ciclo comienza de nuevo ^[22].

Las leyes físicas que se dan en el desarrollo de este circuito son: Volumen, presión, temperatura y cambio de estado.

^[22] FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE AIRE ACONDICIONADO; Manual Valeo Clim Service; España; 2001; págs. 1-3.

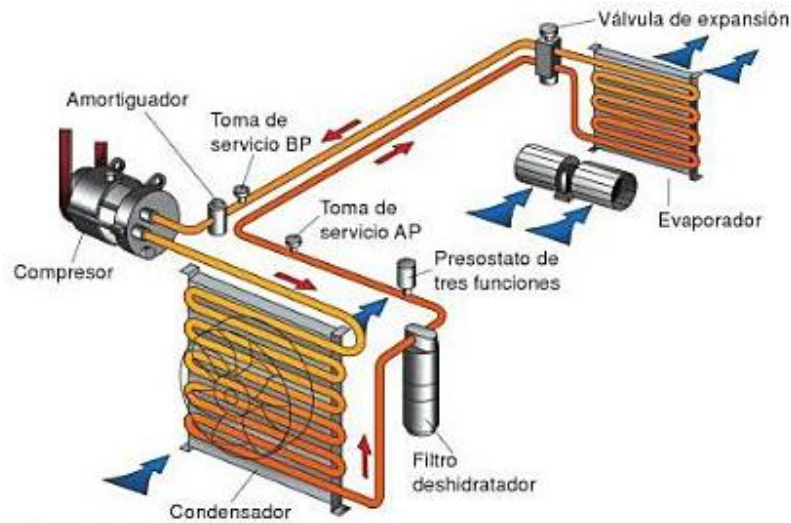


Figura 1.11 Circuito de acondicionamiento de aire con válvula de expansión

1.11.1 Circuito eléctrico del acondicionamiento de aire

El esquema eléctrico del circuito de acondicionamiento de aire está basado principalmente en la conexión y desconexión del embrague del compresor. Para este fin, se debe alimentar el embrague del compresor con corriente positiva de batería y masa.

El circuito básico del acondicionamiento de aire está provisto de distintos elementos que permiten el funcionamiento óptimo del circuito de refrigeración, teniendo en cuenta parámetros como las presiones mínima y máxima, plena potencia del vehículo, temperatura del evaporador ^[23].

^[23] Electricidad del vehículo-Técnicas básicas; Domínguez, Esteban José/Ferrer, Julián; Editorial Editex; España; 2008; pág. 86.

A su vez el circuito eléctrico está protegido con elementos como fusibles y relés, que en el caso de un cortocircuito protegen el resto de componentes y la instalación.

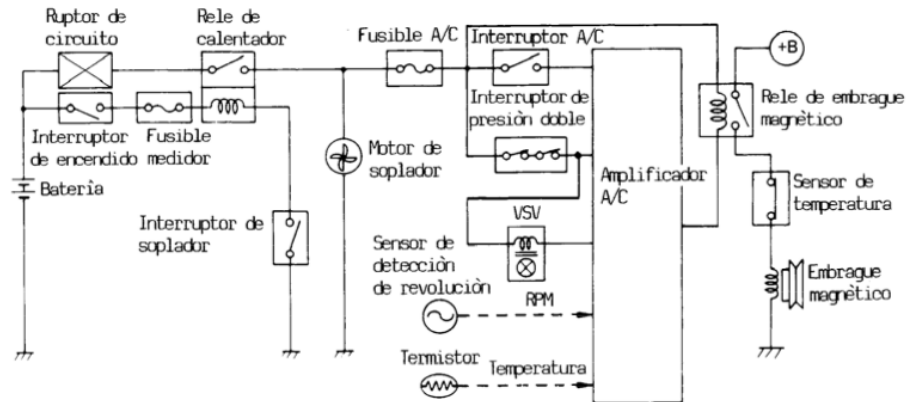


Figura 1.12 Circuito eléctrico del acondicionamiento de aire

El proceso general hasta que el embrague magnético es provisto de energía se muestra a continuación.

1. Interruptor de encendido en "ON"
 2. Interruptor de soplador en "ON" ----- Relé de calefactor en "ON" (motor de soplador en "RUN")
 3. Interruptor de A/C en "ON" ----- Amplificador de A/C en "ON" (Amplificador A/C, suministro de poder)
 4. Interruptor de presión doble en "ON"
- Condición refrigerante (2.1 en kg/cm², 206 kPa) menos de 27 2.1 en kg/cm² (384 psi, 2648 kPa)
5. Termistor suministra la señal de temperatura del evaporador al amplificador A/C
 6. VSD en "ON" ----- Marcha mínima del motor
 7. Relé de embrague magnético en "ON"
 8. Sensor de temperatura en "ON"

Temperatura del sensor de temperatura es menor a 180 °C (356 °F)

9. Embrague magnético en “ON”

10. Sensor detector de revoluciones suministra señales de RPM del compresor a amplificador A/C ^[24].

Para que en el habitáculo del vehículo pueda haber un acondicionamiento del aire adecuado, necesitamos de la calefacción y ventilación, de los cuales vamos a hablar a continuación.

1.11.2 Proceso de vacío, carga y reciclaje en el sistema de aire acondicionado.

a) Vacío del circuito de aire acondicionado ^[25]

Antes de proceder a cargar el circuito con fluido refrigerante, debe hacerse el vacío en la instalación, con cuya operación se extrae al mismo tiempo el aire y la humedad que pueda contener el sistema. Esta humedad, al contacto con el fluido refrigerante, puede oxidar los componentes metálicos de la instalación, como es sabido, produciendo corrosiones no deseables. Por otra parte, favorece la formación de cristales de hielo a nivel del reductor de presión, lo que provoca a su vez anomalías en el funcionamiento del sistema.

^[24] CALEFACTOR Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE; Toyota Motor Corporation; Japón 1991; pág. 38.

^[25] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Editorial Thomson/Paraninfo; Madrid-España; 2004; pags. 139 – 141.

La deshumidificación del circuito se provoca reduciendo el valor de presión a la que se encuentra sometido el mismo, alcanzando de esta forma unas temperaturas de vaporización del agua sustancialmente por debajo del valor de temperatura de evaporación a la presión atmosférica.

Para llevar a cabo este proceso, teniendo conectada la estación de carga al circuito, como muestra la figura 1.13, el vacío se realiza poniendo en marcha la bomba de vacío y abriendo las válvulas de vacío y de los manómetros de alta (C) y baja presión (A). De esta forma, la depresión generada por la bomba de vacío es aplicada a la instalación de aire acondicionado, tanto por el lado de baja como por el lado de alta presión, efectuándose el vacío en la misma.

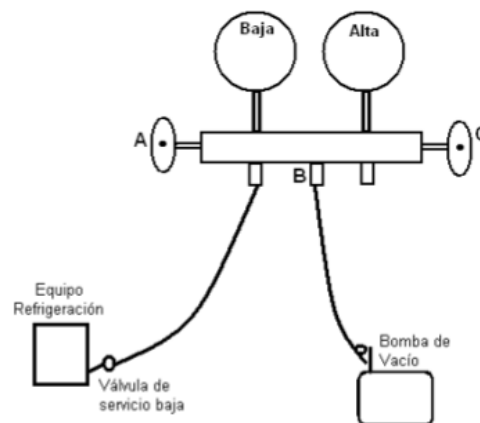


Figura 1.13 Proceso de vacío del sistema de aire acondicionado

La operación de vacío tiene una duración comprendida generalmente entre 30 y 45 minutos, según sea la capacidad de la bomba de vacío que incorpore la estación de servicio, no importando que se prolongue un poco más, recomendándose un período de 4 horas para una perfecta deshumidificación de la instalación.

Una vez terminado el proceso, antes de desconectar la bomba de vacío debe cerrarse la válvula de la misma, evitándose así que pueda entrar al circuito parte de aceite de la bomba, siguiendo el proceso inverso al anterior (de inicio), en el que primeramente se conecta la bomba y seguidamente se abren las válvulas de vacío y de conexión con la instalación del vehículo.

b) Carga del sistema de aire acondicionado con fluido refrigerante ^[26]

Durante este proceso se introduce la cantidad adecuada de refrigerante en el circuito acondicionador del vehículo para un correcto funcionamiento del mismo. Esta operación puede realizarse tanto por el lado de baja presión como por el de alta, pero si se va a cargar refrigerante en el sistema por primera vez, se recomienda efectuar el llenado por el lado de alta presión hasta completarlo, evitando así la entrada en el compresor de agente frigorífico en estado líquido por la zona de aspiración y que dañaría el mismo de manera irreversible. Si ello no fuera posible, se completará el llenado por el lado de baja presión.

Es preciso resaltar que para efectuar la carga, el motor del vehículo debe permanecer parado y a la temperatura ambiente normal, pues de lo contrario la presión del fluido será enseguida más elevada dentro del circuito que en el cilindro de carga, lo cual dificulta enormemente la operación de carga por la reducción de la presión diferencial que este hecho trae consigo.

^[26] Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Editorial Thomson/Paraninfo; Madrid-España; 2004; pags. 141-142.

La figura 1.14 muestra en esquema el conexionado de la instalación para el proceso de carga. El líquido refrigerante se introduce de forma líquida por el lado de alta presión, abriendo las válvulas respectivas de entrada de líquido y de alta presión (de color rojo en la figura 1.14). El fluido comienza a entrar en el circuito, descendiendo el nivel del mismo en el cilindro de carga, señalizando en la correspondiente escala la cantidad desalojada. Cuando haya pasado al sistema la cantidad especificada por el fabricante (generalmente comprendida entre 800 y 1000 g), se cierran las válvulas de paso finalizando la operación.

En la mayor parte de los casos no es posible introducir la totalidad de la carga por el lado de alta presión, siendo necesario completar el llenado por el lado de baja presión. Para ello, se cierran las correspondientes válvulas de entrada de líquido y alta presión y se pone el motor del vehículo en marcha, con el aire acondicionado en funcionamiento a mediana potencia. En estas condiciones, se abren las válvulas de baja presión (de color azul en la figura 1.14) y de entrada de gas desde el cilindro de carga, observando al mismo tiempo las lecturas del manómetro de baja presión, que no debe llegar nunca al valor indicado por el manómetro del cilindro de carga. Si así fuera, se detendrá el proceso de carga.

Durante este nuevo período de carga (más lento que el anterior) se observará un paulatino descenso del nivel de refrigerante en el cilindro de carga. Cuando se alcance el valor correspondiente a la carga necesaria para el sistema, se cerrarán las válvulas y se desconectará la instalación.

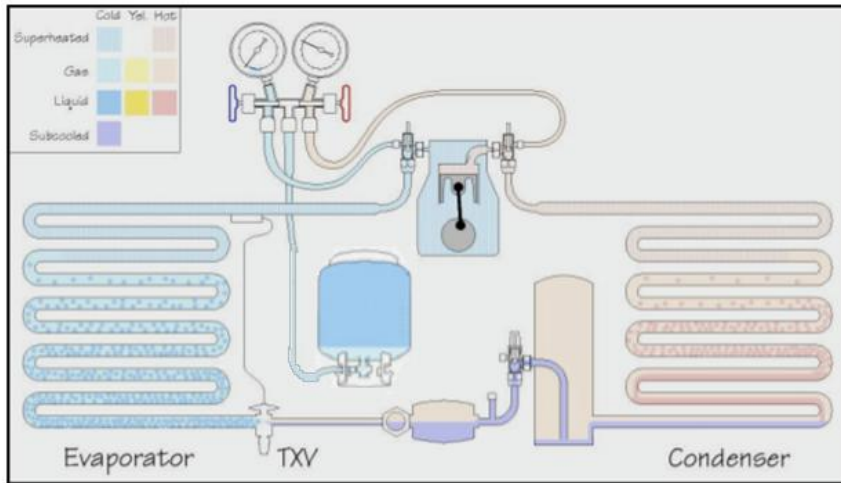


Figura 1.14 Esquema de conexión para cargar refrigerante al sistema de aire acondicionado

El proceso que acabamos de describir, también se puede realizar por medio de estaciones de carga, las cuales tienen por lo general una bombona pequeña con mirilla de cristal, que indica el nivel de refrigerante, lo cual ayuda a que sea precisa la cantidad de refrigerante líquido, que se va a cargar en un sistema de aire acondicionado, por el lado de alta.

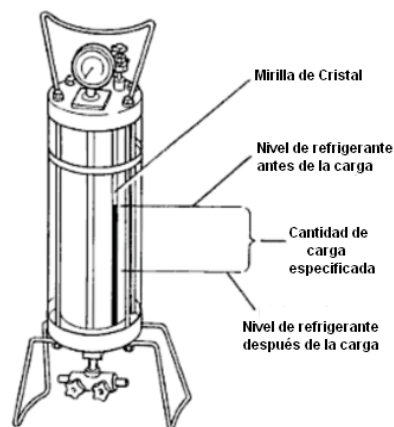


Figura 1.15 Bombona pequeña para cargar refrigerante

Si el sistema requiere más cantidad de refrigerante, para llegar a lo especificado por el fabricante y la presión interna del mismo, ya no es suficiente para que el refrigerante ingrese en forma de líquido, entonces se tiene que cargar éste último en estado gaseoso y por el lado de baja, para completar el nivel adecuado en el equipo de aire acondicionado.

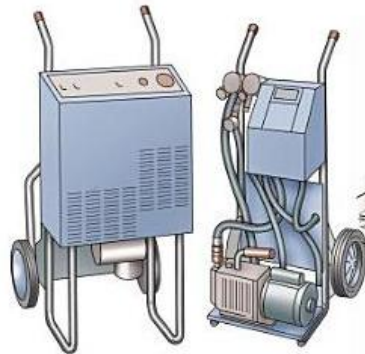


Figura 1.16 Estaciones de carga de refrigerante

c) Reciclado de refrigerante con un equipo de servicio ^[27]

El proceso de reciclado se define como la acción para reducir los contaminantes en un refrigerante usado, separando el aceite, así como los no condensables, utilizando dispositivos que eliminan la humedad, las acidez y las partículas suspendidas.

Las unidades de reciclaje son las encargadas de realizar este proceso, ya que estas máquinas limpian los refrigerantes recuperados, reduciendo los niveles de contaminación, mediante la separación del aceite y la eliminación

^[27] MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS EN REFRIGERACIÓN; Puebla, Jorge Alberto; Editorial FONDOIN; Venezuela; pág. 138.

de gases no condensables a través de un proceso de evaporación en una cámara de separación y la utilización de filtros secadores de núcleo, cuya finalidad es eliminar la humedad, la acidez y las partículas sólidas.

Después de uno o varios ciclos de reciclado, hasta alcanzar el grado de descontaminación requerido, los refrigerantes reciclados son trasegados hacia el interior de cilindros reutilizables, identificados como recipientes de gases recuperados (grises con tope amarillo), que deberán ser etiquetados con las características del gas contenido.

Algunas unidades de reciclaje, empleadas mayormente en el sector de aire acondicionado automotriz, también cuenta con el equipo necesario para recargar los refrigerantes reciclados en los sistemas de refrigeración a los que se ha prestado servicio. Estos equipos están automatizados y controlados por un programa, pero a pesar de eso, siempre se debe chequear las máquinas, cuando se encuentren funcionando, para no tener ningún inconveniente.



Figura 1.17 Máquina recicladora, recuperadora, vacío y carga de refrigerante

1.11.3 Calefacción

La calefacción sirve cuando se requiere calor en el interior del coche, su regulación puede ser manual o electrónica, manteniéndose en esta última automáticamente una temperatura previamente seleccionada.

La función de la calefacción en un vehículo es la de proporcionar un ambiente agradable a todos los ocupantes, ofrecerle al conductor un ambiente libre de causas de cansancio y de cargas ^[28].

1.11.4 Ventilación

En el habitáculo del vehículo es necesario renovar el aire, es decir extraer el aire del interior del mismo y sustituirlo por aire nuevo del exterior con la finalidad de evitar su enrarecimiento, eliminando el calor, el polvo, los olores e impureza que pueda contener el mismo.

En el habitáculo de un vehículo entra calor procedente de diversas fuentes, según nos indican las flechas rojas de la figura 1.18:

- A. Radiación solar.
- B. Calor debido a las filtraciones desde el exterior y comportamiento del motor.
- C. Calor producido por el motor e irradiado por el asfalto.
- D. Calor emitido por las personas.

^[28] http://www.educa.madrid.org/cms_tools/files/25e286bc-dda9-4a34-ac68-7bf26cf2fe56/teoria%20seguridad/teoria%20calefacción.pdf

- E. Calor disperso por el efecto de la diferencia entre la temperatura interior y exterior.

Figura 1.18 Radiaciones que hay en el habitáculo del vehículo

1.11.4.1 Renovaciones o cambios de aire

La cantidad de aire necesaria para efectuar la ventilación puede depender entre otros factores de:

- Las dimensiones del habitáculo del vehículo.
- Calor a disipar o carga térmica.

Las renovaciones de aire hasta un número de ocho veces a la hora, asegura la eliminación de las poluciones provocadas por las personas.

A continuación exponemos un cuadro comparativo sobre el número de renovaciones de aire a la hora en distintos habitáculos o locales presentes en nuestra vida diaria.

Tabla 1.1 Renovaciones de aire por hora en distintos habitáculos y locales

Tipos de Lugares	Renovaciones del aire/ hora
Discoteca	20-30
Tintorería	20-30
Bar de cafés	10-12
Tren cercanías	10-12
Autobús transporte público	8-12
Automóvil	6-8
Garaje	6-8
Aula para clases	4-8
Grandes almacenes	4-6
Vivienda	3-5

Fuente: www.educa.madrid.org/cms_tools/files/25e286bc-dda9-4a34-ac68-7bf26cf2fe56/teoria%20seguridad/teoria%20calefacción.pdf

1.11.4.2 Formas de realizar la ventilación

- **Ventilación natural:** Es la que emplea la fuerza del viento y las diferencias de temperatura para lograr el movimiento del aire, cuando el vehículo está detenido. Este tipo de ventilación es insuficiente, por lo que tenemos que aplicar la ventilación asistida o forzada.
- **Ventilación forzada:** Es la impulsión del aire nuevo y fresco hacia el interior del habitáculo del vehículo, bien por la corriente generada como consecuencia de la propia velocidad del vehículo, o por la acción de un ventilador que recoge el aire limpio del exterior y lo empuja hacia el interior del habitáculo.

El aire impulsado crea sobrepresión en el interior que obliga a salir al aire

viciado por las aberturas previstas para tal fin. A su vez la sobrepresión impide que penetre aire del exterior a temperatura no deseada y partículas de polvo del exterior por sitios que no están dentro del diseño general del circuito de ventilación.

1.12 Accesorios y accionamientos primarios, secundarios y de seguridad

1.12.1 Accesorios primarios

1.12.1.1 Compresor ^[29]

El compresor es el elemento de propulsión para el refrigerante en el equipo de acondicionamiento de aire. Sus funciones principales son hacer circular el refrigerante en el circuito, aumentar la presión y la temperatura del refrigerante gaseoso procedente del evaporador a baja presión y a baja temperatura.

Los diseños del compresor varían, pero básicamente todos trabajan de la misma manera. El compresor generalmente es impulsado por una banda, aunque algunos vehículos híbridos utilizan un motor eléctrico en vez de una banda.

La mayoría de los compresores tienen un embrague electromagnético para desacoplar el compresor cuando no se necesita el uso del mismo. El

^[29] Sistemas de seguridad y confortabilidad; González, Miguel Ángel; Editorial Editex; España; 2007; pág. 32.

embrague generalmente recibe su señal eléctrica de un relevador controlado por la computadora de inyección de combustible o la de control del motor.

El compresor incrementa la presión del refrigerante, y por lo tanto la temperatura también. Este aumento ayuda al proceso de disipación del calor en el condensador.



Figura 1.19 Compresores

Tipos de compresores ^[30]

a) Compresores rotativos

El compresor de paletas basa su funcionamiento en la rotación de un rotor y la disminución progresiva del espacio ocupado por el fluido atrapado entre las paletas, la estanqueidad se asegura por el contacto entre las paletas y el estator producida por la fuerza centrífuga aplicada a las paletas al girar el rotor a gran velocidad.

Existen dos tipos de compresores rotativos:

^[30] EL COMPRESOR; Manual Valeo Clim Service; España; 1999; págs. 2-8.

- Rotor centrado y estator de sección ovalada:

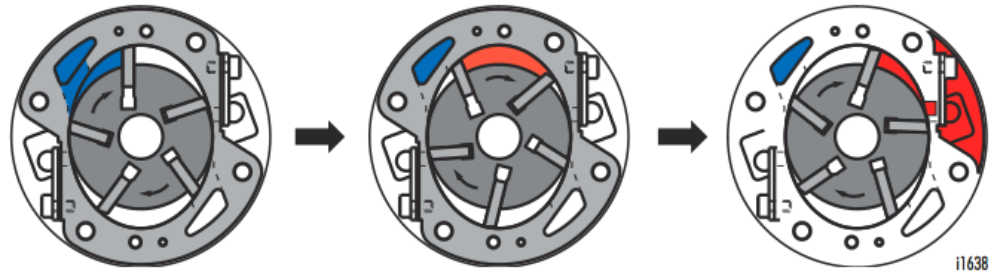


Figura 1.20 Compresor rotativo con rotor centrado y estator de sección ovalada

- Rotor excéntrico y estator de sección circular:



Figura 1.21 Compresor rotativo con rotor excéntrico y estator de sección circular

b) Compresores Alternativos

El funcionamiento de este tipo de compresores alternativos se subdivide en cuatro fases: aspiración, compresión, impulsión y expansión.

Aspiración: En esta fase la válvula de aspiración está abierta, por lo que el fluido frigorífico gaseoso entra en el compresor a presión constante, siendo V_a el volumen aspirado, como se puede ver en la gráfica.

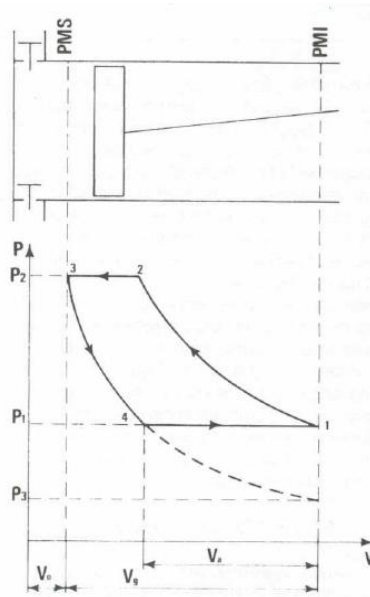


Figura1.22 Fases de los compresores alternativos

Compresión: En esta fase la válvula de aspiración y descarga están cerradas y el gas se comprime desde la presión de aspiración P_1 a la de impulsión P_2 , que será lógicamente mayor. La presión de impulsión corresponde con la presión medida en el condensador, cuando se alcance este valor, la válvula de descarga se abre y se produce la expulsión del gas a presión constante.

Punto Muerto Inferior o PMI se denomina al punto de inicio de la carrera del pistón, es decir, cuando inicia la carrera del pistón y Punto Muerto Superior o PMS al fin de carrera correspondiente a la expulsión del gas.

Impulsión y Aspiración: El volumen desplazado por el pistón durante la carrera V_g es el volumen comprendido entre el PMI y el PMS. Cuando la carrera de impulsión llega al final no se abre todavía la válvula de aspiración, porque en el interior del compresor existe fluido a la presión de descarga, más concretamente en el espacio muerto con un volumen V_0 . Se produce

por lo tanto una expansión del gas hasta que alcanza la presión de aspiración.

- *Compresor tipo pistón*

Figura 1.23 Compresor tipo pistón

Este sistema ha sido ampliamente establecido y el más antiguo. Se caracteriza por su gran fiabilidad, por ser el modelo de más alto rendimiento y menor absorción de potencia. Consta de uno a tres cilindros, construidos en aluminio o fundición de hierro, pistones de aluminio con uno o dos aros, bielas de aluminio o acero, cigüeñal de acero sobre cojinetes de bronce, bolas o agujas. Tienen un plato de válvulas de acero lapidado con válvulas de lámina de acero también lapidado, para aspiración y descarga y una tapa superior con válvulas de servicio manuales o automáticas de carga y descarga.

Estos compresores tienen un elevado rendimiento volumétrico, entre un 80 y un 90%, pero producen un nivel elevado de vibraciones. En este valor de rendimiento se tienen en cuenta las pérdidas de fluido producidas durante el llenado del cilindro y las posibles fugas del mismo hacia el exterior a través de los tubos.

- *Compresor axial o de disco oscilante*

Los compresores con disco oscilante de tipo axial están formados por cinco o seis cilindros, montados horizontalmente, por el interior de los cuales se desplazan los émbolos. El movimiento giratorio de un eje se transmite al cubo de accionamiento, el cual, mediante el disco oscilante, lo convierte en un movimiento alternativo de los émbolos. Cada émbolo tiene asignadas dos válvulas aspirante e impelente.

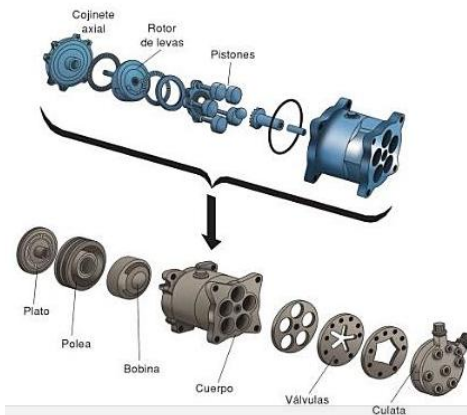


Figura 1.24 Despiece de un compresor axial

Podemos apreciar en la figura 1.24, un compresor formado por un cuerpo de aluminio con cinco cilindros, el plato de mando con los pistones, el rotor de levas, la polea de arrastre, la bobina, la culata con los conductos de aspiración y descarga y la placa de válvulas de láminas, cuya apertura y cierre realiza la aspiración e impulsión del refrigerante.

Se puede observar claramente en la figura 1.25, el disco de acero y una estrella central que actúa como limitador de carrera. Entre la estrella y el disco se encuentran las láminas elásticas.

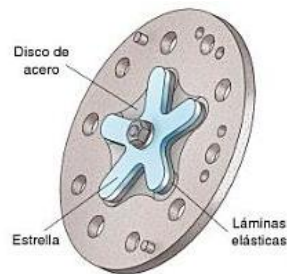


Figura 1.25 Placa de válvulas

Además de esto existen dos tipos de compresores que varían su cilindrada que es la fija y la variable.

El compresor de cilindrada fija son los que mantienen la misma cantidad de fluido en cada rotación esto se da porque en su cigüeñal en forma de plato no se puede variar el ángulo con respecto al árbol del compresor, la forma en que actúan estos compresores de cilindrada fija es mediante el embrague electromagnético que es controlada por un sensor de temperatura que se encuentra instalada a la salida del aire del evaporador, esta se desconecta cuando la temperatura del aire a la salida es tan baja que puede producir hielo en el evaporador.

El compresor de cilindrada variable tiene en su interior un cigüeñal en forma de plato que puede variar el ángulo que forma respecto al árbol del compresor girando alrededor de un punto es mucho mejor cuando el ángulo es mayor así también será el desplazamiento de los pistones esto quiere decir que será mayor la cilindrada del compresor esto nos sirve o facilita para no forzar al motor.

El modo en que actúa o de funcionamiento es cuando el ángulo de inclinación depende de la presión en el cárter, por medio de un orificio

calibrado existe constantemente una inyección de parte del gas comprimido hacia el cárter a mas de esto una válvula de control que pone en equilibrio las presiones de aspiración de salida y del cárter de este modo permitiendo la reinyección hacia la aspiración de la cantidad sobrante de fluido refrigerante en el cárter de esta manera pueda coincidir con las necesidades de refrigeración.

La válvula de control es la que lleva la variación de la cilindrada y al aumentar la cilindrada el flujo de refrigerante en circulación aumenta con lo que el frio generado es mayor y la temperatura en el evaporador bajara junto con la del habitáculo y la presión de succión disminuye hasta estar por debajo del valor de regulación de la válvula, esta válvula abre un paso entre la cámara de descarga y el cuerpo del compresor por lo que se eleva la presión en el cuerpo al mismo tiempo la válvula de control reduce el paso entre la cámara de aspiración y el cuerpo del compresor, la regulación del diferencial de presión produce una fuerza que actúa sobre cada una de las bases de los pistones, como resultado se obtiene un par de giro que por medio del plato oscilante hace variar el ángulo de la leva giratoria y por lo tanto el plato del cigüeñal se desplazara hacia al otro lado de este modo disminuirá la cilindrada.

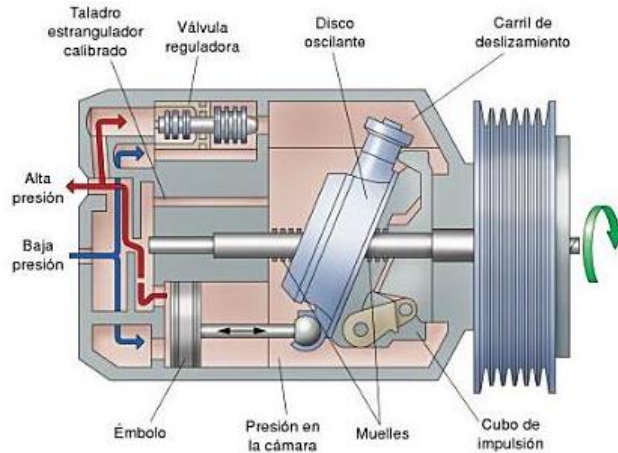


Figura 1.26 Compresor de cilindrada variable

1.12.1.2 Embrague electromagnético

En los compresores que se emplean en los equipos de climatización se utiliza un dispositivo especial llamado embrague electromagnético, que permite mantener solidario el compresor con el motor, es el elemento que posibilita la interrupción de la conexión entre el motor del vehículo y el compresor, la interrupción puede realizarse a voluntad del conductor o bien de forma automática cuando se alcanzado la temperatura adecuada.

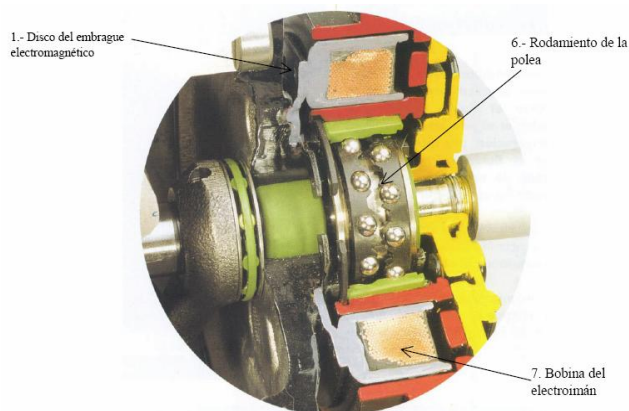


Figura 1.27 Componentes internos del embrague electromagnético

El modo de funcionamiento es cuando el motor del vehículo impulsa la polea libremente al estar desactivado el compresor, pero al estar activado el compresor se aplica en este caso una tensión eléctrica a la bobina esto hace que se genere un campo electromagnético, este campo atrae a la placa elástica contra la polea en rotación con lo cual se establece una transmisión de fuerza entre la polea y el eje de impulsión del compresor, el compresor gira solidariamente, pero solo acompaña el giro hasta que se interrumpa el circuito eléctrico hacia la bobina electromagnética, la placa elástica vuelve a su posición original impulsada por los muelles de la polea. La polea vuelve a girar, sin arrastrar el eje del compresor.

1.12.1.3 Condensador ^[31]

El condensador es un intercambiador de calor del sistema, cuyo trabajo es disipar el calor del refrigerante a la atmósfera. Los condensadores se construyen con una serie de tubos con aletas enfriadoras alrededor de ellos, igual como en otros intercambiadores de calor.

El refrigerante entra al condensador como vapor de alta presión, pero conforme fluye a través del condensador y se enfría, se regresa como líquido más frío, de alta presión.

^[31] EL CONDENSADOR; Manual Valeo Clim Service; España; 2001; págs. 6-7.

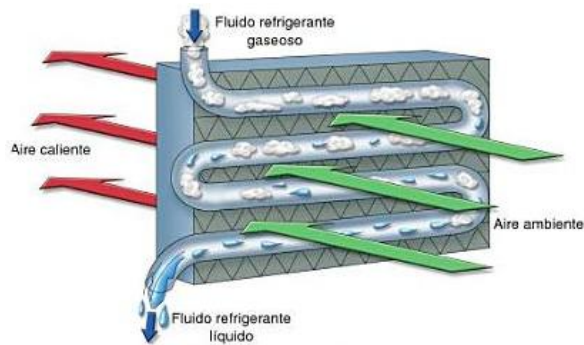


Figura 1.28 Intercambio térmico en un condensador

Para tener un buen flujo de aire siempre que el sistema esté en funcionamiento, los condensadores se colocan generalmente al frente del radiador, pero a veces, debido al diseño aerodinámico de la carrocería del vehículo, se coloca en otro lugar.

Muchos condensadores se hacen de aluminio, pero en el pasado algunos fueron hechos de cobre y de bronce. Los condensadores se parecen mucho a los radiadores, solo que son un poco más delgados.

Por lo general, las temperaturas del condensador oscilan entre 50 °C y 93 °C. Consecuentemente, las sobrepresiones oscilan entre 1050 kPa y 2100 kPa. Presiones anormalmente excesivas pueden presentarse si no es suficiente el paso de aire, esto puede ser causado por suciedad o porque algunas laminillas estén aplastadas.



Figura 1.29 Condensadores

Tipos de condensadores

- *Condensador de serpentín*

Están compuestos de un tubo plano extruido cuya sección ovoide esta dividida en 3 o 4 partes, con el fin de crear el mismo número de canales paralelos. Este tubo forma un serpentín, entre cuyos meandros se intercalan las aletas en acordeón. Los componentes son soldados por calor.

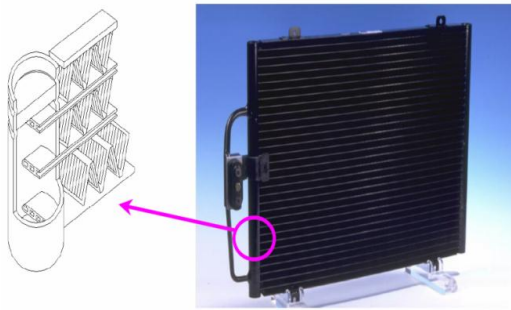


Figura 1.30 Condensador de tipo serpentín

- *Condensador de tubos y aletas*

Están constituidos de tubos cilíndricos en forma de horquilla, insertados paralelamente en un conjunto de aletas, que son expandidos mecánicamente para asegurar un buen contacto térmico con éstas. Se unen los tubos entre ellos en cada extremidad mediante codos. El conjunto forma uno o varios tubos serpentín por donde circula el fluido frigorífico.

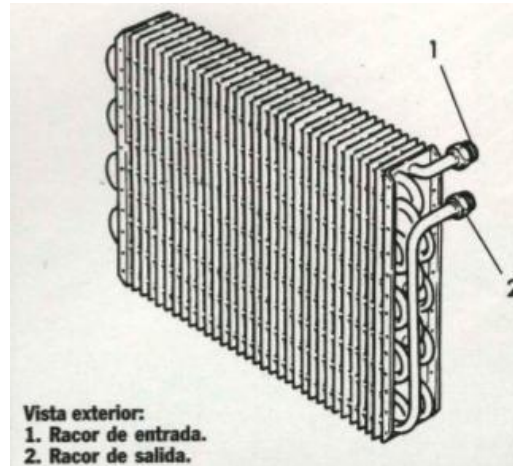


Figura 1.31 Condensador de tubo y aleta

1.12.1.4 Electroventilador del condensador ^[32]

Debido a la ubicación del condensador, delante del radiador, se reduce consecuentemente la cantidad de aire de paso. Al someter el motor a muy altos esfuerzos, siendo elevadas las temperaturas exteriores, puede conducir ello a que suba inadmisiblemente la temperatura en el sistema de refrigeración del motor y en el circuito del agente refrigerante, aumentando con ello excesivamente la presión.

Por ello, para asistir a la refrigeración del motor y de la instalación de acondicionamiento de aire, va dispuesto un ventilador eléctrico adicional delante del condensador para que sea de ayuda cuando la velocidad del vehículo es baja o está parado, con lo cual el caudal de aire debido a la marcha, es bajo o nulo; este ventilador eléctrico es conectado o desconectado por un conmutador de temperatura.

^[32] Sistemas de seguridad y confortabilidad; González, Miguel Ángel; Editorial Editex; España; 2007; págs. 39-40.



Figura 1.32 Electroventilador del condensador

1.12.1.5 Evaporador ^[33]

El evaporador, también llamado núcleo del evaporador refrigera, seca y limpia el aire que penetra en el habitáculo del vehículo. Estando la instalación de acondicionamiento de aire conectada se refrigera el aire que pasa entre las laminillas del núcleo del evaporador, condensándose en él la humedad existente en el aire. Al entrar en contacto con las superficies húmedas del evaporador, las partículas de polvo y polen, son retenidas y junto con el agua condensada, conducidas hasta el exterior a través de los tubos flexibles de evacuación dispuestos debajo de la caja de distribución del aire. La humedad absoluta en el habitáculo es reducida lo que reduce el empañado de los cristales al conducir con tiempo lluvioso, húmedo o frío.

El evaporador es un intercambiador térmico cuya función es indisoluble con la de la válvula termostática de expansión (válvula reductora o dosificación). Durante la evaporación, el fluido refrigerante absorbe la energía del aire impulsada por la turbina de ventilación del habitáculo del vehículo, que se enfría atravesando las tuberías del evaporador.

^[33] EL EVAPORADOR; Manual Valeo Clim Service; España; 2001; págs. 6-7.

La temperatura del agente refrigerante en el evaporador es regulada de modo que la humedad que se presenta no pueda helar la superficie del núcleo del evaporador, cosa que bloquearía el paso del aire. El control anti-congelación lo realiza la válvula de mando en el compresor. En cuanto se haya alcanzado en el evaporador la temperatura del agente refrigerante más baja admisible; es decir una determinada presión en el mismo, sin que se congele aún el evaporador, regula el compresor la cilindrada, reduciendo la cantidad de agente refrigerante hacia el evaporador.

Los evaporadores se hacen de aluminio. Estos son similares a los radiadores, solamente que más gruesos y más pequeños. Como los radiadores, los evaporadores contienen una serie de tubos internos o vías para el flujo con aletas de enfriamiento unidas a ellos. El aire puede pasar libremente a través de las aletas, igual que en un radiador.



Figura 1.33 Evaporador

Tipos de evaporadores

- *Evaporadores de serpentín*

Están compuestos de un solo tubo plano extruido que contiene múltiples canalizaciones internas con el fin de hacer circular el fluido. El tubo plano tiene forma de serpentín, y entre sus meandros están intercaladas las aletas en forma de acordeón. El conjunto es soldado por calor.

- *Evaporadores de tubos y aletas*

Están constituidos por tubos cilíndricos en forma de horquilla, insertados paralelamente entre unas aletas, y expandidos mecánicamente para favorecer los intercambios térmicos entre los tubos y las aletas. Los tubos se unen entre ellos en cada extremo mediante unos codos, de manera que se subdivide el intercambiador en varias secciones paralelas, de longitud e intercambio térmico idénticos. Cada sección está alimentada por un capilar por donde entra el fluido proveniente de un venturi que conecta dichos capilares con la válvula de expansión.

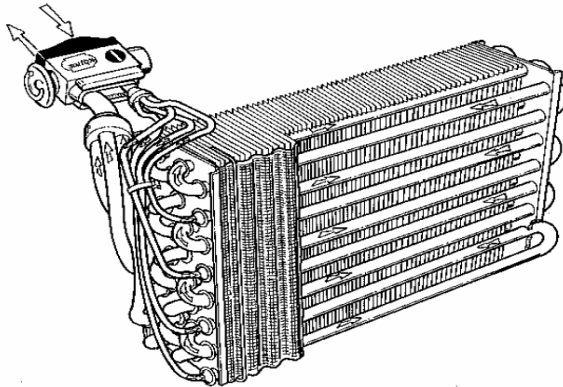


Figura 1.34 Evaporador de aletas

- *Evaporadores de placas*

Están sustituyendo progresivamente los evaporadores de tubos y aletas ya que resultan más económicos para grandes series.

El circuito está formado por placas colocadas unas sobre otras, en forma de cubetas. Entre dichos tubos planos se intercalan las aletas en forma de acordeón. El conjunto se galvaniza en un horno, al vacío o bajo una atmósfera neutra.

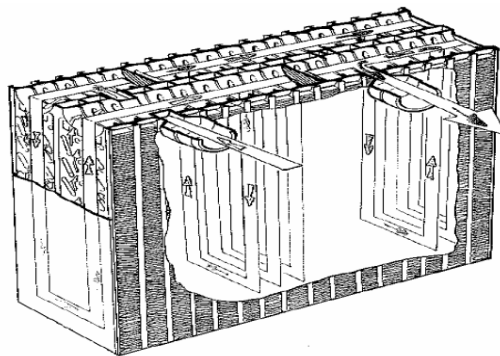


Figura 1.35 Evaporador de placas

1.12.1.6 Ventilador del evaporador ^[34]

Se usa para enviar el aire al interior del vehículo o el aire exterior entre las placas del evaporador y soplar este aire enfriado al interior del vehículo.

Los ventiladores se pueden en el tipo de flujo axial y el tipo centrifugo, dependiendo da la dirección del flujo de aire.

En el tipo de flujo axial, el aire aspirado paralelo al eje de rotación es soplado hacia fuera paralelo al eje de rotación.

En el tipo centrifugo, el aire aspirado paralelo al eje de rotación, es soplado perpendicular al eje de rotación, es decir en la dirección de la fuerza centrifuga.

- Tipo de flujo axial: ventilador de flujo axial-el ventilador más común.
- Tipo centrifugo: ventilador de turbina-robusto y aguanta altas velocidades.
- Ventilador “sirocco”-la velocidad del tamaño se puede reducir.
- Ventilador radial-puede girar en cualquier dirección para lanzar el aire, forma sencilla.

^[34] CALEFACTOR Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE; Toyota Motor Corporation; Japón, 1991; pág. 12.

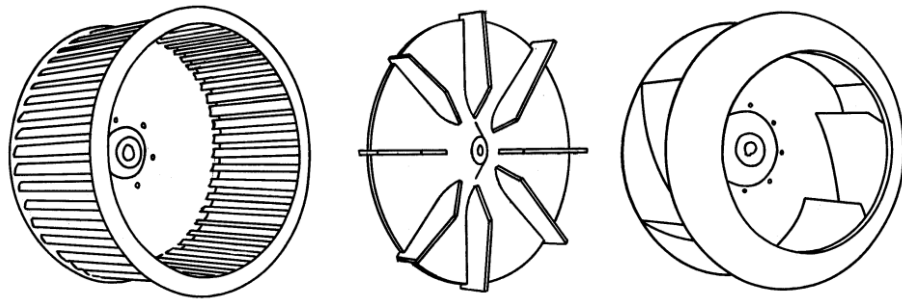


Figura 1.36 Tipos de Ventiladores

Los ventiladores que se usan en los acondicionadores de aire son del tipo de flujo axial y del tipo sirocco, el primero se usa como ventilador de enfriamiento del condensador y el otro como ventilador del reforzador del evaporador.

1.12.1.7 Motor del ventilador del evaporador

Este motor se usa para hacer girar el ventilador reforzador, que envía el aire forzado al interior del vehículo o el aire exterior a través del intercambiador térmico. La entrada del motor alcanza de 60 W a 200 W. La velocidad del motor está controlada por resistores de 3 a 6 etapas.

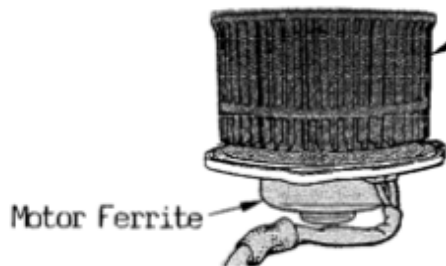


Figura 1.37 Motor del ventilador

1.12.1.8 Válvula de expansión termostática ^[35]

La válvula de expansión termostática produce una reducción drástica de la presión y de la temperatura del refrigerante y regula el flujo del mismo a introducir en el evaporador de manera que, en las diferentes condiciones de carga térmica, pueda evaporarse completamente mientras atraviesa el evaporador y, además, en el último tramo alcance un grado de recalentamiento mínimo, pero suficiente para garantizar la llegada al compresor en estado de vapor.

La válvula de expansión se encuentra en la entrada del evaporador y controla la cantidad de refrigerante que entra en él. Las válvulas de expansión tienen una varilla movable que se mueve hacia arriba y hacia abajo para abrir y cerrar el paso del refrigerante. La válvula no tiene que estar completamente abierta o cerrada, esta puede medir la cantidad precisa de refrigerante necesaria para satisfacer cualquier demanda de enfriamiento.

Esta válvula de expansión es la línea que divide la sección de alta y baja presión del sistema; conforme el refrigerante fluye por este conducto, su presión cae y se convierte en el líquido de baja presión.

Los componentes de una válvula de expansión termostática son los siguientes:

- El fluido frigorífico
- Una membrana

^[35] Sistemas de seguridad y confortabilidad; González, Miguel Ángel; Editorial Editex; España; 2007; págs. 41-42, 44-45.

- Un vástago
- Un apoyo intercalado entre el vástago y la membrana para no estropear esta última
- Un tubo de rellenado de bulbo
- Una cantidad de carbono activo (además del fluido frigorífico) en el bulbo en el caso de válvulas de expansión con carga de absorción.

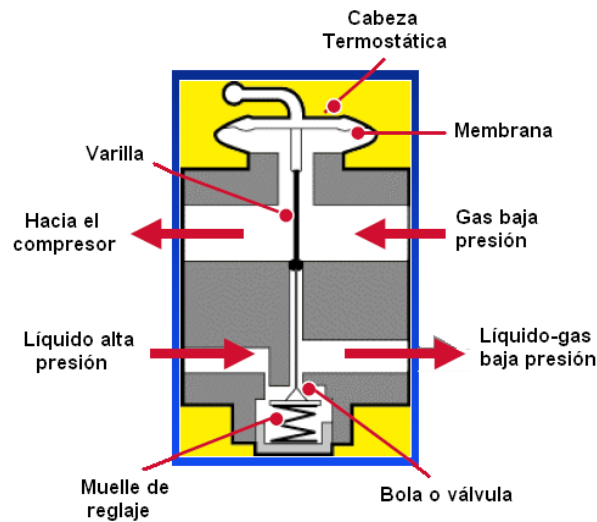


Figura 1.38 Componentes de válvula termostática

Tipos de válvulas de expansión

Las válvulas de expansión termostáticas pueden ser de equilibrado interno o externo de presión, estas últimas son utilizadas frecuentemente en los circuitos frigoríficos del automóvil; en forma de válvula mono bloque, a causa de su facilidad de montaje y de aislamiento térmico, así también hay otro tipo de circuito en donde en vez de usar la válvula de expansión se utiliza un tubo de orificio calibrado que realiza en este caso el trabajo de ésta.

- *Válvula de expansión con regulación interna*

Este tipo de válvula de expansión consta de un diafragma accionado por la presión de un fluido volátil contenido en una cápsula situada dentro del conducto de salida del evaporador.

El volumen del fluido volátil varía según la temperatura de los vapores que salen del evaporador. Mediante el vástago, controla el paso del fluido frigorífico. Así pues, con la válvula de expansión es posible llegar a controlar el rendimiento del sistema y también evitar la posible congelación del evaporador.

Este tipo de válvula tiene la ventaja de tomar el valor de la temperatura desde el interior del propio conducto, lo que da un control de la variación de temperatura mucho más rápida y menos afectada por la temperatura exterior.



Figura 1.39 Válvula de expansión con regulación interna

- *Válvula de expansión con regulación externa*

La válvula de expansión consta de una membrana sobre la que actúa, por un lado, la presión P_2 del vapor saliente del evaporador, y por la parte superior, la presión P_1 que obtiene el fluido volátil, es decir, es el fluido que varía su volumen dependiendo de la temperatura existente en el interior de un tubo de sonda, para tomar la temperatura que le transmite la carcasa del lado del conducto de salida del evaporador.

Si la temperatura es relativamente alta, lo cual indica que en el evaporador hay poco líquido refrigerante, la P_1 será alta, superará la P_2 y el muelle de regulación cederá, de forma que el vástago baje abriendo la válvula, y de este modo dar un mayor paso para el caudal del fluido frigorífico.

En cambio si la temperatura de salida del evaporador es relativamente baja, el fluido volátil se contrae, entonces, P_1 ya no puede superar la fuerza del muelle de regulación y la válvula cerrará el paso del fluido frigorífico. Esto irá fluctuando dependiendo de la temperatura transmitida al fluido volátil.



Figura 1.40 Válvula de expansión con regulación externa o de bloque

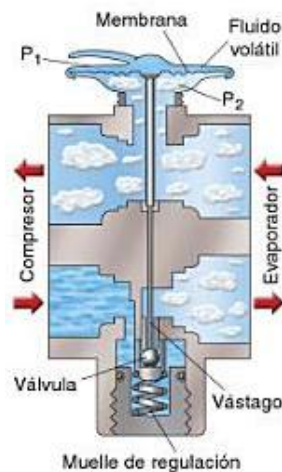


Figura 1.41 Estructura interna de la válvula de expansión con regulación externa

- *Tubo de Orificio calibrado o estrangulador*

El estrangulador consiste en un conducto calibrado que forma un estrechamiento que estrangula el paso del refrigerante, separando así el circuito de agente frigorífico en los lados de alta y baja presión.

Antes de llegar al estrangulador, el refrigerante está caliente, sometido a una alta presión. Después de atravesar éste, el agente frigorífico está frío y a baja presión.

Los tubos de orificio calibrado que en cualquier caso se posicionan antes del evaporador, tienen dispuesto antes del estrechamiento un tamiz para recoger la suciedad y así también detrás del estrechamiento hay otro tamiz, el cual se encarga de pulverizar el refrigerante.

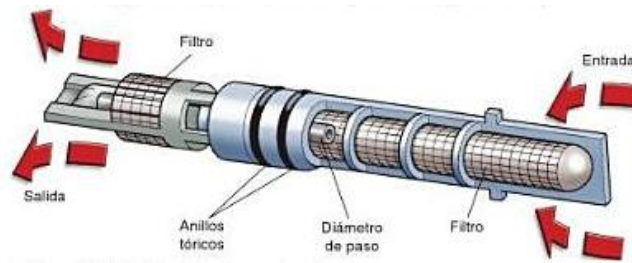


Figura 1.42 Orificio calibrado o estrangulador

1.12.2 Accesorios secundarios

1.12.2.1 Presóstato ^[36]

Su misión es interrumpir la señal eléctrica de activación del embrague electromagnético del compresor en caso de que la presión en el sistema sea incorrecta, bien por defecto o por exceso. Este conmutador o presostato puede estar ubicado en la tubería de alta o en el filtro deshidratador.

En muchos casos, además de actuar sobre el acoplamiento electromagnético del compresor, también lo hace sobre el ventilador del condensador. En este caso, se le denomina presóstato de tres funciones o trinario y funciona de la siguiente manera:

- Desconecta el circuito por debajo de unos 2 bares (presión mínima).
- Desconecta el circuito por encima de 32 bares (presión máxima).
- Conecta el electroventilador del condensador al alcanzar unos 16 bares (presión media de trabajo), desconectándolo cuando este valor sea inferior a 14 bares aproximadamente.

^[36] MÓDULO V60 MRA(III) CLIMATIZACIÓN; Valeo Clim Service; España; 2001; págs. 125-127.

En otros circuitos se incorporan a los sistemas de acondicionamiento de aire los presóstatos de cuatro funciones. La diferencia con los anteriores es que el electroventilador es de dos velocidades, con lo cual hay una conexión para la primera velocidad a partir de 15 bares, y otra conexión para la segunda velocidad a partir de 20 bares.

Así pues, con los presóstatos se evita cualquier incidencia causada por la presión en el interior del circuito sobre el funcionamiento del sistema.

Los circuitos con tubo de orificio fijo suelen protegerse con dos presostatos, uno en el circuito de baja y otro en el de alta.

El presóstato de baja, o interruptor cíclico de embrague, desactiva el compresor si la presión desciende por debajo de 1,7 bares aproximadamente. El de alta hace lo mismo si la presión sobrepasa los 30 bares.



Figura 1.43 Presóstato de tres funciones



Figura 1.44 Presóstato de cuatro funciones

1.12.2.2 Termostato ^[37]

El termostato es un elemento de seguridad que previene la aparición de hielo en el evaporador, en donde se encuentra situado entre sus aletas.

Es un captador de temperatura así como un interruptor que controla la parada o la puesta en marcha del compresor.

El corte del compresor se produce generalmente cuando la temperatura alcanza -1°C y vuelve a conectarse a 4°C .



Figura 1.45 Termostato del evaporador

^[37] MÓDULO V60 MRA(III) CLIMATIZACIÓN; Valeo Clim Service; España; 2001; págs. 129-131.

1.12.2.3 Deshidratador ^[38]

El deshidratador o también llamado secador o receptor, es un tanque de almacenamiento de líquido refrigerante del condensador. El líquido fluye dentro por la parte superior la cual contiene un desecante (agente químico de secado). Conforme el refrigerante fluye una abertura en la parte inferior del receptor será filtrado a través de una malla unida a un deflector en el fondo del receptor, con lo cual se atrapa la suciedad. El desecante absorbe cualquier humedad que pudiera entrar al sistema. Estas características previenen obstrucciones en la válvula de expansión o daños en el compresor.



Figura 1.46 Deshidratador

^[38] MANUAL DEL ESTUDIANTE, Principios aire acondicionado; Centro de entrenamiento técnico- General Motors; 2006; pág. 15.

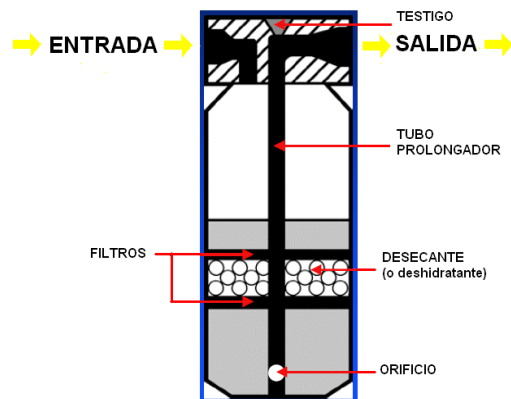


Figura 1.47 Esquema de una sección del Deshidratador

1.12.2.4 Canalizaciones o tuberías ^[39]

Las tuberías interconectan los diversos elementos que conforman el sistema para la circulación del agente frigorífico formando un circuito cerrado y estanco aislado del ambiente exterior, para esto se emplean materiales en la fabricación de las tuberías rígidas como el cobre, el acero o el aluminio, en función del tipo de gas utilizado en la instalación, pero para las tuberías flexibles se utilizan distintos tipos de caucho y nilón, racores y juntas, elementos de absorción de ruidos y válvulas.

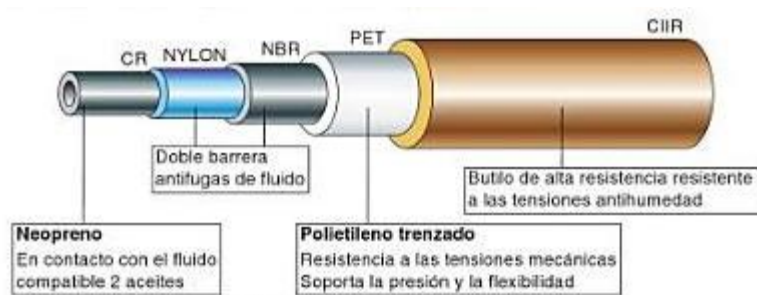


Figura 1.48 Tubería Flexible y sus componentes

^[39] MÓDULO V60 MRA(III) CLIMATIZACIÓN; Valeo Clim Service; España; 2001; págs. 105-109.



Figura 1.49 Tubería de aluminio

1.12.2.5 Ductos

Los ductos son los encargados de llevar el aire frío o caliente al interior del habitáculo.

Tipos de ductos

Los ductos de aire pueden clasificarse en cuatro tipos de acuerdo a sus funciones para transportar el flujo, así tenemos:

- a) *Ductos de alimentación:* son utilizados para suplir aire acondicionado a un espacio predeterminado.
- b) *Ducto de retorno:* el aire de un espacio acondicionado es retornado a la unidad.
- c) *Ducto de aire fresco:* es utilizado para que el aire del exterior sea transportado hacia la unidad o un cuarto ventilado.
- d) *Ducto de escape o alivio:* por medio de este se expulsa el aire de un espacio acondicionado o el aire contaminado de un área.

1.12.2.7 Refrigerante R-134a ^[40]

El refrigerante R-134a fue creado para conservación de la atmósfera, este compuesto por hidro-flúor-carbono (HFC), es decir, no contiene cloro y, por tanto, previene daños a la capa de ozono.

Este tipo de refrigerante R-134a que es un Tetrafluorometano, trabaja y se comporta de la misma manera que el R-12 solo que con mejores características.

No es inflamable, absorbe transporta y libera el calor eficientemente. Y se mezcla perfectamente con el aceite. Sin embargo el R-134a tiene algunas deficiencias:

- Es menos eficiente por lo que requiere un condensador más grande.
- Requiere un aceite refrigerante especial.
- Opera a una presión de descarga muy alta y requiere de mayor flujo de aire pasando a través del condensador, lo cual reduce en el sistema de refrigeración y en el desempeño del vehículo en tráfico intenso.

1.12.3 Accesorios de seguridad

1.12.3.1 Válvula de descarga por sobrepresión ^[41]

Esta válvula tiene como función proteger el circuito contra una presión

^[40] LOS FLUIDOS; Manual Valeo Clim Service; España; 2000; págs. 3-4.

^[41] <http://www.buscapieza.cl/AUDI-28.pdf>

excesiva, se encuentra situada en el compresor y está tarada a 37 – 39 bares. Si existiera una avería en el circuito, por la que la presión sobrepasara este valor, la válvula se abriría descargando parte del refrigerante a la atmósfera.

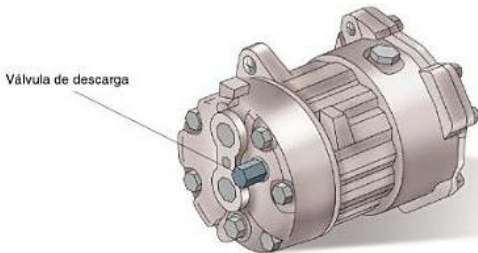


Figura 1.50 Posición de la válvula de descarga

1.12.3.2 Válvulas de servicio ^[42]

Las válvulas de servicio o llenado facilitan el llenado y vaciado del agente frigorífico del interior del circuito y posibilitan la verificación de las distintas presiones de funcionamiento.

Generalmente los circuitos montan dos válvulas de servicio, una en el lado de alta y otra en el lado de menor tamaño en el lado de baja presión en lugares accesibles para el mantenimiento del circuito.



Figura 1.51 Válvulas de servicio

^[42] Sistemas de seguridad y confortabilidad; González, Miguel Ángel; Editorial Editex; España; 2007; pág. 43.



Figura 1.52 Posición de las válvulas de servicio de alta y baja en su respectivo circuito

1.12.3.3 Regulador de presión del evaporador (EPR) ^[43]

Ayuda a regular la cantidad de refrigerante que fluye al compresor del evaporador y la presión en el evaporador se mantiene a 1.9 kg/cm²G ó mayor de manera que la temperatura de las aletas del evaporador no descienda a menos de 0 °C (32 °F).

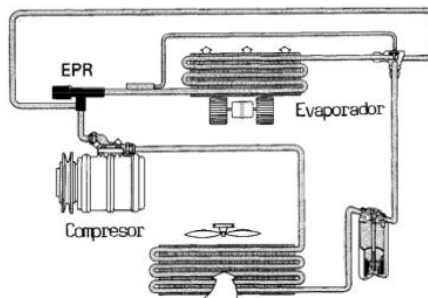


Figura 1.53 Ubicación del regulador de presión del evaporador (EPR)

1.12.3.4 Estabilizador de velocidad del motor

Si el compresor funciona el motor marcha al vacío, el rendimiento del motor es bajo y podría atascarse. Este dispositivo desconecta el embrague

^[43] CALEFACTOR Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE; Toyota Motor Corporation; Japón 1991; pág. 27.

electromagnético cuando la velocidad del motor es muy baja de un nivel predeterminado, para prevenir que el motor se atasque.

Un circuito de detección de la velocidad del motor que cuenta el número de pulsaciones generadas por el enrollamiento primario de la bobina de encendido es utilizado para detectar la velocidad del motor.

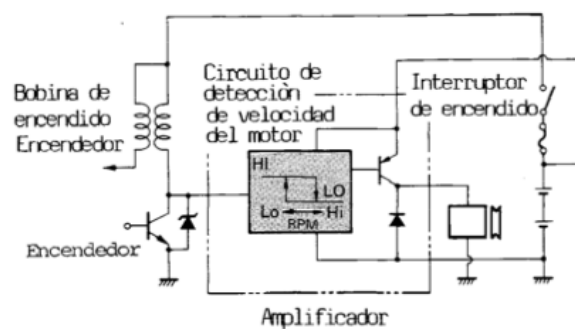


Figura 1.54 Circuito del estabilizador de velocidad del motor

1.12.3.5 Válvula de conmutación de vacío (VSV)

La válvula magnética está formada por la bobina del estator, el núcleo del estator, el núcleo móvil, el resorte.

Cuando no hay corriente en la bobina del estator, el resorte presiona el núcleo móvil y suelta el aire a través del tubo que va hacia el actuador ^[44].

La corriente que pasa a través de la bobina del estator magnetiza el núcleo del estator para atraer el núcleo móvil, conectando dos tubos el que va hacia el actuador y el de la fuente de vacío. Este movimiento desconecta el aire y

^[44] CALEFACTOR Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE; Toyota Motor Corporation; Japón 1991; págs. 27-28.

conecta el circuito de vacío.

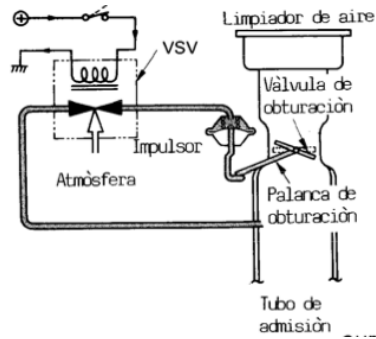


Figura 1.55 Circuito de la válvula de conmutación de vacío (VSV)

1.12.3.6 Sistema de protección de la correa del compresor

Si el compresor se bloquea debido a una falla, este sistema desconecta el embrague electromagnético y pone en marcha mínima al VSV para prevenir la rotura de la correa y también hace que la lámpara del interruptor del acondicionamiento de aire parpadee para informar al conductor del problema ^[45].

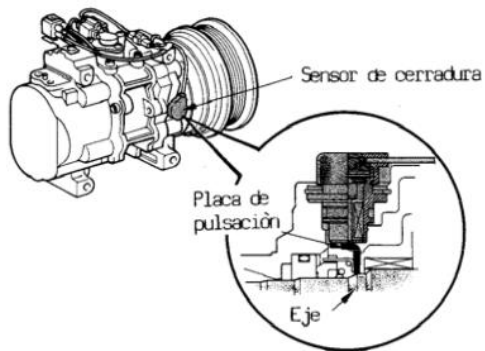


Figura 1.56 Sensor en el compresor que emite una señal para proteger la correa del compresor

^[45] CALEFACTOR Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE; Toyota Motor Corporation; Japón 1991; pág. 28.

1.13 Sensores, actuadores y microcontroladores

1.13.1 Relé

El relé o relevador, es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes ^[46].

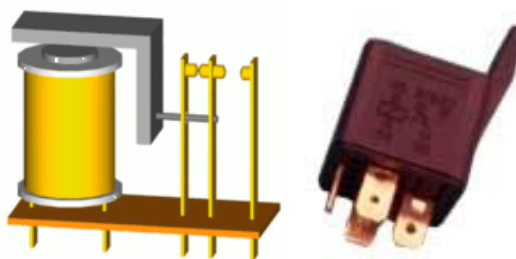


Figura 1.57 Estructura de un relé y su gráfico

1.13.2 Fusible

Los fusibles son dispositivos de seguridad para circuitos eléctricos que ofrecen un punto vulnerable que colapsa ante el aumento de tensión o intensidad en la corriente circulante, para proteger el circuito y los equipos que lo integren ^[47].



Figura 1.58 Fusibles

^[46] <http://www.sebyc.com/iesrog/tecnologia/rele.htm>

^[47] <http://www.bricolajecasero.com/electricidad/concepto-de-fusibles-y-sus-aplicaciones.php>

1.13.3 Controlador digital de temperatura con dos etapas MT-543Ri plus

El MT-543Ri plus es un controlador digital de temperatura, que posee tres salidas. Como es versátil, permite que la segunda etapa actúe ya sea para refrigeración, calefacción o alarma y la tercera etapa, además de funcionar como timer cíclico, puede actuar en conjunto con la primera en sistemas que necesiten ventilación mínima. También éste dispositivo a través de la salida serial RS-485, permite comunicación con el software SITRAD ^[48].



Figura 1.59 Controlador digital de temperatura con tres salidas MT-543Ri plus

1.13.4 Interfaz serial Conv32

La interface CONV32 de Full Gauge permite que los controladores con comunicación serial, sean conectados a una PC que posea un puerto de comunicación USB.

La interface se encarga entonces de transformar el estándar eléctrico utilizado por la PC al estándar eléctrico RS-485 utilizado por los controladores.

^[48] Catálogo del MT-543Ri plus; Full Gauge Controls; 2006.

La Full Gauge utiliza la red RS-485 para proporcionar mayor robustez y confiabilidad en la comunicación entre sus controladores y el Software Sitrad. La comunicación es establecida a dos hilos (A y B), pudiéndose efectuar así una comunicación Half-Duplex en que la PC es el máster y los controladores son esclavos ^[49].



Figura 1.60 Interfaz serial Conv32

1.13.5 Transformador de 110 – 12Vac de 20A

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de voltaje, en energía alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente por lo general enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo ^[50].

^[49] <http://www.fullgauge.com/es/PDF/CONV32.pdf>

^[50] www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r67758.DOCX

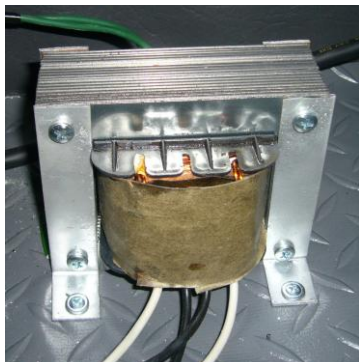


Figura 1.61 Transformador de voltaje de 110-12Vac de 20A.

1.13.6 Rectificador de voltaje

El rectificador de voltaje es un dispositivo que se encuentra formado por componentes eléctricos y electrónicos con la finalidad de proporcionar una energía eléctrica continua a partir de una alterna. El cambio de las características de la energía eléctrica se hace a partir de un puente de diodos y con la ayuda de un capacitor, este último filtra la energía ^[51].



Figura 1.62 Rectificador de voltaje de AC a DC

^[51] www.scribd.com/doc/6715139/rectificadores

1.13.6.1 Tensión de rizado ^[52]

La tensión de rizado se denomina a las variaciones de tensión que aparecen en la salida del filtro. Ésta se debe a las sucesivas cargas y descargas del condensador. Según la figura 1.61 la tensión de rizado será igual a la diferencia de las tensiones $V_1 - V_2$ y es V_1 el valor más alto de la tensión de salida y además corresponde con el valor instantáneo de la tensión a la que comienza a descargarse el condensador (t_1) y V_2 el valor más bajo de dicha tensión y se corresponde con el valor instantáneo de la tensión a la que termina la descarga del condensador (t_2).

$$V_{\text{riz}} = V_1 - V_2$$

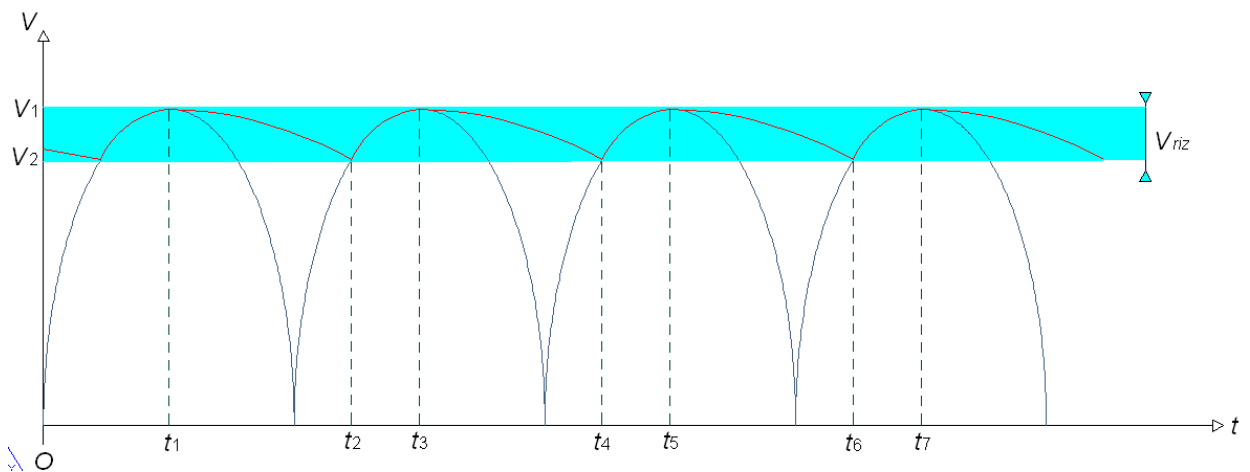


Figura 1.63 Voltaje de rizado

El voltaje de rizado se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_{\text{riz}} = I / f C$$

^[52] ELECTRÓNICA; San Miguel, Pablo A.; Paraninfo; Madrid-España; 2009; págs. 111-112

Donde:

V_{riz} = Tensión de rizado en voltios

I = Corriente de C.C. por la carga en Amperios.

f = Frecuencia del rizado en hertzios.

C = Capacidad del condensador en faradios.

Esta expresión nos indica que es posible reducir la tensión de rizado con condensadores de gran capacidad. Por otro lado, también nos indica que, según aumenta la corriente por la carga, al ser más rápidas las descargas del condensador, la tensión de rizado aumenta, disminuyendo, por tanto, el valor medio de la tensión de salida de la fuente de alimentación.

Esta última apreciación es muy importante a la hora de diseñar una fuente de alimentación que tenga que alimentar a cargas de potencia variable, ya que la tensión de salida se hará más pequeña para corrientes de carga elevadas.

CAPITULO 2

DISEÑO DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE

2.1 Diseño de la estructura del banco simulador

Para realizar el diseño de la estructura del banco simulador vamos a tomar como guía las dimensiones de una parte de la cabina de un vehículo, desde el tablero hasta el asiento del conductor; de donde se va a tener en cuenta el largo cuyo valor obtendremos midiendo entre la parte posterior del tablero al espaldar del asiento, el ancho es el que tiene el tablero, debido a que son necesarios todos los ductos y difusores de aire que posee el mismo. Por último el alto es el que tiene la carrocería.

Decidimos realizar un banco simulador con las medidas y hermeticidad reales de un vehículo para poder utilizar un sistema de acondicionamiento de aire automotriz y no tener que hacer otro tipo de diseño en el cual se requieran diferentes adaptaciones de los distintos componentes que posee dicho sistema, o elaboración de los mismos, lo cual implicaría más tiempo y gastos para su desarrollo.

Así también tomamos en cuenta la posición que tienen los componentes del sistema de acondicionamiento de aire en un vehículo y en la mayoría se encuentran en la parte delantera, para obtener con ello un correcto funcionamiento del mismo, por lo que decidimos ubicarlos a éstos en la parte frontal del banco simulador.

No realizamos un cálculo estructural debido a que el banco simulador, no es una máquina funcional y no va a estar sometido a grandes esfuerzos, otra

razón por la que no se tomó en cuenta, está relacionada a que su peso no es considerable.

Para facilitar el movimiento del banco simulador de un lugar a otro, colocamos en la base garruchas, dos móviles en la parte del frente y dos fijas en la parte trasera.

Los planos de la estructura del banco simulador se encuentran en el Anexo A.

2.2 Diseño del acondicionamiento del aire

El acondicionamiento del aire en un vehículo es muy importante y para éste tomaremos en cuenta algunos parámetros para su diseño como temperatura, humedad, cantidad de aire, confort, pureza y lugar en donde se lo utiliza. Teniendo presente estos factores fundamentales, procederemos a realizar los respectivos cálculos.

Cabe recalcar que la refrigeración la vamos a realizar por medio del aire acondicionado automotriz, mientras que la calefacción será realizada con la ayuda de una resistencia incorporada en el evaporador y no por medio de agua como viene normalmente en los vehículos, ya que no disponemos de un motor de combustión interna, para que funcione de esa manera.

2.2.1 Datos de Cálculo

Como parámetros iniciales para el cálculo, vamos a tomar en cuenta a la ciudad de Latacunga con sus respectivos datos climáticos, debido a que el proyecto estará destinado a ser utilizado en dicha ciudad. Al calcular la carga de refrigeración vamos a tomar en cuenta los meses de mayo a octubre, período que corresponde al verano en la sierra, es por eso que en la tabla 2.1 tenemos valores del mes de octubre, consultados del INAMHI.

Tabla 2.1 Datos Climáticos de Latacunga

Parámetros	Valor	Unidades
Temperatura de Rocío	8.5	°C
Humedad Relativa del aire	69	%
Tensión de vapor	11.3	Hpa
Velocidad del viento	5.6	km/h

Fuente: Anuario climático 2006 (INAMHI)

2.2.2 Cálculo de Cargas de Refrigeración

Para el cálculo de pérdidas de calor es necesario ver los Planos 7.1 y 7.2 del banco simulador, que se encuentran en el Anexo A, para tomar en cuenta las dimensiones de cada parte del mismo, que vamos a calcular.

2.2.2.1 Paredes

Como se puede observar en los planos del banco simulador, vamos a tener cuatro tipos de paredes, las cuales van a ser panel de espuma poliuretano, de poliestireno vidrio y madera, para lo cual procederemos a calcular el área de

cada parte de pared y utilizando la ecuación 1.1 vamos a obtener la pérdida de calor en esta parte.

Área del panel de espuma de poliuretano (ft²)

$$A1 = 1,82 \text{ m}^2 = 19,590 \text{ ft}^2$$

$$A2 = 1,281 \text{ m}^2 = 13,795 \text{ ft}^2$$

$$A3 = 0,593 \text{ m}^2 = 6,382 \text{ ft}^2$$

$$A_{\text{TOTAL}} = A1 + A2 + A3$$

$$A_{\text{TOTAL}} = 19,590 + 13,795 + 6,382 = 39,767 \text{ ft}^2$$

Tomando en cuenta el valor del coeficiente global de transferencia de calor (U) para el panel de espuma de poliuretano que se encuentra en la tabla 7.1 del Anexo A, tomando en cuenta que el espesor es de 2 pulgadas, tenemos:

$$U_{\text{EP}} = 0,08 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

Para calcular la diferencia de temperaturas, tendremos en cuenta los datos climáticos de la ciudad de Latacunga que se encuentran en la Tabla 2.2, vamos a tomar los valores de temperatura extrema máxima y mínima, utilizando el promedio de éstas. Mientras que para el banco simulador este valor será tomado de la temperatura de confort para el cuerpo humano, que ya fue descrito en la primera parte del capítulo 1. El resultado de la diferencia de temperaturas, servirá para todos los parámetros restantes en donde se requiera dicho valor.

Tabla 2.2 Análisis climático del 11-20 de abril del 2010

Estación	Temperatura Extrema °C	
	Máxima	Mínima
Latacunga Aer.	22,6	7,6

Fuente: INAMHI

$$T_{\text{ext}} = 15,1 \text{ °C (59,18 °F)}$$

$$T_{\text{int}} = 25 \text{ °C (77 °F)}$$

$$\Delta T = T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}$$

$$\Delta T = 25 - 15,1 = 9,9 \text{ °C} = 49,82 \text{ °F}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 1.1

$$Q1 = U_{\text{EP}} \times A_{\text{TOTAL}} \times \Delta T$$

$$Q1 = 0,08 \times 39,767 \times 49,82 = 158,495 \text{ BTU/h}$$

Área del panel de espuma de poliestireno (ft²)

$$A4 = A5 = 0,377 \text{ m}^2 = 4,057 \text{ ft}^2$$

$$A_{\text{TOTPOL}} = A4 + A5 = 8,114 \text{ ft}^2$$

Para obtener U_{EPL} , escogemos el valor más aproximado dado en la tabla 7.1 del Anexo A, teniendo en cuenta al material que vamos a utilizar, en este caso elegimos espuma de poliestireno de 3 pulgadas de espesor.

$$U_{\text{EPL}} = 0,07 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-°F}$$

$$Q2 = U_{\text{EPL}} \times A_{\text{TOTPOL}} \times \Delta T$$

$$Q2 = 0,07 \times 8,114 \times 49,82 = 28,296 \text{ BTU/h}$$

Área para la madera (ft²)

$$A_6 = 0,884 \text{ m}^2 = 9,515 \text{ ft}^2$$

Para obtener el valor de U_M , escogemos el valor más aproximado de la tabla 7.1 del Anexo A, teniendo en cuenta a la madera y su espesor.

$$U_M = 0,85 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$$Q_3 = U_M \times A_6 \times \Delta T$$

$$Q_3 = 0,85 \times 9,515 \times 49,82 = 402,931 \text{ BTU/h}$$

Área para el vidrio

$$A_7 = 1,014 \text{ m}^2 = 10,914 \text{ ft}^2$$

$$A_8 = A_9 = 0,102 \text{ m}^2 = 1,097 \text{ ft}^2$$

$$A_{\text{VIDRIO}} = A_7 + A_8 + A_9 = 13,108 \text{ ft}^2$$

El coeficiente de transferencia de calor (U) del vidrio lo obtenemos en la tabla 7.2 del Anexo A en donde vamos a escoger el valor más aproximado según el tipo de vidrio.

$$U_{\text{VID}} = 1,04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$$Q_4 = U_{\text{VID}} \times A_{\text{VIDRIO}} \times \Delta T$$

$$Q_4 = 1,04 \times 13,108 \times 49,82 = 679,162 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{\text{PARED}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_{\text{PARED}} = 158,495 + 28,296 + 402,931 + 679,162 = 1268,884 \text{ BTU/h}$$

2.2.2.2 Piso

El material para el piso va a ser panel de espuma de poliestireno, por lo que vamos a escoger el mismo coeficiente global de transferencia de calor (U) que utilizamos para la pared de espuma de poliestireno que se encuentra en la tabla 7.1 del Anexo A.

$$U_{EPL} = 0,07 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F}$$

Después de tener el U_{EPL} , obtenemos el área y calculamos con la ecuación 1.1

$$A_{10} = 1,95 \text{ m}^2 = 20,989 \text{ ft}^2$$

$$Q_{PISO} = 0,07 \times 20,989 \times 49,82 = 73,197 \text{ BTU/h}$$

2.2.2.3 Techo

Para calcular la parte del techo, el cual es de acero inoxidable (tol), realizamos el procedimiento similar que con el piso teniendo en cuenta los parámetros que varían para su cálculo, vamos a tomar el valor del coeficiente global de transferencia de calor (U), que se encuentra en la tabla 7.6 del Anexo A.

$$U_{TECHO} = 8,7 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F}$$

$$A_{11} = 11,614 \text{ ft}^2$$

$$Q_{TECHO} = 8,7 \times 11,614 \times 49,82 = 5033,902 \text{ BTU/h}$$

2.2.2.4 Puerta

La puerta va a ser de espuma de poliuretano y para obtener U_{PUERTA} , escogemos el mismo valor del coeficiente que utilizamos en la parte de la pared, que se encuentra en la tabla 7.1 del Anexo A.

$$U_{\text{PUERTA}} = 0,08 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$$A_{12} = 0,878 \text{ m}^2 = 9,450 \text{ ft}^2$$

$$Q_{\text{PUERTA}} = 0,08 \times 9,450 \times 49,82 = 37,663 \text{ BTU/h}$$

2.2.2.5 Infiltración o Ventilación del aire exterior

Para calcular la infiltración o ventilación vamos a utilizar las ecuaciones 1.4 y 1.5

a) Infiltración de aire sobre la pérdida de calor sensible

Para obtener la velocidad de infiltración o ventilación del aire (CFM) vamos a leer su valor en la tabla 1.1, en la cual nos indica que se usan 6 a 8 CFM por persona en un automóvil, para lo cual vamos a escoger el valor mínimo de 6 CFM por persona.

$$Q_S = 1,1 \times 6 \times 49,82 = 328,812 \text{ BTU/h}$$

b) Infiltración de aire sobre la pérdida de calor latente

Para calcular W'_i y W'_e usaremos la figura 7.3 del Anexo A, tomando como referencia los valores descritos anteriormente de humedad relativa y temperatura exterior e interior para obtener las relaciones de

humedad exterior e interior respectivamente. El valor de la humedad relativa interior se ha obtenido de la figura 1.6, la cual nos da el rango adecuado para el confort térmico humano.

$$\text{CFM} = 6$$

$$\text{- HR} = 50\% , T_{\text{int}} = 77 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$W'_i = 68,5 \text{ g agua/lb a.s.}$$

$$\text{- HR} = 69\% , T_{\text{ext}} = 59,18 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$W'_e = 50,8 \text{ g agua/lb a.s.}$$

$$Q_L = 0,68 \times \text{CFM} \times (W'_i - W'_e)$$

$$Q_L = 0,68 \times 6 \times (68,5 - 50,8) = 72,216 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{\text{INF}} = Q_S + Q_L = 328,812 + 72,216 = 401,028 \text{ BTU/h}$$

c) Ventilación

Para realizar el cálculo de la carga de ventilación se realiza con las ecuaciones 1.4 y 1.5, por lo que vamos a obtener el mismo valor de pérdida de calor que obtuvimos al calcular la infiltración.

$$Q_{\text{VENT}} = 401,028 \text{ BTU/h}$$

2.2.2.6 Alumbrado

Para esta parte usaremos la ecuación 1.6

$$\text{Potencia del foco (W)} = 21 \text{ W}$$

$$\text{FB} = 1.0 \text{ porque es un foco incandescente}^{[53]}$$

$$FCE = 1.0$$

$$Q_{AL} = 3,4 \times W \times FB \times FCE$$

$$Q_{AL} = 3,4 \times 21 \times 1 \times 1 = 71,4 \text{ BTU/h}$$

2.2.2.7 Personas

Para esta parte vamos a utilizar las ecuaciones 1.7 y 1.8, así también para escoger la tasa de ganancia de calor sensible (q_s) y latente (q_l), tomamos en cuenta para este diseño a una persona que está sentada en reposo, este valor lo leemos en la tabla VI.3 del Anexo A.

Calor sensible

$$Q_s = q_s \times n \times FCE$$

$$q_s = 210 \text{ BTU/h}$$

$$n = 1$$

$$FCE = 1$$

$$Q_s = 210 \times 1 \times 1 = 210 \text{ BTU/h}$$

Calor Latente

$$Q_l = q_l \times n$$

$$q_l = 140 \text{ BTU/h}$$

$$Q_l = 140 \times 1 = 140 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{PERSONA} = Q_s + Q_l = 210 + 140 = 350 \text{ BTU/h}$$

^[53] ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, PRINCIPIOS Y SISTEMAS; PITA Edward; CECOSA; 1994; Pág. 149.

2.2.2.8 Equipo motorizado

El equipo motorizado que se va a encontrar en la cabina es el motor del ventilador del evaporador, el cual posee 1/4 de potencia. El valor que tomamos, se debe a que en la mayoría de autos que tienen aire acondicionado, se usa un motor del ventilador con esa misma potencia. Para obtener la pérdida de calor vamos a ver su valor en la tabla 7.4 del Anexo A.

$$Q_{\text{MOTOR}} = 360 \text{ BTU/h}$$

2.2.2.9 Ductos

Para realizar el cálculo de los ductos, vamos a utilizar la ecuación 1.1, en donde el área será de la superficie del ducto.

$$S = 0,984 \text{ ft}$$

$$L = 1,542 \text{ ft}$$

$$A = S \times L$$

$$A = 0,984 \times 1,542 = 1,517 \text{ ft}^2$$

Pero como son para dos ductos similares entonces tendremos que:

$$A = 3,034 \text{ ft}^2$$

Debido a que no tenemos una tabla en el cual podamos obtener el valor para el coeficiente global de transferencia de calor de los ductos, vamos a tomar el valor siguiente: $U_{\text{DUCTO}} = 0,25 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$ ^[54]

^[54] ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, PRINCIPIOS Y SISTEMAS; PITA Edward; CECOSA; 1994; Pág. 161.

$$Q_{\text{DUCTO}} = 0,25 \times 3,034 \times 49,82 = 37,788 \text{ BTU/h}$$

2.2.2.10 Calor Total de Refrigeración

$$Q_{TOTAL} = Q_{PARED} + Q_{PISO} + Q_{TECHO} + Q_{PUERTA} + Q_{INF} + Q_{VENT} + Q_{AL} + Q_{PERSONA} + Q_{MOTOR} + Q_{DUCTO}$$

$$Q_{TOTAL} = 1268,884 + 73,197 + 5033,902 + 37,663 + 401,028 + 401,028 + 71,4 + 350 + 360 + 37,788$$

$$Q_{TOTAL} = 8034,89 \text{ BTU/h}$$

Al Q_{TOTAL} se le suma el factor de seguridad $\eta = 10\%$ ^[55], quedando entonces:
 $8034,89 \times 0,10 = 803,489 \text{ BTU/h}$

$$Q_{TOTAL} = 8034,89 + 803,489 = 8838,379 \text{ BTU/h}$$

2.2.2.11 Carga de Refrigeración por hora

Como sabemos el banco simulador no va a estar funcionando todo el tiempo, por lo que el valor de la *Pérdida de Calor Total* se divide para el número de horas de funcionamiento del mismo. Es por esto que el valor de la carga total la vamos a dividir para 4 horas de funcionamiento diarias, valor que hemos estimado, de acuerdo al uso del aire acondicionado que daría una persona que tiene su propio vehículo para desplazarse a sus labores y que no utiliza al mismo como herramienta de trabajo.

^[55] Seguridad industrial y salud; Asfah, Ray C. ; Pearson Educación, 4ta edición; 2000; Pág. 52.

Las 4 horas detalladas quedan de la siguiente manera:

- En la mañana 60 minutos de uso de la calefacción.
- En la tarde dependiendo del clima, 90 minutos de uso de calefacción o aire acondicionado.
- En la noche 90 minutos de uso de calefacción.

Dividiendo entonces la carga total de refrigeración para 4 horas tenemos:

$$Q_{\text{TOTAL}} = 8838,379 / 4 = 2209,594 \text{ BTU/h} = 0,868 \text{ HP} = 646,527 \text{ W}$$

2.2.2.12 Potencia de los componentes de aire acondicionado

Una vez obtenido el Q_{TOTAL} de la carga de refrigeración, procedemos a tomar los datos de la figura 7.4 del Anexo A, en donde nos dará los valores de entalpía de en cada punto del ciclo, con los cuales podremos calcular la potencia de cada uno de los componentes del sistema de aire acondicionado.

Datos:

$$h_A = 426 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_{B'} = 460 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_C = h_D = 285 \text{ KJ/Kg}$$

Primero vamos a obtener la diferencia de entalpía para cada componente, usando las ecuaciones correspondientes.

Para calcular el trabajo mecánico del compresor usaremos la ecuación 1.9

$$W_C = h_{B'} - h_A = 460 - 426$$

$$W_C = 34 \text{ KJ/Kg}$$

Para calcular el calor cedido del refrigerante al medio condensante vamos a usar la ecuación 1.10, cabe recalcar que el valor nos va a salir negativo por el motivo de que el condensador absorbe calor.

$$Q_{cond} = h_C - h_B = 285 - 460$$

$$q_{cond} = -175 \text{ KJ/Kg}$$

Para calcular la cantidad de calor absorbida por el refrigerante en el evaporador o efecto refrigerante, usaremos la ecuación 1.11

$$q_0 = h_A - h_D = 426 - 285$$

$$q_0 = 141 \text{ KJ/Kg}$$

Después de haber calculado la diferencia de entalpía para cada uno de los componentes, procedemos a calcular el flujo másico del refrigerante circulado para producir la capacidad de refrigeración requerida para nuestro proyecto, tomando el valor de calor total de refrigeración y utilizando la ecuación 1.12

$$m = Q_{TOTAL} / q_0 = 0,646 / 141$$

$$m = 0,0458 \text{ Kg/s}$$

a) Potencia teórica del compresor

Tomando los datos ya calculados y reemplazando en la ecuación 1.13 tenemos:

$$P_C = m \times W_C = 0,0458 \times 34$$

$$P_C = 1,5572 \text{ KW}$$

b) Potencia teórica del condensador

Para obtenerla utilizaremos la ecuación 1.14

$$P_{\text{cond}} = m \times q_{\text{cond}} = 0,0458 \times 175$$

$$P_{\text{cond}} = 8,015 \text{ KW}$$

c) Potencia teórica del evaporador

La obtenemos al reemplazar la ecuación 1.15

$$P_{\text{ev}} = m \times q_0 = 0,0458 \times 141$$

$$P_{\text{ev}} = 6,457 \text{ KW}$$

d) Potencia real del compresor

Esta se obtiene al calcular primero el rendimiento indicado por medio de la ecuación 1.16.

$$\eta_i = (h_{B'} - h_A) / (h_B - h_A) = (460 - 426) / (480 - 426) = 0,629$$

Una vez obtenido el rendimiento indicado, procedemos a reemplazar los valores en la ecuación 1.17, para obtener la potencia real de compresión.

$$Pr = P_C / \eta_i = 1,5572 / 0,629 = 2,475 \text{ KW}$$

e) Potencia del motor eléctrico del compresor

La potencia del motor la obtenemos al reemplazar los datos en la ecuación 1.18, los valores de las pérdidas mecánicas y eléctricas se tomaron del literal 1.9.1 del capítulo 1.

$$P = P_r / \eta_m \times \eta_e = 2,475 / 0,9 \times 0,95 = 2,894 \text{ KW} = 3,88\text{HP}$$

f) Potencia de la válvula de expansión termostática

La potencia de la válvula de expansión termostática se obtiene con los datos que tomamos de la figura 7.4 del Anexo A.

$$T \text{ evaporación} = 0^\circ\text{C}$$

$$T \text{ condensación} = 60^\circ\text{C}$$

$$T \text{ subenfriamiento} = 20^\circ\text{C}$$

$$P \text{ evaporación} = 3\text{bar}$$

$$P \text{ condensación} = 20\text{bar}$$

Teniendo que la temperatura de subenfriamiento es 20°C y la del condensador 60°C , entonces vamos a sacar T1:

$$T1 = T_{\text{cond}} - T_{\text{sub}} = 60 - 20 = 40^\circ\text{C}$$

Con este valor y la temperatura de evaporación vamos a la tabla 7.7 del Anexo A, donde obtenemos que: $F1 = 1,07$

Ahora vamos a sacar el factor de corrección F2, por medio de la diferencia de presión entre la etapa de condensación y evaporación.

$$\Delta P = P_{\text{cond}} - P_{\text{evap}} = 20 - 3 = 17\text{bar.}$$

Con este valor vamos a la tabla 7.8 del Anexo A, donde obtenemos que:

$$F2 = 0,78$$

Una vez obtenidos los dos factores de corrección F1 y F2, procedemos a calcular la potencia de la válvula de expansión termostática, con la ayuda de la ecuación 1.19

$$P_n = Q_{TOTAL} \times F1 \times F2$$

Tomamos el valor de la potencia de la capacidad frigorífica total que calculamos anteriormente en este capítulo, la cual es $Q_{TOTAL} = 2,586 \text{ KW}$. Reemplazando los datos en la ecuación anterior tenemos:

$$P_n = 2,586 \times 1,07 \times 0,78 = 2,158 \text{ KW} = 0,613 \text{ Tons}$$

2.2.3 Cálculo de Cargas de Calefacción

Se realiza de manera similar al cálculo de la carga de refrigeración, pero se modifica la temperatura, ya que el cálculo de las cargas de calefacción se da en el invierno que empieza por el mes de marzo^[56], por lo cual hemos tomado, la temperatura del mes de junio.

^[56] http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/eclimaticos_caracteristicas.htm

Tabla 2.3 Parámetros climáticos de Latacunga en invierno

Mes	Junio
Temperatura máxima registrada (°C)	20,4
Temperatura mínima registrada (°C)	7,4

Fuente: http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/bmensual/junio/junio_analisis.htm

La humedad relativa para el invierno es de 77%, según la tabla 7.5 del Anexo A.

2.2.3.1 Paredes

Área del panel de espuma de poliuretano (ft²)

$$A_{\text{TOTAL}} = 39,767 \text{ ft}^2$$

$$U_{\text{EP}} = 0,08 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

Tomando el valor de temperatura de la tabla 2.3, sacando un promedio de la temperatura diaria máxima y mínima, tenemos:

$$T_{\text{ext}} = 13,9 \text{ }^\circ\text{C} (55,4 \text{ }^\circ\text{F})$$

$$T_{\text{int}} = 25 \text{ }^\circ\text{C} (77 \text{ }^\circ\text{F})$$

$$\Delta T = T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}$$

$$\Delta T = 25 - 13,9 = 11,1 \text{ }^\circ\text{C} = 51,98 \text{ }^\circ\text{F}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 1.1 tenemos:

$$Q1 = U_{\text{EP}} \times A_{\text{TOTAL}} \times \Delta T$$

$$Q1 = 0,08 \times 39,767 \times 51,98 = 165,367 \text{ BTU/h}$$

Área del panel de espuma de poliestireno (ft²)

$$A_{\text{TOTAL}} = 8,114 \text{ ft}^2$$

$$U_{\text{EPL}} = 0,07 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$$Q2 = U_{\text{EPL}} \times A_{\text{TOTAL}} \times \Delta T$$

$$Q2 = 0,07 \times 8,114 \times 51,98 = 29,523 \text{ BTU/h}$$

Área para la madera (ft²)

$$A_{\text{TOTAL}} = 9,515 \text{ ft}^2$$

$$U_{\text{M}} = 0,85 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$$Q3 = U_{\text{M}} \times A_{\text{M}} \times \Delta T$$

$$Q3 = 0,85 \times 9,515 \times 51,98 = 420,401 \text{ BTU/h}$$

Área para el vidrio

$$A_{\text{TOTAL}} = 13,108 \text{ ft}^2$$

$$U_{\text{VID}} = 1,04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$$Q4 = U_{\text{VID}} \times A_{\text{VIDRIO}} \times \Delta T$$

$$Q4 = 1,04 \times 13,108 \times 51,98 = 708,607 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{\text{PARED}} = Q1 + Q2 + Q3 + Q4$$

$$Q_{\text{PARED}} = 165,367 + 29,523 + 420,401 + 708,607 = 1323,898 \text{ BTU/h}$$

2.2.3.2 Piso

Tomamos los valores ya calculados en la parte de cargas de refrigeración teniendo:

$$U_{EPL} = 0,07 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$$A_{10} = 20,989 \text{ ft}^2$$

$$Q_{PISO} = 0,07 \times 20,989 \times 51,98 = 76,370 \text{ BTU/h}$$

2.2.3.3 Techo

$$U_{TECHO} = 8,7 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$$A_{11} = 11,614 \text{ ft}^2$$

$$Q_{TECHO} = 8,7 \times 11,614 \times 51,98 = 5252,152 \text{ BTU/h}$$

2.2.3.4 Infiltración y ventilación

Al igual que para la parte de cargas de refrigeración, para calcular la infiltración o ventilación vamos a utilizar las ecuaciones 1.4 y 1.5

Infiltración de aire sobre la pérdida de calor sensible

$$\text{CFM} = 6$$

$$Q_S = 1,1 \times 6 \times 53,6 = 353,76 \text{ BTU/h}$$

Infiltración de aire sobre la pérdida de calor latente

$$\text{CFM} = 6$$

- HR = 50%, $T_{\text{int}} = 77 \text{ }^\circ\text{F}$

$$W'_i = 68,5 \text{ g agua/lb a.s.}$$

$$\text{- HR} = 77\%, T_{\text{ext}} = 55,4 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$W'_e = 50 \text{ g agua/lb a.s.}$$

$$Q_L = 0,68 \times \text{CFM} \times (W'_i - W'_e)$$

$$Q_L = 0,68 \times 6 \times (68,5 - 50) = 75,48 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{\text{INF}} = Q_S + Q_L = 353,76 + 75,48 = 429,24 \text{ BTU/h}$$

2.2.3.5 Calor total de Calefacción

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{PARED}} + Q_{\text{PISO}} + Q_{\text{TECHO}} + Q_{\text{INF}}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 1323,898 + 76,370 + 5252,152 + 429,24$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 7081,66 \text{ BTU/h}$$

Al Q_{TOTAL} se le suma el factor de seguridad $\eta = 10\%$, quedando entonces:

$$7081,66 \times 0,10 = 708,166 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 7081,66 + 708,166 = 7789,826 \text{ BTU/h}$$

Al igual que con la carga de refrigeración vamos a dividir para 4 horas, las cuales son el tiempo de funcionamiento aproximado del banco simulador.

$$Q_{\text{TOTAL}} = 7789,826 / 4 = 1947,456 \text{ BTU/h} = 0,765 \text{ HP} = 569,825 \text{ W}$$

2.2.4 Cálculo de la relación de transmisión

La relación de transmisión (i), de las polea del motor y del compresor de aire acondicionado automotriz se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$i = N_m/N_c = d_c/d_m$$

Donde:

N_m = número de revoluciones de la polea motriz

N_c = número de revoluciones de la polea conducida

d_c = diámetro de la polea conducida

d_m = diámetro de la polea motriz

Calculando la relación de transmisión con las revoluciones de las poleas tenemos:

$$N_c = 3000 \text{ rpm}$$

$$N_m = 1800 \text{ rpm}$$

$$i = N_m/N_c = 1800 / 3000 = 0,6$$

Una vez que tenemos la relación de transmisión calculada, con ese valor, procederemos a calcular el diámetro de la polea motriz, ya que la polea del compresor de aire acondicionado automotriz, es fija.

$$i = d_c / d_m$$

$$0,6 = 9,2 / d_m$$

$$d_m = 15,33 \text{ cm}$$

2.2.5 Cálculo de la longitud de la banda ^[57]

La longitud de la banda se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$L = 2C + 1,57(D_2 + D_1) + (D_2 - D_1)^2 / 4C$$

Donde:

L = Longitud de la banda (pulg)

C = distancia entre centros de las poleas

D₂ = diámetro de la polea conducida

D₁ = diámetro de la polea motriz

Para nuestro proyecto tenemos los siguientes datos:

$$D_1 = 15,33 \text{ cm} = 6,035 \text{ pulg}$$

$$D_2 = 9,2 \text{ cm} = 3,622 \text{ pulg}$$

La distancia de centros se calcula de la siguiente manera:

$$D_2 < C < 3(D_2 + D_1)$$

Reemplazando los diámetros en esta última fórmula tenemos:

$$3,622 < C < 3(3,622 + 6,035)$$

$$3,622 < C < 28,971$$

Una vez que tenemos el rango en el cual puede estar la distancia entre centros de las poleas y con la intención conservar espacio en el banco

^[57] Diseño de elementos de máquinas; Mott, Robert; Editorial Pearson Educación; México,2006; págs.268-279.

simulador, tomamos que el valor de $C = 7,8$ pulg. Reemplazando todos los datos y valores obtenidos en la ecuación para calcular la longitud de la banda tendremos:

$$L = 2C + 1,57(D_2 + D_1) + (D_2 - D_1)^2 / 4C$$

$$L = 2(7,8) + 1,57(3,622 + 6,035) + (3,622 - 6,035)^2 / 4(7,8)$$

$$L = 15,6 + 15,161 + 0,186$$

$$L = 30,947 \text{ pulg} = 78,605 \text{ cm}$$

2.3 Diseño del Software

El diseño del software no lo vamos a realizar por medio de la programación como se hubiera tenido que hacer, gracias a que la *interface serial conv32* permite que se pueda obtener la señal del controlador digital de temperatura MT-543Ri plus que se conecta a ésta interface y así se transmite esta señal al computador por medio de una comunicación a través del puerto USB, con lo que el software SITRAD puede recibir, controlar, evaluar, configurar y almacenar los datos de temperatura que le proporciona este dispositivo. Además con una conexión segura puede modificar los parámetros de operación de los instrumentos, con total precisión y practicidad.

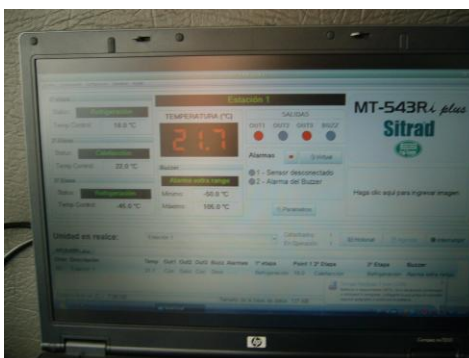


Figura 2.1 Pantalla del software SITRAD

2.4 Diseño del circuito eléctrico

En el diseño de esta parte vamos a tomar como guía, el plano del circuito eléctrico de un aire acondicionado automotriz, en el cual hubiéramos tenido que incluir sensores de presión y temperatura, los cuales nos ayudan a controlar de una forma adecuada los cambios de estas variables a lo largo de todo el sistema de acondicionamiento de aire del banco simulador; pero gracias al controlador digital de temperatura MT-543Ri *plus*, ya no necesitamos los sensores, debido a que este dispositivo controla estos parámetros, ya sea de forma manual o virtual. También necesitamos la inclusión de elementos fundamentales para controlar cualquier sobrecarga como fusibles, así como poner relés e interruptores para activar o desactivar algún componente.

En el caso particular de nuestro proyecto llegamos a la conclusión que no era necesario la inclusión del presóstato de alta en el sistema eléctrico, ya que como se puede ver en el cálculo del literal 2.2.2.12 de este capítulo, tenemos un motor eléctrico que no abastece con la potencia y revoluciones necesarias, para que el compresor trabaje con su potencia ideal y a carga plena de refrigerante; por ende el valor de la presión en alta va a estar por debajo de los rangos normales de trabajo. Es por esto que nuestro sistema de aire acondicionado automotriz tiene solamente la mitad de la carga de refrigerante.

En cambio el presóstato de baja que se encuentra en nuestro sistema de aire acondicionado automotriz, es de gran ayuda, ya que el mismo actúa como interruptor de emergencia, al desconectar el compresor cuando el sistema tiene una carga de refrigerante muy baja.

Analizamos que para que el banco simulador pueda estar funcionando por un lapso de tiempo aceptable y sin ningún problema, era necesario incluir un transformador eléctrico de 110/12 Vac y el rectificador de voltaje, los mismos que nos ayudan a mantener siempre energizado a cada uno de los componentes del sistema de aire acondicionado, así como al controlador de temperatura, logrando de esta forma tener la opción de poder realizar pruebas de corto o largo tiempo sin ninguna dificultad.

Los planos eléctricos del banco simulador se encuentran en el Anexo A.

2.4.1 Cálculo del capacitor electrolítico o filtro

A la hora de diseñar una fuente de alimentación, hay que tener en cuenta algunos factores, uno de ellos es la corriente de trabajo, ya que éste es, el factor más importante después de la tensión. Para determinar el valor del condensador electrolítico que se ha de aplicar a la salida del puente rectificador en doble onda, para alisar la corriente continua; la regla empírica que se suele aplicar, suele estar sobre los 2.000 μF por Amperio de salida y la tensión del doble del valor superior estándar al requerido.

Ejemplo:

Para una fuente de 1,5 A/15 V, el capacitor electrolítico debe ser al menos de 3.000 $\mu F/35V$ ^[58].

En cambio para nuestro proyecto tenemos una fuente de 20 A/ 15,5 V, entonces vamos a tener:

^[58] <http://es.scribd.com/doc/28997645/Practica-Cero>

$$2000 \mu F \times 20 A = 40000 \mu F = 0,04 F$$

$$15,5V \times 2 = 31V$$

Según los cálculos necesitamos un capacitor de $40000 \mu F / 31V$, pero tenemos que ver si en el mercado hay un capacitor de esas características.

2.4.2 Cálculo del amperaje de los componentes eléctricos del banco simulador

El voltaje para todos los componentes será de 12V

a) Compresor

$$P = 72W$$

$$I = P / V = 72 / 12 = 6 A$$

b) Resistencia

$$P = 55W$$

$$I = P / V = 55 / 12 = 4,5 A$$

c) Luz de Salón

$$P = 21W$$

$$I = P / V = 21 / 12 = 1,75 A$$

d) Ventilador del evaporador

$$P = 84W$$

$$I = P / V = 84 / 12 = 7 \text{ A}$$

e) Led rojo y verde

Por cada led, $P = 1\text{W}$, como son 5 tenemos:

$$I = P / V = 5 / 12 = 0,42 \text{ A}$$

La suma total del amperaje de los componentes es: 19,67A

2.5 Diseño del sistema de fallas

Para diseñar el sistema de fallas vamos a realizarlo por medio de relés normalmente cerrados, los cuales puedan ser accionados a través de interruptores y así pueda cortar el paso de energía en algún componente del sistema de acondicionamiento de aire, con lo que se notará una variación en las condiciones de funcionamiento del sistema.

Las fallas que hemos realizado son las siguientes:

Falla 1 (Compresor): consiste en desactivar por medio del relé normalmente cerrado y un interruptor, el funcionamiento del compresor, con lo cual se apagará el led verde que indica que el compresor está prendido y se prenderá dos leds rojos, el uno será el que indica siempre cuando el compresor se apaga y el que se encuentra debajo de la falla del compresor, de esta manera vamos a poder darnos cuenta que la falla ha sido activada. Es muy importante mencionar que esta falla podrá ser activada solamente cuando este funcionando el compresor, es decir en la etapa de refrigeración y no cuando este funcionando la resistencia en la etapa de calefacción.

Falla 2 (Motor ventilador del evaporador): consiste en desactivar a propósito por medio de un relé y un interruptor el motor ventilador del evaporador, pero al mismo tiempo por medio de otro relé desactivar al compresor, ya que si no se desactiva este último se comenzaría a congelar el evaporador debido a la falta de ventilación, ocasionando de esa manera daños muy graves en el mismo. Cuando la falla se activa se prenderá dos leds rojos que indican que se encuentran apagado tanto el motor ventilador del evaporador, como el compresor.

Falla 3 (Presóstato de baja): esta consiste en activar a propósito el presóstato de baja, por medio de un interruptor, el cual permitirá que se active un led de color rojo, indicando de esta manera que el sistema tiene un nivel muy bajo de refrigerante y es necesario cargar el mismo.

Los planos de las fallas del banco simulador se encuentran en el Anexo A.

2.5.1 Cálculo de la resistencia para el led

Para calcular la resistencia para el led lo vamos a realizar con la siguiente fórmula:

$$R_s = (V_{dd} - V_f) / I_f$$

Donde:

R_s = es el valor de la resistencia.

V_{dd} = es la tensión de alimentación.

V_f = es la tensión requerida por el led.

I_f = es la corriente del led.

Calculando con los datos que tenemos y reemplazando en la ecuación anterior tenemos:

$$R_s = (V_{dd} - V_f) / I_f = (12 - 1,7) / 0,02A = 515 \Omega$$

Como en el mercado no hay de 515 Ω , entonces vamos a poner una de 590 Ω , con lo cual protegemos de mejor manera el led.

CAPITULO 3

SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE

La selección de cada uno de los componentes del sistema de acondicionamiento del aire lo realizamos de acuerdo a las características y necesidades que presenta el banco simulador, ya que existen muchos tipos de aires acondicionados automotrices de diferentes marcas y especificaciones técnicas en el mercado, pero hemos seleccionado los elementos más apropiados para la elaboración del proyecto.

3.1 Selección de los elementos que conforman el simulador

3.1.1 Elementos de la estructura

3.1.1.1 Base del banco simulador

Una vez que hemos revisado que hay varios tipos de materiales para realizar la base del banco simulador decidimos escoger entre dos como son: el ángulo recto y el tubo estructural cuadrado, sus características las encontramos en las tablas elaboradas por los fabricantes, las cuales se encuentran en el Anexo B.

Como podemos ver las características de estos dos tipos de materiales son parecidas, pero como disponíamos del ángulo recto se realizó la construcción de la base del banco simulador con ese material, como se indica en los planos que se encuentran en el Anexo A.



Figura 3.1 Base del banco simulador construida en ángulo recto

3.1.1.2 Panel térmico de poliuretano expandido rígido

Seleccionamos este tipo de material para forrar casi todo el banco simulador, debido a que con éste se obtiene una adecuada barrera al paso de calor, lo cual no se obtiene con el acrílico o plancha de corcho. Además el panel térmico de poliuretano expandido rígido es el más eficiente aislante de los utilizados en la industria actualmente. Este es un producto, que en los lugares que se apliquen, ahorrará tonelaje de aire acondicionado y por ende, consumo energético. Su inversión es recuperable en función del confort generado en el área donde se instala y el ahorro energético. Especificaciones del poliuretano expandido rígido:

- Resistencia térmica: $R=7.9$
- Factor de transmisión de calor: $K=0.13$ ^[59]
- Densidad 40 kg/m^3

^[59] http://www.grupocumfasa.com.mx/productos/metecno/MAN_GLAM_FLAGON.pdf



Figura 3.2 Panel de poliuretano expandido rígido

3.1.1.3 Panel térmico de poliestireno expandido

Utilizamos este tipo de material para el piso debido a que es muy utilizado en la industria de refrigeración, por poseer características ideales para mantener una correcta hermetización, gracias a su estructura interna, dando lugar a tener una temperatura adecuada, es decir, que el mismo es un buen aislante térmico. El poliestireno expandido tiene las siguientes especificaciones:

- Baja conductividad térmica a 10°C 0,033 – 0,041 (W/ m·K)
- Densidades nominales que oscilan entre los 10 kg/m³ hasta los 35 kg/m³
- Las temperaturas de uso oscilan entre -150°C a +90°C ^[60]

^[60] http://www.euatm.upm.es/master/innovacion_materiales/mataligeradodef.pdf



Figura 3.3 Panel de poliestireno expandido

3.1.1.4 Vidrio laminado

Existen varios tipos de parabrisas como el laminado y templado, para el caso de nuestro proyecto decidimos escoger el vidrio laminado, ya que como tuvimos que cortar una parte del vidrio para que se ajuste a las dimensiones de nuestro banco simulador y con ello lograr una correcta hermeticidad. Es por esto que el vidrio adecuado para ello es el laminado, ya que no se rompe al cortar, porque está formado por dos láminas de vidrio entre las cuales se insertan una o dos láminas plásticas de polivinilbutiral (PVB); en cambio el vidrio templado solo está formado de una sola capa de vidrio y al tratar de cortarlo éste se comienza a trizar. También para sellar los costados de la parte delantera de la cabina colocamos vidrio polarizado de 6 líneas de espesor, para que sea resistente y no se quiebre con facilidad ante cualquier golpe o una fuerte vibración.



Figura 3.4 Parabrisas de automóvil de la cabina

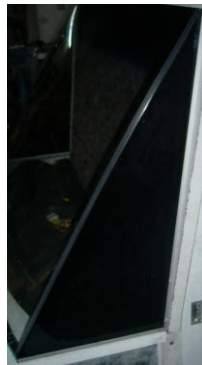


Figura 3.5 Vidrio polarizado lateral de la cabina

3.1.1.5 Garruchas

Existen varios tipos de garruchas según el material de construcción, como son: nylon, caucho, acero inoxidable, plástico, entre otras. Para nuestro banco simulador hemos escogido unas garruchas de acero inoxidable con recubrimiento de caucho, tienen un diámetro de 3 pulgadas y desde la base metálica al suelo tiene 10 cm.



Figura 3.6 Garruchas

3.1.2 Elementos de mando, control y seguridad

3.1.2.1 Selección del control programable de temperatura

Una vez que hemos averiguado en el mercado los diversos tipos de controladores de temperatura, decidimos que la mejor opción para nuestro proyecto son dos como son el MT-518RiL y el MT-543Ri *plus*, los cuales tienen características similares, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.1 Especificaciones técnicas del MT-543Ri *plus* y MT-518RiL

Especificaciones	MT-543Ri <i>plus</i>	MT-518RiL
Alimentación	115/230 Vac	12/24 Vac/dc
Temperatura de control	Con NTC: -50 hasta 105°C	Solo NTC: -50 hasta 105°C
	Con: PT-100: -99 hasta 300°C	
Dimensiones	71x28x71 mm	71x28x71 mm
Temperatura de operación	0 hasta 50°C	0 hasta 50°C
Humedad de operación	10 hasta 90% HR (no condensante)	10 hasta 90% HR (no condensante)
Corriente máxima por salida	5(3)A/250 Vac 1/8HP	8(3)/250 Vac 1/4 HP
Comunicación serial RS-485 (SITRAD)	SI	NO

Fuente: Catálogo del MT-543Ri *plus* y MT-518RiL

Como se puede ver claramente en la tabla cualquiera de los dos nos servía para utilizarlos en nuestro proyecto, pero la razón por la cual seleccionamos al MT-543Ri plus fue porque este controlador nos permite tener una conexión con el computador por medio de la interface conv32, mientras que el MT-518RiL no posee esta opción, que es de mucha importancia para nuestro banco simulador.



Figura 3.7 Controlador de temperatura MT-543 Ri plus

3.1.2.2 Interface Conv32

Existen varios dispositivos que nos ayudan conectar al controlador de temperatura MT-543Ri plus con el computador, de los cuales hemos tomado en cuenta dos como son las interfaces: conv32 y conv96. Las cuales tienen las mismas características de operación, pero se diferencian tanto en precio, como en la capacidad de conexión de dispositivos, el conv32 conecta 32 y el conv96 conecta 96.

Por todas las condiciones descritas anteriormente decidimos escoger la interface conv32 para conectar al MT-543Ri plus, con cualquier computador. Sus especificaciones técnicas son las siguientes:

- **Alimentación:** A través del puerto USB

- **Temperatura de operación:** 0 a 50°C
- **Tres Led 's de indicación:** uno para señalar que la interface está conectada (⏻) y otros dos que indican transmisión (TX) y recepción (RX) serial, en marcha.
- Un conector USB-B hembra para conexión con la PC, utilizando cable específico provisto con la interface.
- Un puerto RS-485 para conexión de hasta 32 controladores, sin la necesidad de terminación.



Figura 3.8 Interface Conv32

3.1.2.3 Interruptores

Hay varios tipos de interruptores, según: la forma de accionamiento, su posición inicial, por último de acuerdo a los polos y contactos. En nuestro caso para encender o apagar el aire acondicionado, escogimos un interruptor de un polo y una dirección, normalmente abierto; como se puede observar en la figura 7.5 del Anexo A. Se puede ver claramente que el interruptor en su posición normal no deja pasar la corriente y cuando se acciona el mismo, permite el paso de corriente para los componentes del sistema de aire acondicionado.



Figura 3.9 Interruptor del A/C

3.1.2.4 Relés

Decidimos escoger los relés, porque son dispositivos electromecánicos, que funcionan como interruptores controlados por medio de un circuito eléctrico, conformado por una bobina y un electroimán. En este dispositivo se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Para nuestro sistema hemos escogido relés de 12V, ya que es el voltaje con el que trabajan todos los componentes del aire acondicionado.



Figura 3.10 Relé de 12V

3.1.2.5 Bornera

Hay una gran cantidad de tipos de borneras, como: 2 bornes, 4 bornes, 6 bornes, 12 bornes, 24 bornes, en fin de varios más. Pero para nuestro banco simulador, decidimos escoger la bornera que tiene 12 bornes, porque ya

disponíamos de la misma y también porque era la cantidad de bornes que necesitábamos para distribuir de una manera más ordenada el cableado de nuestro sistema eléctrico.



Figura 3.11 Bornera

3.1.2.6 Contactor eléctrico

En el mercado, hay varios tipos de contactores eléctricos de diferente tensión e intensidad nominal, en su bobina como: 230V/30A, 224V/40A, 120V/25A, 120/50A y así una gran variedad de ellos. Para nuestro sistema eléctrico seleccionamos un contactor con una bobina de 110V/30A. El amperaje es alto porque a él se conecta el transformador de voltaje de 110/12 Vac de 20A, también éste dispositivo soporta la carga del motor eléctrico en el momento del arranque y permite el paso de corriente a todo el sistema, como se indica en la figura 7.5 del Anexo A.



Figura 3.12 Contactor eléctrico

3.1.2.7 Porta fusibles

Existen varios tipos de porta fusibles de diferentes características como:

- Para varias o pocas cantidades de fusibles.
- Para insertar en el mismo, distintos tipos de fusibles como: cilíndricos de vidrio, hoja, entre otros.

Para la selección del porta fusibles tomamos en cuenta la cantidad de fusibles que vamos a utilizar en el sistema eléctrico, lo cual se puede ver en la figura 7.5 del Anexo A. Como podemos ver en el mismo tenemos 6 fusibles para proteger a los componentes del aire acondicionado y a otros dispositivos, por lo que decidimos escoger un porta fusibles acorde a lo que necesitamos, tanto en número como para el tipo de fusible, que en nuestro caso son cilíndricos de vidrio.



Figura 3.13 Porta fusible

3.12.8 Dispositivo de encendido del banco simulador

Teníamos dos opciones para energizar al banco simulador para que éste se encienda o apague. Por medio de un breaker y de un switch de encendido de

automóvil. Decidimos optar por el switch de encendido, debido a que disponíamos del mismo.



Figura 3.14 Switch de encendido del banco simulador

3.12.9 Amperímetro

Hay varios tipos de amperímetros, para corriente continua, corriente alterna y para alterna/continua, de carátula y digitales. Así mismo existen amperímetros de diferentes valores de escala como: 30A, 50A, 100A, entre otros. Pero para nuestro proyecto seleccionamos un amperímetro con escala de 30A, para corriente alterna/continua y de carátula. Escogimos la escala de 30A, ya que realizamos el respectivo cálculo de amperaje de cada componente eléctrico del banco simulador en el literal 2.4.2 del capítulo 2, lo cual nos dio una suma de 19,67A.

Este instrumento también nos permite controlar el correcto funcionamiento de los componentes del aire acondicionado, para evitar cualquier daño.



Figura 3.15 Amperímetro de corriente continua/30A

3.12.10 Voltímetro

Tenemos una gama amplia de voltímetros en el mercado de diferentes características como: digitales, de carátula; de acuerdo al tipo de voltaje continuo o alterno y según su escala de 30, 50, 100, 300, 500. Para nuestro proyecto, hemos seleccionado un voltímetro de voltaje continuo, 30V de carátula. Este instrumento nos permite controlar el voltaje con el que se alimentan los componentes del banco simulador, el cual tiene que estar entre 10 y 15V, para evitar cualquier mal funcionamiento o daño en cada uno de los elementos de nuestra cabina.

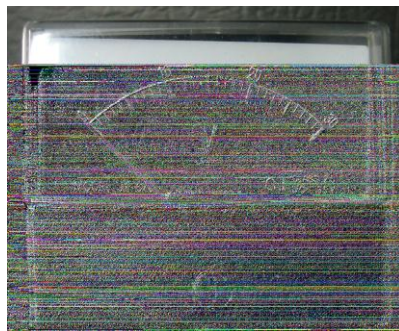


Figura 3.16 Voltímetro DC/30V

3.1.3 Elementos varios

3.1.3.1 Motor eléctrico

Una vez que hemos realizado el respectivo cálculo en la sección 2.2.2.12, literal e del capítulo 2, obtuvimos que la potencia necesaria para que el motor eléctrico pueda arrastrar al compresor y con ello permitirle al mismo proporcionar la potencia frigorífica necesaria, para el interior de la cabina de nuestro banco simulador tiene que ser de 3,88HP.

Sabiendo la potencia, tenemos que elegir un motor eléctrico de esas características, pero para nuestro proyecto el compresor no necesita proporcionar su máxima potencia, ya que el banco simulador representa la mitad de una cabina de un vehículo, es por está razón que vamos a utilizar un motor eléctrico de 2HP para 110/220V.

Este dispositivo es muy importante, debido a que, va ha proporcionar una transformación de energía eléctrica en energía mecánica, reemplazando así al motor de combustión interna de un automóvil y permitiendo ser el encargado de generar la potencia, para poner en funcionamiento el sistema de acondicionamiento de aire de nuestro proyecto.

Especificaciones:

- Potencia: 2 HP(1.5KW)
- Voltaje: 110/220V
- Amperaje 27,60/13,80A
- Revoluciones: 1720 rpm



Figura 3.17 Motor eléctrico Weg de 2hp

3.1.3.2 Polea acanalada

Después que hemos realizado el cálculo del diámetro de la polea motriz (motor eléctrico), en el literal 2.2.4 del capítulo 2, el siguiente paso es escoger una polea de 15,33 cm, pero como sabemos que el compresor no necesita trabajar al 100% de su potencia, debido a que el banco simulador, no tiene las dimensiones reales de un vehículo, sino que representa a la mitad de la cabina del mismo. Razón por la cual, vamos a utilizar una polea de 11,52 cm, la misma que va a proporcionar al compresor las revoluciones necesarias para que trabaje a un buen porcentaje de su capacidad total.



Figura 3.18 Polea motriz para el motor eléctrico

3.1.3.3 Banda

Tomando en cuenta que las poleas son acanaladas, tenemos que escoger una banda que se acople de forma adecuada a ellas. Por lo que, después de haber realizado el respectivo cálculo en la sección 2.2.5 del capítulo 2, obtuvimos que la longitud de la banda para nuestro banco simulador tiene que ser de 78,605 cm; pero en el mercado las medidas de las bandas ya vienen estandarizadas sus longitudes ^[61]. Es por esta razón que, vamos a utilizar para nuestro proyecto una banda 4v de 79 cm, longitud que es la más próxima a la medida calculada.



Figura 3.19 Banda 4v

3.1.3.4 Tuberías

Hay diferentes tipos de tuberías como: aluminio, cobre, reforzada (sintetizados de poliéster, recubierta de caucho), entre otras. Así mismo existen de distintos diámetros como: 1/4", 5/16", 3/8", 1/2", 5/8", 3/4" y así muchos más ^[62]. Para nuestro sistema de aire acondicionado vamos a usar 3 tipos de tuberías: aluminio, cobre y reforzada; las cuales soportan altas variaciones de temperaturas (de -30°C en el interior hasta 150°C en el exterior) y presiones (1 a 30 bar) y tienen las siguientes características.

^[61] http://www.dirna.com/cat2010/Catalogo_Recambios.pdf

^[62] http://www.climcar.es/Climcar_Aire_Acondicionado_Catalogo.htm

Tuberías de aluminio

Diámetros: 5/16" y 5/8"



Figura 3.20 Tuberías de aluminio

Tubería de cobre

Diámetro: 5/16"



Figura 3.21 Tubería de cobre

Tubería reforzada

Diámetro: 3/4"

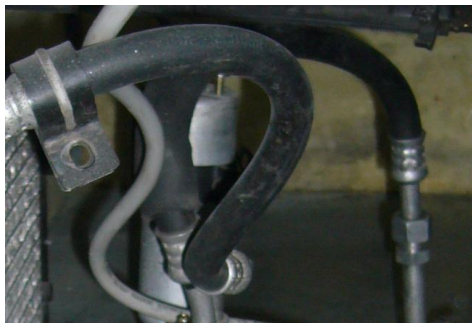


Figura 3.22 Tuberías reforzadas

3.1.3.5 Juego de manómetros

Para escoger los manómetros, tomamos en cuenta que sirva para el refrigerante R-134a, que está en nuestro proyecto, ya que existen para otros tipos de refrigerantes como son: R-12, R-22, R-404a, entre otros. Así mismo hay manómetros de carátula y digitales. También tienen diferentes tipos de escalas como: PSI, bar, mm Hg, KPa.

En el caso de nuestro proyecto seleccionamos un juego de manómetros con las siguientes características: trabaja con refrigerante R-134a, de carátula y con escala en pulg. Hg y PSI.



Figura 3.23 Juego de manómetros para refrigerante R-134a



Figura 3.24 Manómetro de alta y baja

3.1.3.6 Transformador de voltaje de 110-12 Vac de 20A

Como nuestro proyecto necesita estar funcionando de forma continua por un lapso de tiempo aproximado de 4 horas diarias, decidimos incluir en el sistema eléctrico, un transformador de voltaje de 110 a 12 Vac, el cual ayuda a que el banco simulador se encuentre siempre alimentado de energía, la cual toma de cualquier tomacorriente de 110Vac. Tomamos en cuenta un amperaje de 20A en este dispositivo, para que soporte sin ningún problema el consumo de amperios total de todos los componentes de aire acondicionado, que es de 19,67A.



Figura 3.25 Transformador 110 a 12Vac

3.1.3.7 Rectificador de voltaje

El rectificador de voltaje aparte de corregir el voltaje de AC a DC, va a realizar la función que hace la batería de 12V, es decir, alimentar al sistema con 12V. Analizamos que no era necesaria la inclusión de la batería, porque, para que ésta se cargue en forma continua, necesitaba de un voltaje mayor a 12Vdc y así pueda abastecer sin ningún problema, el voltaje adecuado a todos los componentes de aire acondicionado del banco simulador. Es por esta razón que decidimos utilizar el rectificador de voltaje, pero como éste sustituye a la batería de 12V (la misma que tiene un amperaje de 60A),

necesitaba de un amperaje similar a la de ésta, para mantener energizados a los elementos de nuestro proyecto, debido a eso, hemos utilizado 4 diodos de 70A/50V, para realizar el puente rectificador de voltaje y de esa manera no tener ningún inconveniente en la alimentación y funcionamiento cada componente de la cabina.

Para que cada uno de los componentes del banco simulador reciba un voltaje de salida libre de las fluctuaciones de tensión y de las variaciones de intensidad de corriente, es necesaria la inclusión de tres capacitores en paralelo uno de 10000 $\mu\text{F}/50\text{V}$ y dos de 15000 $\mu\text{F}/25\text{V}$, del cual se ha hecho el respectivo cálculo en la sección 2.4.1 del capítulo 2. Este dispositivo se va a encargarse de filtrar el voltaje de salida y con ello suprimir el voltaje de rizado, el cual lo revisamos en la sección 1.13.6.1, del capítulo 1.

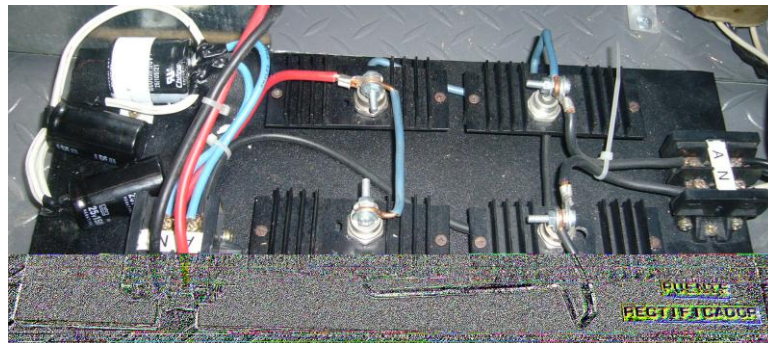


Figura 3.26 Rectificador de voltaje



Figura 3.27 Capacitor de 10000 $\mu\text{F}/50\text{V}$ y 15000 $\mu\text{F}/25\text{V}$



Figura 3.28 Diodo rectificador NTE 70A/50V

3.1.3.8 Mangueras de alta presión

Este tipo de mangueras son adecuadas para trabajar a presiones altas y por ello las hemos escogido para ser utilizadas en nuestro sistema de aire acondicionado. Estas poseen las siguientes características:

- Presión mínima de trabajo : 500 PSI (172 bares)
- Presión máxima de trabajo: 2500 PSI (34 bares)

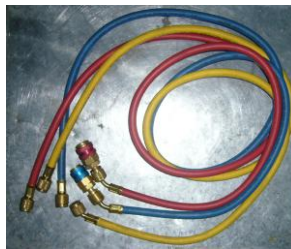


Figura 3.29 Mangueras de alta presión

3.1.3.9 Cable

Para seleccionar el tipo de cable es necesario tomar el valor de amperaje que calculamos en el literal 2.4.2 del capítulo 2, el cual es 19,67A; teniendo esta suma total, nos vamos a la tabla 3.2, en la cual procederemos a escoger tipo de cable que necesitamos.

Tabla 3.2 Calibre de conductores de acuerdo a su capacidad de amperaje

Calibre	Capacidad en Amperios
14	20
12	25
10	40
8	55
6	80
4	105
2	140
1/0	195
2/0	225
3/0	250

Fuente: www.monografias.com/trabajos10/nofu/nofu.shtml

De acuerdo a la tabla anterior y según la suma de amperaje que tenemos, elegimos el cable #14 flexible, ya que tiene una capacidad de amperios adecuada a la que necesitamos, ya que desde el cable # 12 hacia abajo, tienen un amperaje muy alto e innecesario para la elaboración del sistema eléctrico de nuestro proyecto.



Figura 3.30 Cable flexible # 14

3.2 Selección del Compresor

Una vez que hemos realizado el estudio teórico del compresor en el capítulo 2, el siguiente paso es elegir el compresor, que se adapte a los requerimientos de nuestro banco simulador. De acuerdo al cálculo realizado por horas que realizamos en el diseño, obtuvimos que necesitamos un compresor de 646,527 W (0,868 HP). Teniendo como referencia la potencia que necesitamos, también debemos que saber que existen varios tipos de compresores de diferentes potencias como: 6,7 KW; 7,0 KW; 7,9 KW ^[63], entre otros. También diferentes tipos de funcionamiento como lo indicamos en el literal 1.12.1.1 del capítulo 1, es por eso que después de conocer los tipos de compresores que existen en el mercado, decidimos escoger un compresor alternativo de pistones de doble efecto, el cual disponíamos y tiene las siguientes características.

Modelo: NIPPONDENSO 10P08E

- Presión Alta: 3,53 MPa
- Presión Baja: 1,67 MPa
- Potencia real calculada: 2,475 KW
- Aceite: ND – Oil 8
- Refrigerante R134a

^[63] http://www.acdelco.com/pdf/appcat_buyers/compressors.pdf



Figura 3.31 Compresor Nippondenso 10P08E

3.3 Selección del Condensador

Después de haber hecho el respectivo cálculo teórico del condensador en la sección 2.2.2.12 literal b del capítulo 2, ahora tenemos que elegir el condensador para nuestro banco simulador. En el mercado existen varios tipos de condensadores según su potencia frigorífica como: 15700 BTU/h, 22185 BTU/h, 23891 BTU/h, 29105 BTU/h ^[64], entre otros; así mismo hay de acuerdo a su funcionamiento como pudimos ver en el capítulo 1, en el literal 1.12.1.3. Una vez que conocemos los parámetros para seleccionar el condensador, elegimos uno que tiene las siguientes características.

- Potencia calculada: 27355,195 BTU/h
- Refrigerante: R134a
- Tipo: Serpentin
- Ventilador: 60W/12V

^[64] http://www.dirna.com/cat2010/Catalogo_Recambios.pdf



Figura 3.32 Condensador de tipo serpentín



Figura 3.33 Ventilador del condensador de tipo serpentín

3.4 Selección del Evaporador

Para escoger el evaporador tomamos en cuenta que existen varios tipos, según su funcionamiento como vimos en el capítulo 1, en el literal 1.12.1.5 y según la potencia frigorífica como: 8800 BTU/h, 14000 BTU/h, 15200 BTU/h^[65], entre otros. Una vez establecidos los parámetros para seleccionar el evaporador, nosotros elegimos un evaporador para nuestro banco simulador, que posee las siguientes características.

- Potencia calculada: 22037,741 BTU/h
- Refrigerante: R134a
- Tipo: Serpentín, de convección forzada
- Ventilador centrífugo 8 pulgadas de 90W/12V

^[65] http://www.climcar.es/Climcar_Aire_Acondicionado_Catalogo.htm



Figura 3.34 Evaporador de tipo serpiente



Figuras 3.35 Motor y ventilador del evaporador

3.5 Selección de la Válvula de control de flujo

Así mismo antes de escoger el tipo de válvula que se va a usar, realizamos el cálculo teórico en la sección 2.2.2.12 literal f, del capítulo 2. Pero conocemos que existen diferentes tipos de válvulas según su capacidad como: 1 ton, 1.5 ton, 2 tons, entre otras ^[66]. Para nuestro caso vamos a utilizar la válvula de expansión termostática que tiene las siguientes características:

- Potencia calculada: 0,613 toneladas
- Tipo: Válvula de ángulo recto
- Refrigerante: R134a

^[66] Auto air spares product guide, 2004 -2005



Figura 3.36 Válvula de expansión termostática

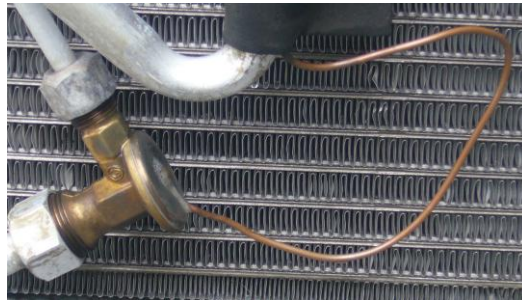


Figura 3.37 Válvula de expansión termostática con su capilar y bulbo

3.5.1 Deshidratador

Hay filtros de varias capacidades de refrigerante como 200cc, 250cc, 300cc, entre otros ^[67]. Para nuestro banco simulador vamos a utilizar un filtro deshidratador que trabaja con refrigerante R134-a, con una capacidad 250cc.

^[67] Isuzu TF190 comfort systems; 2004.



Figura 3.38 Deshidratador

3.6 Selección de la plataforma de programación

El software que utilizaremos es el SITRAD, debido a que este fue creado específicamente para trabajar con los dispositivos de control que estamos utilizando, así también porque es fácil de manipular y versátil, es decir el adecuado para nuestro proyecto.

SITRAD es un software de gerenciamiento a distancia desarrollado para la utilización en instalaciones de refrigeración, calefacción, climatización y calentamiento solar. Versátil, accede tanto local como remotamente e instalaciones de los más diversos segmentos, desde red de supermercados, frigoríficos y restaurantes, hasta hoteles, hospitales, laboratorios y residencias, entre otros.

El software posibilita evaluar, configurar y almacenar, continuamente, datos de temperatura, humedad, tiempo, presión y voltaje, permitiendo modificar los parámetros de los controladores con total seguridad y precisión.

A través de él, es posible, obtener gráficos e informes, generados a partir de los datos almacenados.

Especificaciones técnicas

Sitrad Server: es la versión que debe ser instalada en la computadora donde están conectados los instrumentos a través de la Interface CONV32. Los requisitos mínimos de ese sistema son:

- Pentium 200 MHz o superior
- 20Mb de HD
- 32Mb de RAM (recomendable 92Mb)
- Windows 9x/ME/NT/XP/2000/2003
- 1 puerta de comunicación (COM1, COM2...)

Sitrad Client: es la versión que comunicará con el Server, debiendo ser instalada en una computadora con acceso a la Internet. Los requisitos mínimos de ese sistema son:

- Pentium 200 MHz o superior
- 8Mb de HD
- 32Mb de RAM (recomendable 64Mb)
- Windows 9x/ME/NT/XP/2000/2003
- Conexión con Internet o intranet



Figura 3.39 Programa Sitrad conectado al MT-543Ri plus

3.7 Selección de los elementos que conforman el sistema de fallas

Los elementos que conforman el sistema de fallas son los siguientes:

3.7.1 Led rojo

Existe una gran variedad de tipos y colores de leds, pero decidimos escoger de color rojo, ya que este color nos indica una señal de alerta y precaución, para nuestro proyecto, cuando el mismo se encuentra prendido, quiere decir, que algún componente está dañado o con un mal funcionamiento.



Figura 3.40 Led rojo

3.7.2 Resistencia de 590 ohmios

De acuerdo al cálculo que realizamos en el capítulo anterior en el literal 2.5.1, vamos a colocar una resistencia de 590Ω , la cual nos ayuda a proteger al led de una corriente excesiva y así evitar que éste se quemé.



Figura 3.41 Resistencia de 590 ohmios

3.7.3 Interruptores

Existen hoy en día varios tipos de interruptores y se los clasifica según: la forma de accionamiento, su posición inicial, por último de acuerdo a los polos y contactos. En nuestro caso para activar o desactivar alguna falla, escogimos un interruptor de un polo y una pata tipo cangrejo, normalmente abierto. El mismo que cuando se acciona (ON) interrumpe el paso de corriente a cualquier componente de la falla, mientras que cuando está en OFF deja pasar la corriente.



Figura 3.42 Interruptor

3.7.4 Relé normalmente cerrado

Decidimos escoger este tipo de relé, ya que como este se encuentra cerrado, es decir, su bobina excitada, permite trabajar con normalidad al componente que se va a ocasionar la falla, pero cuando se activa el interruptor logrando con ello que la bobina deje de estar excitada y por ende cambia el contacto del 87A al 87, logrando con ello que el componente se apague y se prenda el led rojo indicando que la falla se encuentra activa.



Figura 3.43 Relé normalmente cerrado 12V/30A

3.8 Características técnicas de los componentes del banco simulador

Las características técnicas de los elementos que conforman el sistema de A/C (vitara 1.6), son:

Tabla 3.3 Características técnicas de los componentes del banco simulador

Componente	Descripción	Capacidad
Compresor	Denso 10P08E	6KW
Evaporador	Tipo serpentín	24000BTU/h
Condensador	Tipo serpentín	30000 BTU/h
Filtro deshidratador	250cc	12u
Válvula de expansión	Ángulo recto	1.5 toneladas
Ventilador del evaporador	Centrífugo	90W/12V
Ventilador del condensador	Flujo axial	60W/12V
Refrigerante	R-134a	400gr
Contacto	eléctrico	110V/30A
Motor eléctrico	Monofásico	110V/2HP
Transformador de voltaje	Reductor 110/12Vac	20A
Puente rectificador	4 diodos	70A/50V
Capacitor1	electrolítico	10000uF/50V
Capacitor2	electrolítico	15000uF/25V
Cable	flexible #14	20A
Banda	4v de 79 cm	

CAPITULO 4

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO

DEL AIRE

4.1 Construcción del banco simulador

A continuación se presenta el proceso que realizamos en la construcción y montaje de los distintos componentes del banco simulador.

En base a la forma que tiene un vehículo en su cabina, determinamos la forma que va a presentar nuestro banco simulador, así mismo tomamos en cuenta la posición de cada uno de los componentes básicos que conforman el aire acondicionado.

Para empezar construimos la base, la cual está hecha de ángulo y con las medidas que se tomaron en cuenta en la parte del diseño. Esta parte es fundamental, ya que va a soportar todo el peso de las cosas q van a ir en el banco simulador.



Figura 4.1 Base metálica del banco simulador

Una vez terminada la base metálica, procedimos a soldar las cuatro garruchas, una en cada esquina, éstas son las que van a permitir desplazar el banco simulador.



Figura 4.2 Base metálica con las garruchas

Después de ya tener la base metálica con las garruchas soldadas, procedemos a cortar los paneles de poliestireno y poliuretano expandido.



Figura 4.3 Paneles de poliuretano y poliestireno expandido



Figura 4.4 Cortando los paneles de poliuretano y poliestireno expandido

Después de tener ya cortados los paneles, procedemos a ensamblar la base del banco simulador con los paneles de poliestireno.



Figura 4.5 Base del banco simulador con panel de poliestireno

Después comenzamos a colocar, el panel posterior y los laterales del banco simulador.



Figura 4.6 Colocación del panel posterior



Figura 4.7 Colocación del panel lateral izquierdo



Figura 4.8 Colocación del panel lateral derecho

Una vez que ya tenemos casi todas las paredes que conforman el banco simulador, ponemos en la parte delantera la tapa metálica, la cual va a servir para que podamos asentar el tablero de un vehículo por medio de remaches en el extremo de la misma, como se puede observar en la figura 4.9.



Figura 4.9 Tapa metálica en la cual esta remachado el tablero de un vehículo

Para comenzar a culminar con la estructura pusimos el techo que es de metal, por medio de remaches.



Figura 4.10 Realizando perforaciones con el taladro para colocar los remaches



Figura 4.11 Remachando el techo

Una vez puesto el techo en el banco simulador, colocamos la puerta que es un panel de espuma de poliuretano, para asegurar la misma se utilizó bisagras y para que se pueda cerrar y abrir se puso una cerradura. También para poder hermetizar se pegó en la parte interna de la puerta un empaque y de esa manera no tener ninguna fuga de aire del interior del banco simulador.



Figura 4.12 Puerta de panel de espuma de poliuretano del banco simulador por fuera y por con el empaque por adentro

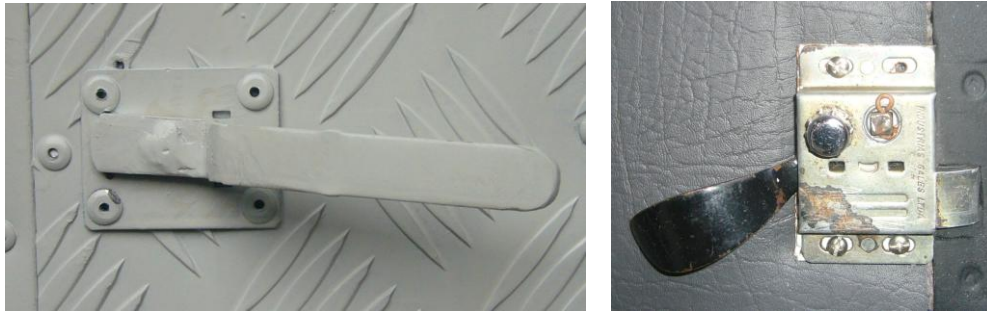


Figura 4.13 Cerradura de la puerta del banco simulador



Figura 4.14 Bisagra de la puerta del banco simulador

Continuando con la construcción de la estructura del banco simulador, colocamos el parabrisas en la parte delantera y después de ello procedimos a poner los vidrios del costado, para de esta manera casi culminar con la estructura y hermetización.



Figura 4.15 Colocación del parabrisas en el banco simulador



Figura 4.16 Colocación de los vidrios laterales

Debido a que el condensador del aire acondicionado produce calor, tuvimos que cerrar todos los espacios debajo del tablero con metal, para que de esta manera no tengamos una variación de la temperatura en el interior en donde se quiere acondicionar el aire.



Figura 4.17 Colocación del metal debajo del tablero

En la parte del frente colocamos una plancha de madera, la misma que tiene espacios para que de esta manera el calor que emite el aire acondicionado se pueda disipar fácilmente y con ello no tengamos humedad en la zona donde se encuentran todos los equipos, ya que esto sería muy perjudicial para ellos y afectaría en su desempeño.



Figura 4.18 Tapa delantera de madera del banco simulador

Una vez ya concluida la construcción tanto interna como externa del banco simulador, procedemos a forrar todas las paredes internas del mismo con padín que es un material que utilizan en los vehículos para hermetizar.



Figura 4.19 Padín colocado en las paredes laterales y en la puerta



Figura 4.20 Padín en el techo del banco simulador

Después de ello colocamos corosil, logrando con ello una mejor hermetización en el interior de la cabina.



Figura 4.21 Corosil en el techo y las paredes laterales



Figura 4.22 Corosil en la puerta

Para finalizar el recubrimiento en el interior del banco simulador forramos la parte del piso con moqueta.

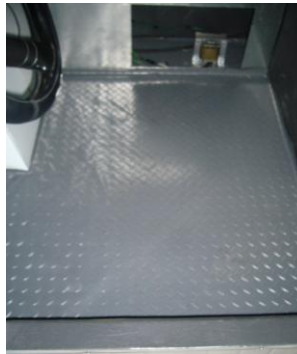


Figura 4.23 Moqueta en el piso del banco simulador

Después colocamos el asiento en la parte interior del banco simulador.



Figura 4.24 Colocación del asiento en el banco simulador

4.2 Construcción del circuito de Acondicionamiento del Aire

Para la construcción del circuito de acondicionamiento del aire tomamos en cuenta la facilidad de ubicación y manipulación de todos los elementos del sistema, así también realizamos la limpieza de los mismos, para no tener ningún problema en el funcionamiento posterior de ellos. A continuación vamos a detallar el procedimiento en la construcción que seguimos.

Comenzamos por la elaboración de una base metálica en la que se pueda fijar tanto el motor eléctrico como el compresor, los cuales, es necesario que se encuentren juntos, ya que de esta manera se va a poder colocar la banda entre sus poleas y con ello, podremos tener la transmisión del movimiento entre estos dos componentes.



Figura 4.25 Base metálica para el compresor y motor eléctrico

Después de fijar y alinear a los dos componentes en la base metálica, colocamos un templador al frente del compresor, con el cual podremos tener a la banda bien estirada, lo cual es de gran importancia en la transmisión del movimiento.



Figura 4.26 Colocación del templador en la base metálica

Para evitar una vibración fuerte en el banco simulador pusimos unos cauchos en las bases de los dos componentes.



Figura 4.27 Cauchos para evitar la vibración



Figura 4.28 Colocación de los cauchos en la base metálica



Figura 4.29 Fijación del conjunto motor eléctrico-compresor en el banco simulador

Siguiendo con la construcción, realizamos un corte en la parte lateral en el panel para que por medio de este pueda el ventilador del condensador tomar aire del exterior y también porque esa es la ubicación más adecuada en el banco simulador para el condensador.



Figura 4.30 Corte lateral para toma de aire del ventilador



Figura 4.31 Colocación y fijación del condensador y su ventilador

Después de colocar el condensador, también colocamos el deshidratador.



Figura 4.32 Colocación del deshidratador

Otro de los componentes que se colocaron en el banco simulador es el evaporador con su respectivo ventilador, se colocó de tal forma que su ventilador pueda absorber el aire en el interior de la cabina.



Figura 4.33 Fijación del evaporador



Figura 4.34 Colocación del ventilador del evaporador

Una vez colocados todos los componentes que conforman el circuito de aire acondicionado, pusimos las cañerías en el sistema y debido a que estas quedaron muy cortas en algunas partes, pusimos extensiones de tuberías de cobre, las cuales son adecuadas para soportar presiones y temperaturas altas.



Figura 4.35 Cañerías del sistema de aire acondicionado



Figura 4.36 Extensión de cañería de cobre

4.3 Construcción del circuito de mando, control y seguridad

Primero vamos a tener en cuenta que el voltaje de alimentación que tendremos es de 110V, el cual servirá para energizar algunos componentes, pero para los elementos que son parte del sistema de aire acondicionado automotriz necesitamos 12Vdc, por lo que pusimos un transformador de voltaje, el cual nos va a permitir reducir el voltaje de 110Vac a 12Vac y para rectificarla de alterna a continua, utilizamos un puente de cuatro diodos de 70A, con lo cual podremos alimentar cada parte del banco simulador. Decidimos poner de ese alto amperaje, para que el banco simulador pueda trabajar sin problema un largo lapso de tiempo, ya que en la construcción, probamos con un puente de diodos de 25A, el cual no resistió ni 30 minutos y se quemó.

Después del puente capacitor colocamos tres capacitores en paralelo, uno de 10000 y dos de 15000 μ F, con lo cual como explicamos en el capítulo 1, vamos a conseguir un menor voltaje de rizado. Colocamos tres capacitores porque en el mercado no se encuentra con facilidad un capacitor de 40000 μ F.

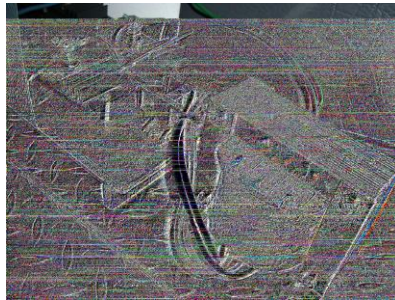


Figura 4.37 Transformador y puente rectificador de diodos

Una vez que ya tenemos la alimentación para todos los componentes, colocamos el interruptor principal que en nuestro caso será un switch de encendido como el de un auto, que va a ser el encargado de energizar todo el banco simulador, ya que el mismo permitirá que se active el contactor de dos polos con bobina de 110V, con lo cual funcionarán los dispositivos que trabajan con ese voltaje; en cambio para que los elementos del sistema de aire acondicionado puedan ponerse en marcha, hay que accionar un interruptor.



Figura 4.38 Switch de encendido del banco simulador



Figura 4.39 Interruptor de control del sistema de aire acondicionado

Una vez ya explicado la parte de control, procederemos a detallar la construcción de la parte eléctrica del sistema. En la alimentación de los 12Vdc en el cable positivo va conectado el amperímetro para poder registrar el amperaje de trabajo de cada componente.



Figura 4.40 Conexión del amperímetro

Después del amperímetro los 12Vdc alimentan a la caja de fusibles, con el objetivo de poder proteger a cada componente.

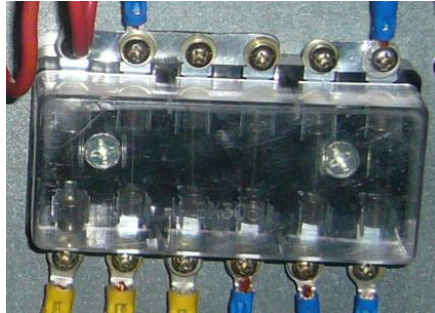


Figura 4.41 Alimentación de los fusibles

Luego de pasar por la caja de fusibles, van a los respectivos relés de cada componente si es que trabaja con estos.



Figura 4.42 Relés de algunos componentes del banco simulador

Después de pasar por los relés de cada componente o directo de cada fusible, vamos a conectar a la bornera, por medio de la cual vamos a organizar de manera más correcta la conexión de los cables.

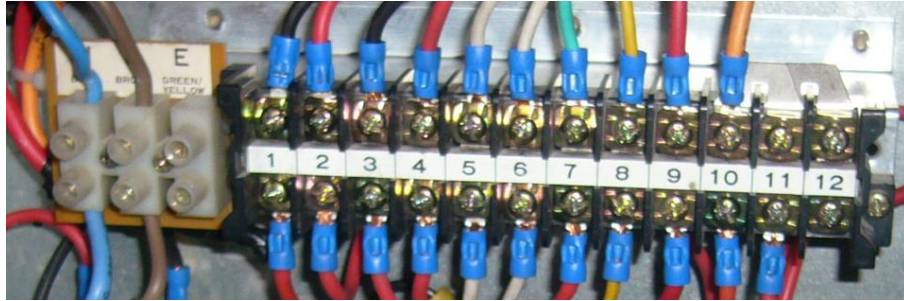


Figura 4.43 Conexión de los cables a la bornera

Una vez ya organizado el cableado en la bornera y con la debida protección para evitar cualquier daño, procedimos a conectar a cada componente del sistema de aire acondicionado, por medio del cable #14.

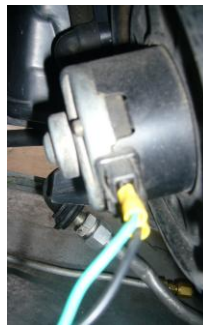


Figura 4.44 Conexión motor ventilador del evaporador



Figura 4.45 Conexión de la resistencia



Figura 4.46 Conexión del ventilador del condensador



Figura 4.47 Conexión del compresor



Figura 4.48 Conexión del presóstato de baja

Una vez ya terminada la conexión eléctrica vamos a tener el tablero de control de la siguiente manera, como se muestra en la figura 4.49.



Figura 4.49 Tablero de control del banco simulador

4.4 Construcción del sistema de fallas

El sistema de fallas que hemos creado se las realiza en forma manual, por medio de un interruptor, el mismo que hace que un relé normalmente cerrado se abra, logrando de esta manera que la energía se interrumpa para cierto componente del sistema al que vamos a provocar la falla, la misma que se va a poder visualizar por medio del led rojo, cuando éste se enciende.

Para nuestro banco simulador, hemos analizado las fallas posibles que podemos construir en el sistema, de las cuales se han obtenido tres fallas importantes, las mismas que procederemos a explicar a continuación.

Es muy importante recalcar que las fallas se pueden activar solamente cuando se encuentre accionado el interruptor que comanda al sistema de aire acondicionado automotriz y cuando se encuentre en funcionamiento el componente al que queremos ocasionar la falla.

Falla 1 (Compresor apagado): por medio de está desconectamos al compresor, consiguiendo que éste deje de funcionar. Esto se logra por medio

de un relé normalmente cerrado, el mismo que nos permite que el compresor este trabajando normalmente, cuando no se aplica la falla, pero cuando accionamos el interruptor de esta falla, automáticamente el contactor interno del relé cambia de posición, permitiendo con ello la desconexión del compresor y la energización del led rojo, el cual nos indica que la falla se encuentra activada y cuando esto ocurre, también afecta a los dos leds principales que controlan el funcionamiento de la refrigeración y calefacción en la parte izquierda, el led verde que indica que el compresor está prendido, el mismo que se apagará cuando activemos la falla y por ende se prenderá el led rojo mostrando que el compresor se encuentra apagado.

Es muy importante mencionar que esta falla podrá ser activada solamente cuando este funcionando el compresor, es decir en el etapa de refrigeración y no cuando este funcionando la resistencia en la etapa de calefacción.



Figura 4.50 Compresor funcionando, led verde prendido



Figura 4.51 Falla de apagado del compresor activada

Falla 2 (Motor ventilador del evaporador apagado): al activar el interruptor logramos que el motor ventilador del evaporador se apague, gracias a la operación del relé normalmente cerrado que actúa de la misma manera que en la falla anterior, solo que éste también va conectado al relé del compresor para que este componente también se apague, cuando esta falla entre en funcionamiento por medio del respectivo interruptor. Esto quiere decir que cuando se apaga el motor ventilador, también lo hace el compresor prendiéndose tres leds rojos, uno del ventilador del evaporador, otro del compresor y otro del led principal.

Desactivamos también el compresor, ya que si no lo hacemos el evaporador se comenzaría a congelar debido a la falta de ventilación, ocasionando de esa manera daños muy graves en el mismo.



Figura 4.52 Falla de motor ventilador del evaporador activada

Falla 3 (Presóstato de baja accionado): Esta consiste en activar a propósito el presóstato de baja, por medio de un interruptor, el cual permitirá que el relé normalmente cerrado, active un led de color rojo, lo cual nos indicará, que el sistema tiene un nivel muy bajo de refrigerante y es necesario cargar el mismo. También con esta falla se prende el led rojo principal indicando que el compresor ha dejado de funcionar debido a las condiciones anteriormente mencionadas.

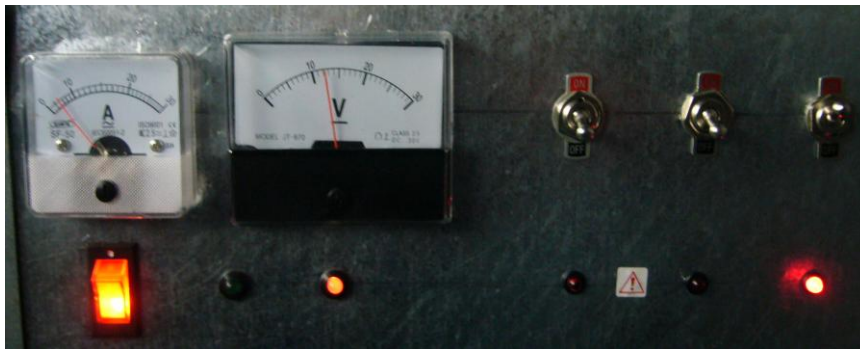


Figura 4.53 Falla del presóstato de baja activada

A continuación mostramos como quedó el banco simulador, una vez que hemos terminado su construcción interna y externa.



Figura 4.54 Frente del banco simulador



Figura 4.55 Costados del banco simulador



Figura 4.56 Interior del banco simulador



Figura 4.57 Componentes del acondicionamiento de aire del banco simulador

CAPITULO 5

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

5.1 Prueba del Sistema de Acondicionamiento del Aire

Se realizaron varias pruebas en cada parte del sistema de acondicionamiento del aire, con el fin de comprobar que todos los componentes estén trabajando de manera correcta. A continuación explicaremos detalladamente cada una de ellas.

5.1.1 Prueba de fugas

Este tipo de prueba es muy importante ya que por medio de ésta vamos a comprobar si existe algún tipo de fuga en las cañerías o equipos.

Para verificar la existencia de puntos de fuga en el sistema de aire acondicionado, es necesario que dentro del sistema este la presencia de refrigerante, o a su vez que se encuentre presurizado con nitrógeno.

El método que utilizamos para comprobar si hay fugas en el sistema, fue usando una solución de agua y jabón.

Este método consiste en tener presurizado el sistema de aire acondicionado con nitrógeno o bien sea refrigerante, en nuestro caso lo realizamos por medio del refrigerante R-134a, y posteriormente aplicamos la solución jabonosa en las conexiones de tubería, dobleces o bien donde se sospeche que existe fuga. Donde exista la formación de burbujas se habrá detectado una fuga.



Figura 5.1 Prueba de fugas con solución jabonosa

5.1.2 Proceso de vacío

Este proceso de vacío es muy importante, ya que por medio de éste vamos a tener un sistema de aire acondicionado en óptimas condiciones para funcionar. Éste se puede realizar por medio de una bomba de vacío o de una máquina que realiza vacío, carga y reciclado, de forma automática.

Para garantizar un buen vaciado, es decir, que nuestro sistema quede libre de agua y aire, realizamos los siguientes pasos:

- Haber verificado que el sistema de aire acondicionado no tiene fugas, con la prueba que se realizó anteriormente.
- Verificamos que el banco simulador se encuentre apagado.
- Conectamos la manguera de servicio (amarilla) del colector de manómetros del banco simulador a la válvula de la lumbrera de admisión de la bomba de vacío.
- Abrimos al máximo, las válvulas manuales de los lados de alta y baja del colector de manómetros.
- Comprobamos la lectura del manómetro del lado de baja antes de encender la bomba de vacío. Verificamos después de un par de minutos que la aguja del manómetro de baja, comience a descender;

ya que si no lo hace, significa que hay una fuga en el sistema, o que está floja alguna conexión.

- Como no hubo ningún problema, dejamos la bomba funcionando por unos 20 minutos y después de ese tiempo, cerramos las válvulas manuales de los manómetros de alta y baja. Apagamos la bomba de vacío y miramos que la marca de la aguja del manómetro del lado de baja, se encuentre próxima a 30 pulg de Hg.
- Dejamos reposar el sistema de aire acondicionado unos 10 minutos y volvemos a comprobar la lectura del manómetro del lado de baja. Como no cambió, indica que se mantiene el vacío del sistema, pero si se mueve hacia atrás, (hacia cero), indica que hay fuga en el sistema, porque la entrada de aire, produce una pérdida de vacío.

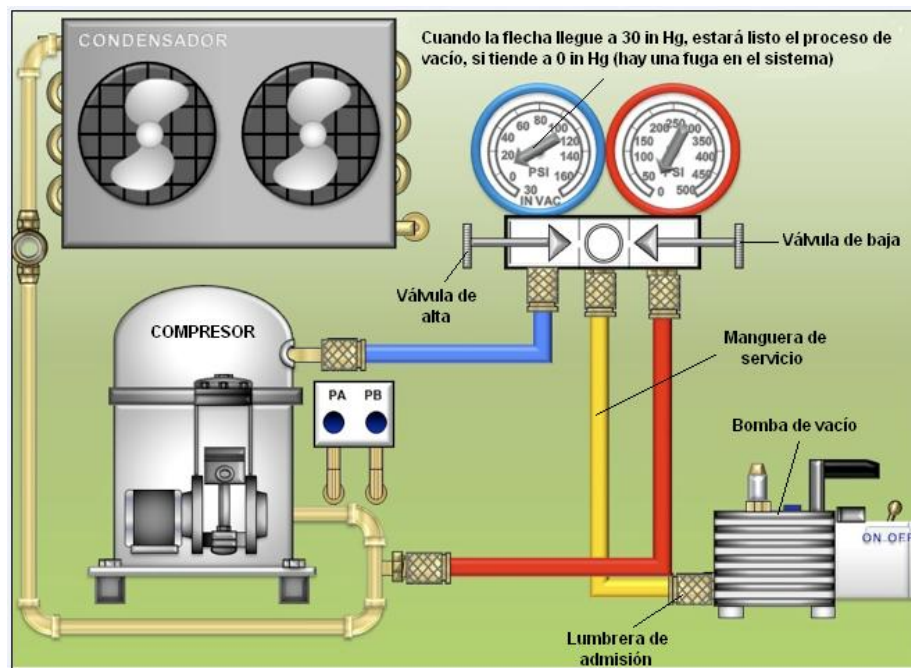


Figura 5.2 Bomba de vacío conectada al sistema de aire acondicionado

5.1.3 Carga de refrigerante R-134a en el sistema

Antes de realizar la carga de refrigerante en el banco simulador, hay que tener presente las normas de seguridad necesarias, como el uso de gafas, guantes y ropa adecuada de trabajo; ya que el contacto del refrigerante con los ojos es muy peligroso, es por esto que, al manipular el refrigerante R-134a, hay que hacerlo con cuidado y ser precavidos.

Después de haber evacuado correctamente aire y humedad del sistema, por medio de la prueba de vacío, el siguiente paso es realizar la carga del sistema con el refrigerante R-134a.

Antes de realizar la carga de refrigerante, tenemos que consultar la cantidad y el tipo de refrigerante que requiere el circuito de A/C, datos que encontramos en los catálogos del fabricante. En nuestro caso vamos a utilizar un sistema de aire acondicionado automotriz que tiene los siguientes datos.

Fabricante: Suzuki

Modelo: Vitara 1.6

Refrigerante: R-134a

Capacidad de refrigerante: 570 gramos ^[68]

Según el catálogo del fabricante que se encuentra en la tabla 7.23 del Anexo C, tenemos que poner 570 gr. de R-134a en el sistema de aire acondicionado del banco simulador, pero como explicamos anteriormente que el motor eléctrico no proporciona las revoluciones que necesita el

^[68] R134a Refrigerant Capacity Guide; Arizone.

compresor para trabajar a plena capacidad, es por esta razón que, en nuestro sistema de aire acondicionado cargamos solamente 400gr.

A continuación explicamos los pasos que realizamos en el proceso de carga.

- Verificamos que el banco simulador se encuentre apagado.
- Como se realizó el proceso de vacío, con ello el sistema está libre de aire, entonces procederemos a cargar el refrigerante en estado líquido por el lado de alta.
- Conectamos la manguera amarilla (de servicio) del juego de manómetros al tanque de refrigerante.
- Antes de cargar el refrigerante es muy importante purgar las mangueras del juego de manómetros, para que no entre aire en el sistema.
- Colocamos el tanque de refrigerante boca abajo y encima de una balanza, para que de esta manera podamos saber cuánto peso tiene el mismo, antes de la carga.



Figura 5.3 Pesando el refrigerante en la balanza

- Una vez que tenemos el peso del tanque, debemos estar pendientes, de poner un poco menos de los 400 gramos, ya que es preferible que el sistema tenga un valor menor del especificado, para que no sufra averías. También hay que considerar que cada metro de manguera contiene 30 gramos de refrigerante.

- Antes de proceder a cargar el refrigerante al sistema de aire acondicionado del banco simulador, verificamos que las válvulas de baja y alta del juego de manómetros se encuentren cerradas.
- Abrimos la válvula del tanque de refrigerante.
- Después de eso abrimos poco a poco la válvula de alta del juego de manómetros, para que el refrigerante ingrese al sistema en bajas cantidades. Ya que si se deja abierta la válvula por un lapso amplio de tiempo, se produciría presiones muy altas, que podrían ocasionar la explosión de las cañerías, lo cual es muy peligroso.
- Vamos comprobando el peso del tanque refrigerante por medio de la balanza, para poner la cantidad de refrigerante adecuada en el sistema.
- Una vez que tengamos los 400 gramos en el sistema, con un margen de error de +/- 10 gramos.
- Cerramos la válvula de alta del juego de manómetros y también la válvula del tanque de refrigerante.
- Una vez completada la carga, desconectamos la manguera de amarilla (de servicio) del juego de manómetros.
- Al terminar se comprueba las presiones y funcionamiento del circuito de aire acondicionado del banco simulador.
- Si se diera el caso de que ya no ingresa refrigerante al sistema, es decir ya no supera la presión del mismo, pero todavía hace falta un poco más, para llegar a la cantidad especificada por el fabricante, se calienta el tanque de refrigerante por medio de una faja calentadora eléctrica, para que incremente la presión en éste y así se cargue lo que hace falta.
- Pero si con lo anterior, no se consigue la cantidad especificada por el fabricante, primero hay que revisar si se realizó correctamente el proceso de vacío y que las mangueras se han purgado. Después de

comprobar que se hizo lo anterior, procedemos a cargar lo que hace falta de refrigerante en estado gaseoso, por el lado de baja y con el equipo funcionando.

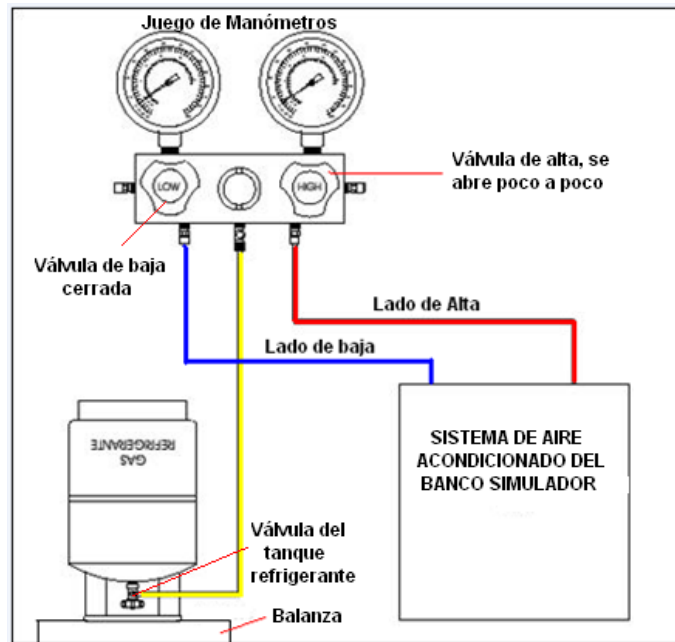


Figura 5.4 Carga del refrigerante líquido por el lado de alta presión



Figura 5.5 Carga de refrigerante gaseoso, lado de baja (sólo si fuere necesario)

5.1.4 Prueba de funcionamiento del banco simulador

Una vez instalado el sistema de aire acondicionado automotriz y comprobado que todos los componentes de control funcionen correctamente, procedimos a realizar algunas pruebas de funcionamiento del banco simulador, con la ayuda de un multímetro digital, en el cual medimos la temperatura.

Los objetivos de la prueba son:

- Determinar el tiempo que el banco simulador alcanza los 25°C desde los 18°C y el tiempo de descenso de la temperatura de los 25°C a los 18°C, para ello nos vamos a valer de una gráfica temperatura vs tiempo.
- Determinar los parámetros reales de funcionamiento del banco simulador, midiendo la temperatura por medio del multímetro digital.

Parámetros de las pruebas

Lugar donde se realizaron las pruebas:	Machachi-Ecuador
Fecha de la prueba:	24 de marzo 2011
Hora de inicio de las pruebas:	17h30
Temperatura del ambiente:	15,8°C
Humedad del ambiente:	72,6%
Hora de finalización de la prueba:	20h00

5.1.4.1 Prueba de vacío del banco simulador cerrado de 18-25°C

Con el banco simulador cerrado y vacío, procedemos a medir la temperatura del aire que sale de los difusores con la ayuda del multímetro digital y tomamos el tiempo que tarda en subir la temperatura de 18 – 25°C.

En el Anexo C se encuentra la tabla 7.11, en la cual podemos ver los datos de temperatura en función del tiempo, medidos con el multímetro digital y podemos comparar con la tabla 7.12, que tiene los mismos datos, pero medidos con el controlador de temperatura MT-543Ri plus.

En este proceso se consume 11,57 A; durante el funcionamiento de la resistencia y el ventilador (evaporador), del sistema de acondicionamiento de aire.

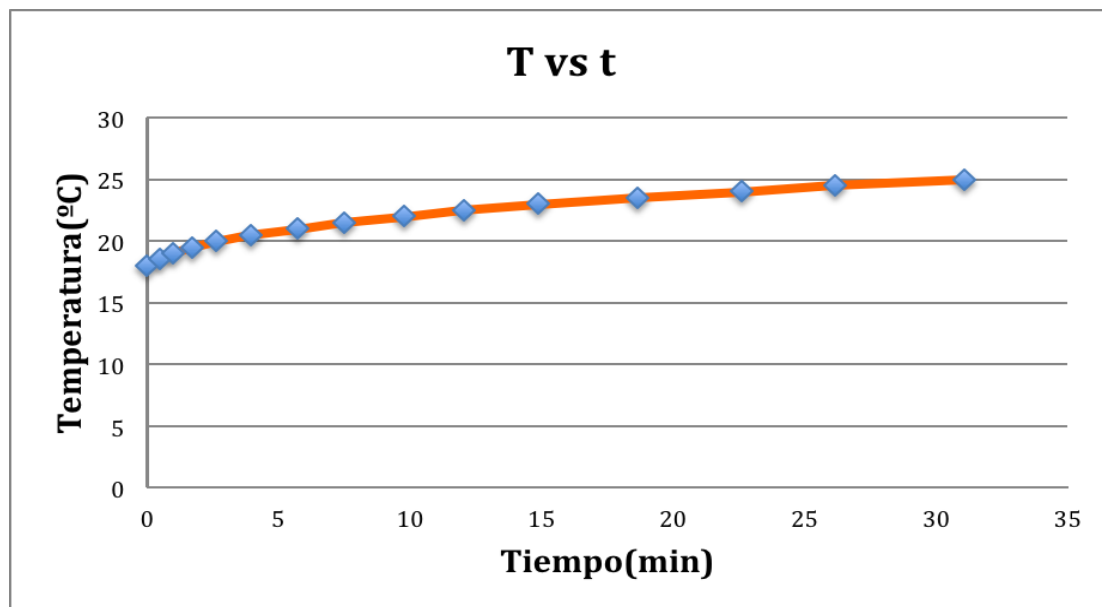


Figura 5.6 Gráfica de funcionamiento del banco simulador vacío y cerrado (18-25°C)

5.1.4.2 Prueba de vacío del banco simulador cerrado de 25-18°C

En cambio esta prueba es lo contrario de la prueba anterior, ya que tiene las mismas condiciones, es decir, el banco simulador cerrado y vacío. Pero en ésta tomamos el tiempo que tarda en descender la temperatura del banco simulador de 25 – 18°C.

En el Anexo C se encuentra la tabla 7.13, en la cual podemos ver los datos de temperatura en función del tiempo, medidos con el multímetro digital y podemos comparar con la tabla 7.14, que tiene los mismos datos, pero medidos con el controlador de temperatura MT-543Ri plus.

En este proceso se consume 12,97 A; durante el funcionamiento del compresor y el ventilador (evaporador), del sistema de aire acondicionado automotriz.

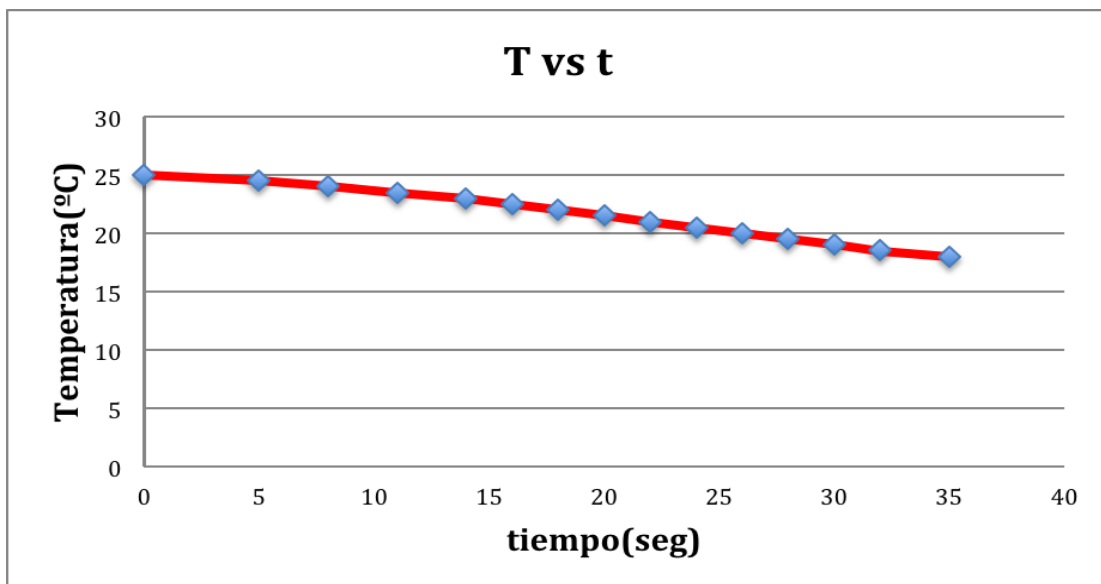


Figura 5.7 Gráfica de funcionamiento del banco simulador vacío y cerrado (25-18°C)

5.1.4.3 Prueba de vacío del banco simulador abierto de 18-25°C

Con el banco simulador abierto y vacío, procedemos a medir la temperatura del aire que sale de los difusores con la ayuda del multímetro digital y tomamos el tiempo que tarda en subir la temperatura de 18 – 25°C.

En el Anexo C se encuentra la tabla 7.15, en la cual podemos ver los datos de temperatura en función del tiempo, medidos con el multímetro digital y podemos comparar con la tabla 7.16, que tiene los mismos datos, pero medidos con el controlador de temperatura MT-543Ri plus.

En este proceso se consume 11,57 A; durante el funcionamiento de la resistencia y el ventilador (evaporador), del sistema de acondicionamiento de aire.

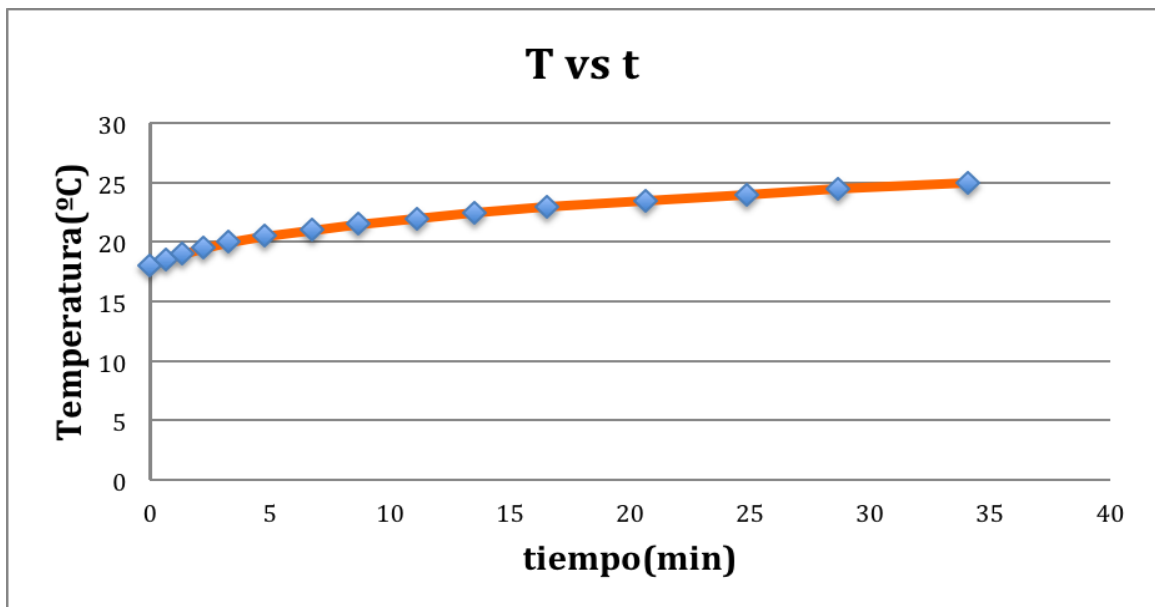


Figura 5.8 Gráfica de funcionamiento del banco simulador vacío y abierto (18-25°C)

5.1.4.4 Prueba de vacío del banco simulador abierto de 25-18°C

En cambio esta prueba es lo contrario de la prueba anterior, ya que tiene las mismas condiciones, es decir, el banco simulador abierto y vacío. Pero en ésta tomamos el tiempo que tarda en descender la temperatura del banco simulador de 25 – 18°C.

En el Anexo C se encuentra la tabla 7.17, en la cual podemos ver los datos de temperatura en función del tiempo, medidos con el multímetro digital y podemos comparar con la tabla 7.18, que tiene los mismos datos, pero medidos con el controlador de temperatura MT-543Ri plus.

En este proceso se consume 12,97 A; durante el funcionamiento del compresor y el ventilador (evaporador), del sistema de aire acondicionado automotriz.

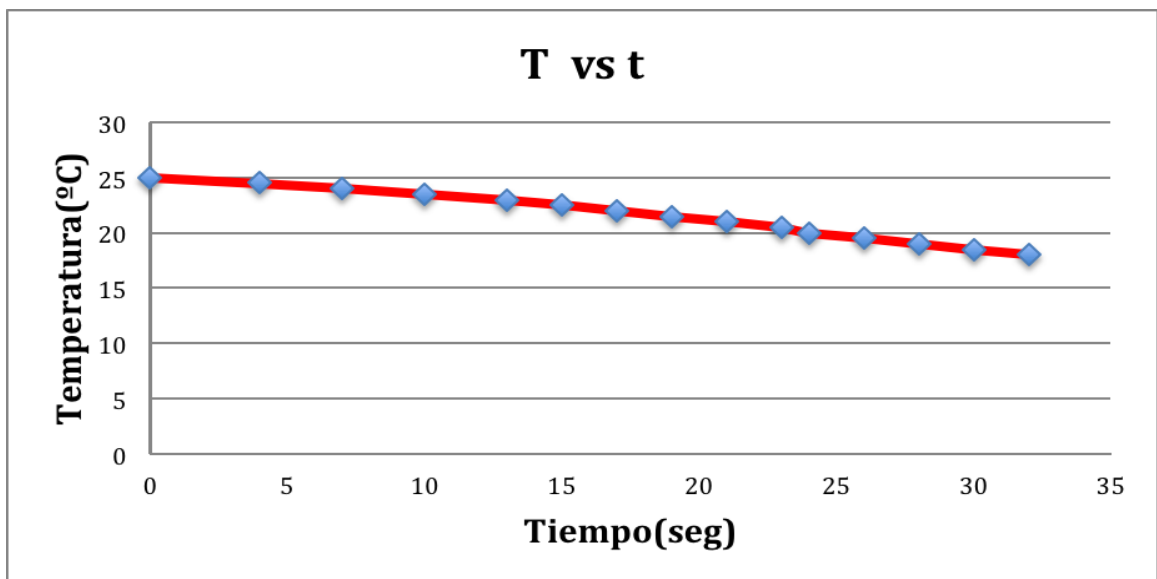


Figura 5.9 Gráfica de funcionamiento del banco simulador vacío y abierto (25-18°C)

5.1.4.5 Prueba del banco simulador con carga y cerrado de 18-25°C

Con el banco simulador cerrado y con carga (dos persona y luz), procedemos a medir la temperatura del aire que sale de los difusores con la ayuda del multímetro digital y tomamos el tiempo que tarda en subir la temperatura de 18 – 25°C.

En el Anexo C se encuentra la tabla 7.19, en la cual podemos ver los datos de temperatura en función del tiempo, medidos con el multímetro digital y podemos comparar con la tabla 7.20, que tiene los mismos datos, pero medidos con el controlador de temperatura MT-543Ri plus.

En este proceso se consume 13,27 A; durante el funcionamiento de la resistencia, luz de salón y el ventilador (evaporador), del sistema de acondicionamiento de aire.

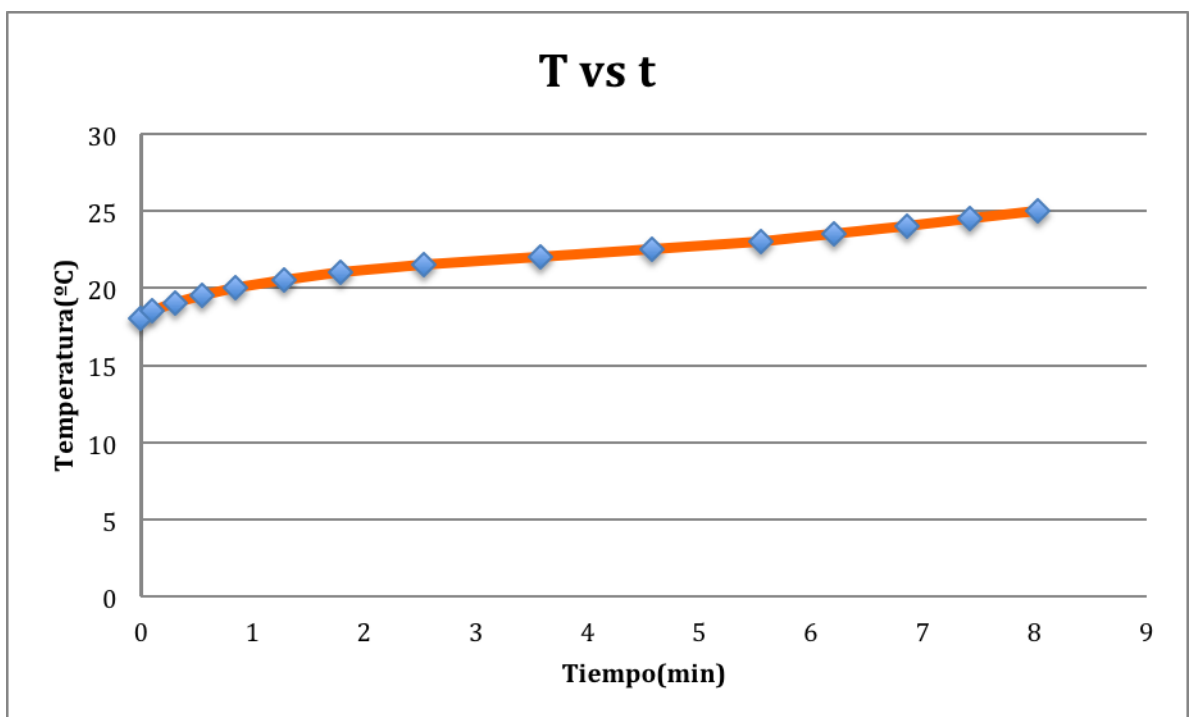


Figura 5.10 Gráfica de funcionamiento del banco simulador con carga y cerrado (18-25°C)

5.1.4.6 Prueba del banco simulador con carga y cerrado de 25-18°C

En cambio esta prueba es lo contrario de la prueba anterior, ya que tiene las mismas condiciones, es decir, el banco simulador cerrado y con carga (dos personas y luz). Pero en ésta tomamos el tiempo que tarda en descender la temperatura del banco simulador de 25 – 18°C.

En el Anexo C se encuentra la tabla 7.21, en la cual podemos ver los datos de temperatura en función del tiempo, medidos con el multímetro digital y podemos comparar con la tabla 7.22, que tiene los mismos datos, pero medidos con el controlador de temperatura MT-543Ri *plus*.

En este proceso se consume 14,67 A; durante el funcionamiento de la luz de salón, compresor y ventilador (evaporador), del sistema de aire acondicionado automotriz.

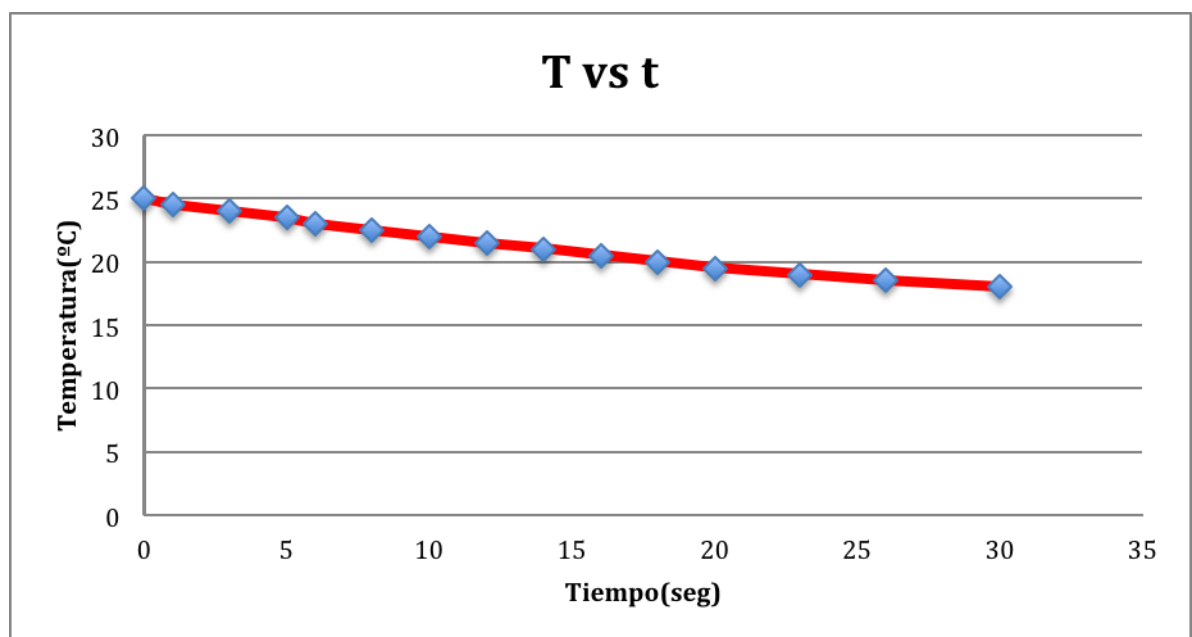


Figura 5.11 Gráfica de funcionamiento del banco simulador con carga y cerrado (25-18°C)

5.1.4.7 Análisis de resultados de las pruebas de funcionamiento del banco simulador

El banco simulador depende mucho de la temperatura ambiente, ya que si ésta es muy baja, vamos a tener mayor tiempo de estabilización del sistema de calefacción (resistencia), ya que como se puede ver en las figuras 5.6, 5.8 y 5.10; el sistema mencionado necesita de por lo menos 6 a 7 minutos para que se estabilice. En cambio en las figuras 5.7, 5.9 y 5.11, podemos ver que el sistema de aire acondicionado automotriz (refrigeración), necesita de pocos segundos para estabilizarse.

Como se puede observar en las figuras 5.6, 5.8 y 5.10; el sistema de calefacción(resistencia), tienen sus curvas logarítmicas, es decir, que la temperatura es directamente proporcional al logaritmo del tiempo.

Mientras que en las figuras 5.7, 5.9 y 5.11; se puede observar que el sistema de aire acondicionado, comandado por el compresor, tienen sus curvas lineales, esto quiere decir, que existe una relación inversamente proporcional entre la temperatura y el tiempo, ya que como se pueden ver en las curvas, a medida que disminuye la temperatura, el tiempo aumenta.

En las tablas del Anexo C podemos observar que cuando medimos con el multímetro digital, es decir, en forma real, necesita el banco simulador menos tiempo en todas las pruebas para completar el rango de temperatura deseada, mientras que con el controlador MT-543Ri *plus*, requiere de mayor tiempo para alcanzar el rango de temperatura, esto quiere decir, que las

mediciones realizadas con el multímetro tienen un margen de error menor que las medidas por medio del controlador MT-543*Ri plus*.

Haciendo una comparación de las distintas pruebas realizadas, podemos observar que cuando el banco simulador se encuentra abierto o cerrado y sin carga, necesita más tiempo para subir la temperatura interna, que cuando se encuentra cerrado y con carga. Con estos resultados, podemos concluir, que cuando el banco simulador se encuentre con carga y cerrado, tendrá un mejor rendimiento el sistema de calefacción, que cuando se encuentre abierto o cerrado y sin carga.

En cambio el rendimiento del sistema de aire acondicionado con carga es mayor como se puede apreciar en las tablas del Anexo C, que cuando funciona sin carga. Aunque parezca mínima la diferencia de tiempo en las figuras 5.7, 5.9 y 5.11; pero si tomamos rangos mayores de temperatura, podremos ver de mejor forma el rendimiento de éste sistema, cuando trabaja con carga.

Otro parámetro importante que debemos tomar en cuenta es que, tenemos un menor consumo de amperaje cuando funciona el sistema de calefacción (resistencia), que cuando funciona el sistema de aire acondicionado automotriz (refrigeración). Es por ello que el rendimiento de este último sistema es notablemente mejor, que el otro; es decir, toma menor tiempo bajar la temperatura (sistema de aire acondicionado), que subir la temperatura (sistema de calefacción) dentro de nuestro banco simulador de acondicionamiento de aire.

5.1.4.8 Calibración del controlador de temperatura MT-543 *Ri plus*

A continuación mostramos los parámetros que tiene del controlador de temperatura MT-543Ri plus en nuestro banco simulador, por medio de la siguiente tabla. Cabe recalcar que solo vamos a utilizar la 1era y 2da etapa por lo que los parámetros de la 3era etapa no vamos a tomar en cuenta y van a tener valores que no afecten a las otras etapas.

Tabla 5.1 Parámetros de configuración del MT-543Ri plus

Fun	Descripción	Mín	Máx	Unid	Valor
SP1	Temperatura de control de la 1ra etapa	5	18	°C	18
SP2	Temperatura de control de la 2da etapa	25	35	°C	25
SP3	Temperatura de control de la 3ra etapa	-50	-40	°C	-45
F01	Código de acceso:123				
F02	Corrimiento de indicación (offset)	-5	5	°C	0.0
F03	Modo de operación de la 1ra etapa	0-refrig	1-calef		0
F04	Ajuste mínimo permitido al setpoint de la 1ra etapa	-50	105	°C	5
F05	Ajuste máximo permitido al setpoint de la 1ra etapa	-50	105	°C	18
F06	Diferencial de control (histéresis) de la 1ra etapa	0.1	20	°C	7
F07	Retardo mínimo para conectar la salida de la 1ra etapa	0	999	seg.	0
F08	Modo de operación de la 2da etapa	0	4		1
F09	Ajuste mínimo permitido al setpoint de la 2da etapa	-50	105	°C	25
F10	Ajuste máximo permitido al setpoint de la 2da etapa	-50	105	°C	35
F11	Diferencial de control (histéresis) de la 2da etapa	0.1	20	°C	7
F12	Retardo mínimo para conectar la salida de la 2da etapa	0	999	seg.	0
F13	Tiempo de inhibición de la alarma al conectar el controlador	0	999	min.	0

F14	Tiempo de alarma conectada	0	999	seg.	0
F15	Tiempo de alarma desconectada	0	999	seg.	0
F16	Modo de operación de la 3ra etapa	0	2		0
F17	Ajuste mínimo permitido al setpoint de la 3ra etapa	-50	105	°C	-50
F18	Ajuste máximo permitido al setpoint de la 3ra etapa	-50	105	°C	-40
F19	Diferencial de control (histéresis) de la 3ra etapa	0.1	20	°C	1
F20	Retardo mínimo para conectar la salida de la 3ra etapa	0	999	seg.	0

5.2 Prueba de fallas mecánicas

Las fallas mecánicas se producen por la falta de mantenimiento o tiempo de uso de los equipos, para nuestro caso antes de armar el sistema de aire acondicionado realizamos el respectivo mantenimiento preventivo de los componentes, como se detalla a continuación.

- Limpieza del evaporador y condensador por medio de un penetrante.
- Cambio del aceite del compresor
- Limpieza de las cañerías.
- Limpieza y chequeo del funcionamiento del embrague electromagnético del compresor.
- Limpieza y chequeo del funcionamiento del motor ventilador del evaporador.
- Limpieza y chequeo del ventilador del condensador.

Como mencionamos es necesario realizar un mantenimiento para no tener ningún problema en el funcionamiento de los componentes del sistema de aire acondicionado, es por ello que en el siguiente capítulo, vamos a describir el mantenimiento que se tiene que realizar en el banco simulador.

5.3 Prueba de fallas eléctricas

Cuando creamos las fallas eléctricas, nos dimos cuenta que una corriente parásita regresaba hacia el relé del presostato de baja, lo que provocaba que se conecte y desconecte, por eso colocamos un diodo de 25V/5A a la salida de su bobina para que no llegue a éste esa corriente.

Para localizar cualquier desperfecto en el sistema eléctrico en el circuito de fallas, primero hay que examinar la figura 7.6 que se encuentra en el Anexo A, para poder ver en donde puede estar el problema.

Una vez realizado lo anterior, tenemos que seguir un orden de revisión en cada uno de los componentes que conforman el circuito de fallas, para con ello, ser más precisos en el diagnóstico de algún desperfecto y así no perder tiempo. Primero hay que revisar que los interruptores de cada falla se encuentran en buen estado, después observar que no haya algún corte en el cableado y por último comprobar que el relé este funcionando correctamente. Todas estas revisiones se pueden realizar por medio de un multímetro.

También realizamos la medición del consumo de amperaje de cada componente, con la ayuda del amperímetro, obteniendo los siguientes resultados:

Compresor	5,80 A
Resistencia	4,40 A
Luz de Salón	1,70 A
Ventilador Evaporador	6,97 A
Led verde/rojo	0,15 A
MT-543Ri plus	0,05 A

Medimos el valor de la resistencia de la calefacción, el mismo que es de 2,8 ohmios.

5.4 Prueba de fallas del circuito del Acondicionamiento del Aire

La única falla que vamos a tener en el circuito del acondicionamiento del aire es la que el presóstato de baja se abrirá cuando el sistema tenga poca carga de refrigerante, lo cual ocasionará que se apague el compresor que es el corazón de la refrigeración y con ello se encenderá la luz roja indicando que el compresor se encuentra apagado, para que el usuario pueda darse cuenta de este desperfecto. Hay que recordar que esta falla actúa en forma independiente del sistema de fallas.



Figura 5.12 Presóstato de baja abierto, compresor apagado

CAPITULO 6

PRÁCTICAS DE SIMULACIÓN

6.1 Manual de Prácticas sobre el banco simulador

6.1.1 Práctica N.-1

Tema: Familiarización con los componentes del acondicionador de aire del banco simulador

Objetivos:

- Identificar cada uno de los componentes del aire acondicionado del banco simulador.

- Determinar la función y características de cada uno de los componentes.

Materiales y equipos

Componentes del aire acondicionado automotriz del banco simulador, los cuales son:

- Compresor
- Evaporador
- Condensador
- Válvula de expansión termostática
- Filtro deshidratador
- Ventilador del evaporador y condensador
- Embrague electromagnético del compresor

Marco Teórico

El sistema de aire acondicionado opera sobre el principio de intercambio de calor por conductividad, es decir que un material caliente entra en contacto con un material frío y transfiere su energía calorífica a este último. Este proceso puede continuar hasta que los dos materiales alcanzan la misma temperatura.

El sistema está constituido por los siguientes componentes:

- El compresor
- El evaporador
- El condensador
- La válvula de expansión termostática
- Filtro deshidratador

- Ventilador del evaporador
- Embrague electromagnético del compresor

El sistema contiene un líquido conocido como refrigerante, el mismo que pasa de vapor a líquido a alta presión y de líquido a vapor a baja presión. Éste fluye a través de las tuberías del sistema, las cuales no contienen aire o agua.

El compresor es el elemento de propulsión para el refrigerante en el equipo de acondicionamiento de aire. Sus funciones principales son hacer circular el refrigerante en el circuito y causar los cambios de presión dentro del sistema.

En el evaporador el refrigerante es vaporizado debido a que absorbe calor del medio ambiente, que en este caso es el aire, por medio del contacto entre el evaporador y el aire, disminuye la temperatura del aire.

El condensador es un intercambiador de calor del sistema, cuyo trabajo es disipar el calor del refrigerante a la atmósfera, por lo que el mismo se condensa en líquido.

La válvula de expansión termostática produce una reducción drástica de la presión y de la temperatura del refrigerante y regula el flujo del mismo a introducir en el evaporador de manera que, en las diferentes condiciones de carga térmica, pueda evaporarse completamente mientras atraviesa el evaporador y, además, en el último tramo alcance un grado de recalentamiento mínimo, pero suficiente para garantizar la llegada al compresor en estado de vapor.

El filtro deshidratador se encarga de almacenar el refrigerante cuando el sistema no está funcionando y cuando lo está limpia el refrigerante mediante su filtrado y deshumificación.

El ventilador causa un flujo de aire sobre los tubos del evaporador y fuerza al aire frío dentro del vehículo a través de conductos especiales.

El embrague electromagnético es activado por una corriente eléctrica y controla la operación del compresor. También desactiva y reactiva el compresor, según los requerimientos de temperatura dentro del vehículo.

Ciclo de trabajo del sistema de aire acondicionado automotriz

El ciclo de trabajo del sistema de aire acondicionado se realiza en seis etapas que la vamos a describir a continuación.

Etapa 1: Compresión. El fluido se encuentra en estado gaseoso y es aspirado a baja presión y baja temperatura por el compresor (3 bar, 5 °C) sale comprimido a alta presión y alta temperatura (20 bar, 100 °C). La energía necesaria para llevar a cabo este trabajo de compresión se la aporta la correa del alternador, que también suele mover la bomba de líquido refrigerante.

Etapa 2: Condensación. El fluido en estado gaseoso entra a alta presión y temperatura en el condensador, cede el calor al aire que atraviesa el intercambiador y se condensa, y sale en estado líquido, a alta presión y temperatura media (19 bar, 60 °C).

Etapa 3: Filtrado y desecado. El fluido en estado líquido pasa por el filtro deshidratante, que absorbe la humedad del fluido, y por un elemento filtrante que retiene las impurezas de líquido. Después de ser filtrado el líquido pasa por el conmutador de presión trinario o presóstato, que es el encargado de controlar la presión en este circuito y antes de pasar a la expansión en la

tubería se encuentra una válvula de servicio, en la cual se puede vaciar o cargar líquido refrigerante, así como también conectar un manómetro para comprobar la presión en dicha parte.

Etapa 4: Expansión. El fluido en estado líquido a 19 bar y 60 °C, cruza la válvula de expansión termostática y se produce una caída brusca de presión y temperatura, debido a que el tubo que conduce el refrigerante a la entrada de succión del compresor comienza en esta válvula. El fluido sale de la válvula en estado difásico, a una presión de 3 bar y una temperatura de 0 °C.

Etapa 5: Evaporación. El fluido penetra en el evaporador donde comienza el intercambio de calor con el aire exterior que entra al habitáculo y el aire interior que se encuentra en el mismo, el cual es aspirado por el ventilador del evaporador. La humedad presente en este aire se condensa sobre las aletas y es evacuada al exterior mediante un conducto de desagüe. En el evaporador se encuentra un termostato, el cual evita la congelación del refrigerante al desconectar el compresor, a una temperatura aproximadamente de 1 °C. Antes de llegar nuevamente el refrigerante pasa por un amortiguador, el cual evita las vibraciones en el circuito.

Etapa 6: Control. El fluido a la entrada del compresor debe estar en estado gaseoso para evitar deterioros en el compresor. Para ello, en los circuitos con una válvula de expansión termostática, el control se realiza a la salida del evaporador, mediante el recalentamiento, o diferencia entre la temperatura a la salida del evaporador y la temperatura de evaporación (entre 2 Y 10 °C). Por último, el fluido pasa por el compresor, y el ciclo comienza de nuevo.

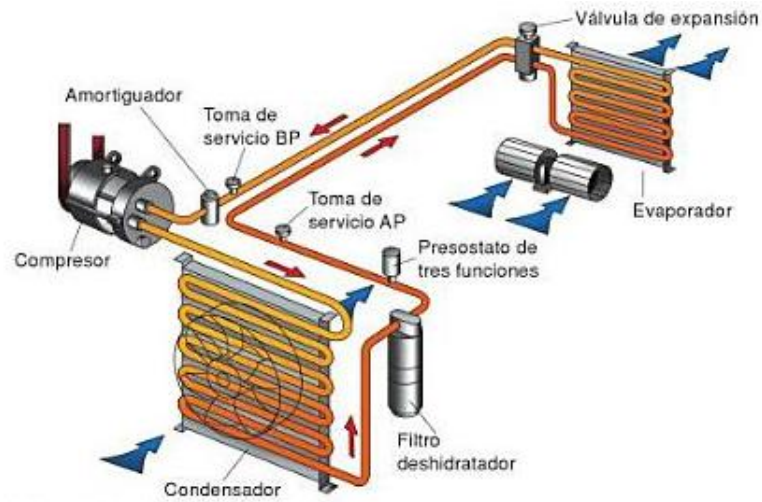
Procedimiento:

- 1.- Levantar la tapa delantera del banco simulador.
- 2.- Identificar cada uno de los componentes de aire acondicionado automotriz del banco simulador que se encuentren a la vista, ya que algunos no se los puede ver como la válvula de expansión termostática y el ventilador del evaporador.
- 3.- Después de haber realizado el paso 2, encender el banco simulador, para analizar el funcionamiento de cada uno de los componentes de aire acondicionado.

Trabajo Preparatorio

Una vez leído el marco teórico, responda las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Qué tipo de refrigerante usa el aire acondicionado automotriz? Defina el mismo.
- 2.- Explique bajo qué principio opera el sistema de aire acondicionado automotriz y en pocas palabras resuma este principio.
- 3.- Explique la función de cada componente del sistema de aire acondicionado del automotor.
- 4.- Indique en la siguiente figura si existe o no, un cambio de estado en la circulación del refrigerante por cada uno de los componentes principales, tanto a la entrada como a la salida de éstos.



Conclusiones y Recomendaciones

6.1.2 Práctica N.-2

Tema: Familiarización con los componentes eléctricos y de mando del banco simulador

Objetivos:

- Identificar cada uno de los componentes eléctricos y de mando del banco simulador.
- Determinar la función y características de cada uno de los componentes eléctricos y de mando.

Materiales y equipos

- Multímetro

Componentes del sistema eléctrico y de mando del banco simulador

- Transformador de 110Vac-12Vac
- Rectificador de voltaje
- Motor eléctrico
- Switch de encendido
- Contactor eléctrico
- Bornera
- Fusibles
- Relés
- Interruptores
- Amperímetro
- Voltímetro
- Controlador de temperatura MT-543Ri plus
- Presóstato de baja
- Sensor de ambiente del MT-543Ri plus
- Interface Conv32

Marco Teórico

El esquema eléctrico del circuito de aire acondicionado del banco simulador está basado principalmente en la conexión y desconexión del embrague electromagnético del compresor.

El circuito básico del aire acondicionado está provisto de distintos elementos que permiten el funcionamiento óptimo del circuito de refrigeración y por ende del banco simulador.

A su vez, el circuito eléctrico está protegido con elementos como fusibles y relés, que en el caso de un cortocircuito protegen a los componentes y la instalación, como se puede observar en el diagrama eléctrico, que se muestra a continuación.

El banco simulador está constituido por los siguientes elementos eléctricos y de mando:

- Transformador de 110Vac-12Vac
- Rectificador de voltaje
- Motor eléctrico
- Switch de encendido
- Contactor eléctrico
- Bornera
- Fusibles
- Relés
- Interruptores
- Amperímetro
- Voltímetro
- Controlador de temperatura MT-543Ri *plus*
- Presóstato de baja
- Sensor de ambiente del MT-543Ri *plus*
- Interface Conv32

A continuación vamos a describir cada uno de componentes que mencionamos anteriormente.

Transformador de 110Vac-12Vac

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de voltaje, en energía alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente por lo general

enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.



Rectificador de voltaje

El rectificador de voltaje es un dispositivo que se encuentra formado por componentes eléctricos y electrónicos con la finalidad de proporcionar una energía eléctrica continua a partir de una alterna. El cambio de las características de la energía eléctrica se hace a partir de un puente de diodos y con la ayuda de un capacitor, este último filtra la energía.



Motor eléctrico

Motor que convierte la energía eléctrica en mecánica. Está formado por un estator (permanece fijo a la carcasa) y un rotor (gira en el interior del estator).

El motor funciona por la atracción y repulsión entre campos magnéticos creados en unas bobinas colocadas en el rotor y en el estator.



Contactador eléctrico

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción.



Fusible

Los fusibles son dispositivos de seguridad para circuitos eléctricos que ofrecen un punto vulnerable que colapsa ante el aumento de tensión o intensidad en la corriente circulante, para proteger el circuito y los equipos que lo integren.



Relé

El relé o relevador, es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.



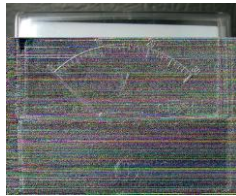
Amperímetro

Un amperímetro es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico.



Voltímetro

Un voltímetro es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.



Controlador de temperatura MT-543Ri plus

El MT-543Ri *plus* es un controlador digital de temperatura, que posee tres salidas. Como es versátil, permite que la segunda etapa actúe ya sea para refrigeración, calefacción o alarma y la tercera etapa, además de funcionar como timer cíclico, puede actuar en conjunto con la primera en sistemas que necesiten ventilación mínima. También éste dispositivo a través de la salida serial RS-485, permite comunicación con el software SITRAD.



Presóstato de baja

Su misión es interrumpir la señal eléctrica de activación del embrague electromagnético del compresor en caso de que la presión en el sistema sea

incorrecta, es decir, cuando la carga de refrigerante en el sistema sea muy bajo.



Sensor de ambiente del MT-543Ri plus

Su función es controlar la temperatura del ambiente y enviar el valor que obtiene al MT-543Ri plus



Interface Conv32

La interface CONV32 de Full Gauge permite que los controladores con comunicación serial, sean conectados a una PC que posea un puerto de comunicación USB.

La interface se encarga entonces de transformar el estándar eléctrico utilizado por la PC al estándar eléctrico RS-485 utilizado por los controladores.

La Full Gauge utiliza la red RS-485 para proporcionar mayor robustez y confiabilidad en la comunicación entre sus controladores y el Software Sitrad. La comunicación es establecida a dos hilos (A y B), pudiéndose efectuar así una comunicación Half-Duplex en que la PC es el máster y los controladores son esclavos.



Procedimiento

- 1.- Conectar el cable del banco simulador a la fuente de alimentación de 110V.
- 2.- Prender el banco simulador.
- 3.- Quitar el acrílico que cubre el sistema eléctrico.
- 4.- Reconocer cada componente del sistema eléctrico.
- 5.- Sacar cada fusible, mirar su amperaje.
- 6.- Con la ayuda de un multímetro, medir el amperaje que consume cada componente que tiene fusible y anotararlo en la siguiente tabla:

Componente	Compresor	Resistencia	Luz de Salón	Ventilador del evaporador	Led Rojo/Verde	MT-543Ri plus
Amperaje						

- 7.- Medir con el multímetro el valor de voltaje que llega a la entrada del puente rectificador.

8.- Medir con el voltímetro el valor de voltaje que tiene a la salida el puente rectificador.

9.- Tomar la medida de voltaje que da el voltímetro del banco simulador, cuando solo se encuentra funcionando el motor eléctrico.

10.- Tomar la medida de voltaje que da el voltímetro del banco simulador, cuando se activa el interruptor del A/C.

11.- Tomar la medida de amperaje que da el amperímetro, con el interruptor de A/C activado y se encuentra funcionando el sistema de calefacción (18-25°C)

12.- Tomar la medida de amperaje que da el amperímetro, con el interruptor de A/C activado y se encuentra funcionando el sistema de refrigeración (25-18°C)

Trabajo Preparatorio

Después de haber leído el marco teórico, responda las siguientes preguntas:

1.- ¿En qué está basado el esquema eléctrico del banco simulador de aire acondicionado automotriz?

2.- ¿Cuáles son los componentes de protección del circuito eléctrico? Ponga la definición y el símbolo eléctrico de cada uno de ellos.

3.- Dibuje el esquema eléctrico del aire acondicionado automotriz, enumere sus partes y explique el funcionamiento del mismo.

Conclusiones y Recomendaciones

6.1.3 Práctica N.-3

Tema: Familiarización y manipulación del programa Sitrad

Objetivo:

- Identificar las funciones y características que posee el programa Sitrad.
- Aprender a modificar los parámetros de funcionamiento del controlador de temperatura MT-543*ri plus*, por medio del programa Sitrad.
- Realizar gráficas del funcionamiento del MT-543*Ri plus*.

Materiales y equipos

- Computador
- Interface conv32
- Controlador de temperatura MT-543*Ri plus*
- Sistema de aire acondicionado del banco simulador

Marco Teórico

El software utilizado es el SITRAD, debido a que este fue creado específicamente para trabajar con los dispositivos de control que vamos a utilizar, así también porque es fácil de manipular y versátil.

SITRAD es un software de gerenciamiento a distancia desarrollado para la utilización en instalaciones de refrigeración, calefacción, climatización y calentamiento solar. Versátil, accede tanto local como remotamente e instalaciones de los más diversos segmentos, desde red de supermercados,

frigoríficos y restaurantes, hasta hoteles, hospitales, laboratorios y residencias, entre otros.

El software posibilita evaluar, configurar y almacenar, continuamente, datos de temperatura, humedad, tiempo, presión y voltaje, permitiendo modificar los parámetros de los controladores con total seguridad y precisión.

A través de él, es posible, obtener gráficos e informes, generados a partir de los datos almacenados.

Especificaciones técnicas

Sitrad Server: es la versión que debe ser instalada en la computadora donde están conectados los instrumentos a través de la Interface CONV32. Los requisitos mínimos de ese sistema son:

- Pentium 200 MHz o superior
- 20Mb de HD
- 32Mb de RAM (recomendable 92Mb)
- Windows 9x/ME/NT/XP/2000/2003
- 1 puerta de comunicación (COM1, COM2...)

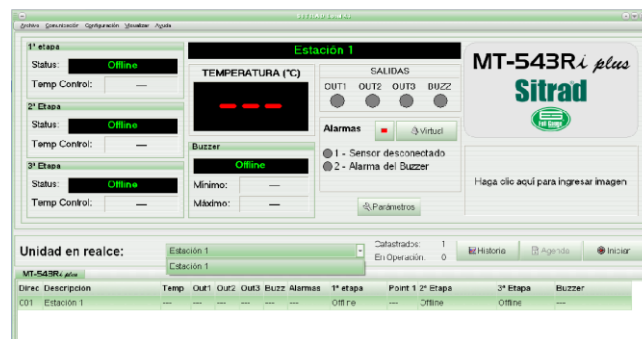
Sitrad Client: es la versión que comunicará con el Server, debiendo ser instalada en una computadora con acceso a la Internet. Los requisitos mínimos de ese sistema son:

- Pentium 200 MHz o superior
- 8Mb de HD
- 32Mb de RAM (recomendable 64Mb)

- Windows 9x/ME/NT/XP/2000/2003
- Conexión con Internet o intranet

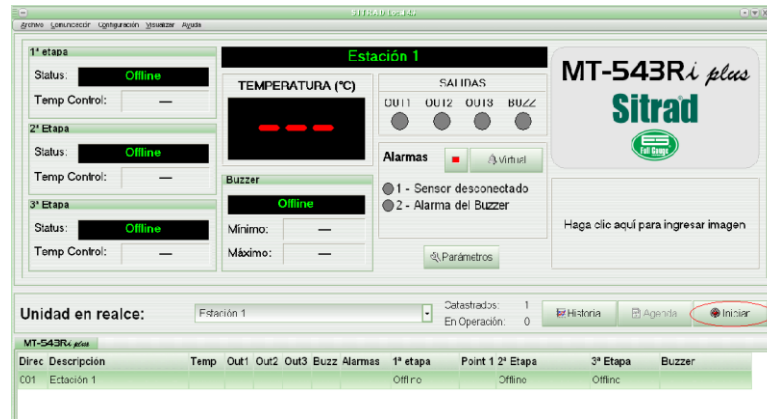
Procedimiento:

- 1.- Encender el banco simulador.
- 2.- Activar el interruptor de encendido del aire acondicionado del banco simulador.
- 3.- Si aún no tiene el programa SITRAD en el computador, instalar el mismo por medio del cd de instalación.
- 4.- Conectar la interface conv32 del banco simulador, por medio del cable al puerto USB del computador.
- 5.- Entrar al programa SITRAD local.
- 6.- Después de entrar al programa, el mismo se encargará de buscar la estación en la que se encuentra el controlador de temperatura MT-543Ri plus.
- 7.- Una vez que el programa ha concluido con la búsqueda, escoger la estación que aparece en la unidad de realce, en este caso será "Estación 1".

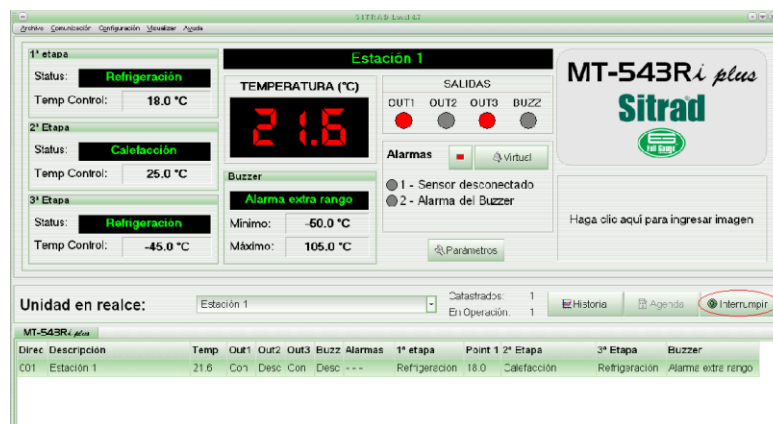


- 8.- Una vez que veamos que aparece el nombre del MT-543Ri plus en la parte superior derecha, procedemos a pulsar el botón iniciar, como se indica

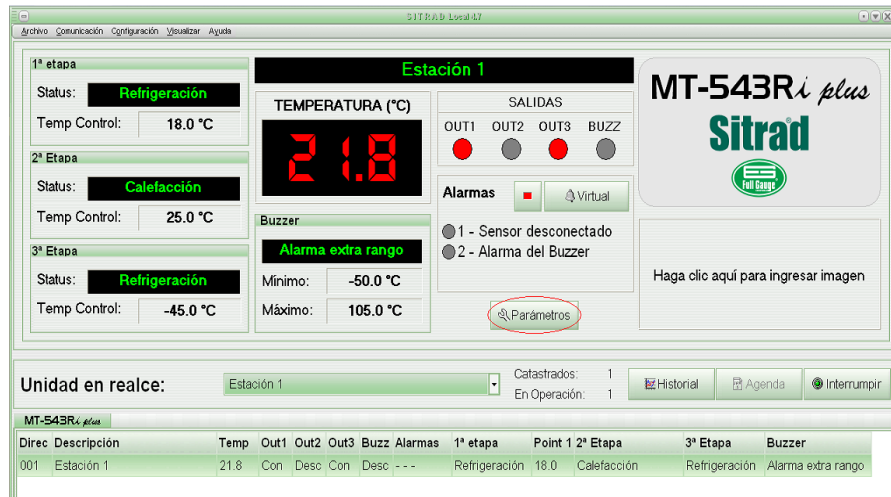
en el siguiente gráfico.



9.- Después que hemos pulsado el botón iniciar, inmediatamente se cambiará por el nombre “interrumpir”, es decir, que el controlador de temperatura MT-543Ri plus está conectado con el programa SITRAD, ya que se puede ver en la pantalla la temperatura de funcionamiento del mismo y se podrá desconectar cuando el usuario lo desee, pulsando el botón interrumpir.



10.- Una vez conectado el controlador de temperatura con el programa, se puede realizar modificaciones en los parámetros de trabajo del mismo, pulsando el botón parámetros.



11.- Una vez que pulsamos el botón parámetros, inmediatamente, nos pide que pongamos el código de acceso, el cual es:123

12.- Después de haber puesto el código de acceso, aparecerá una pantalla en donde se encuentran los parámetros, para modificar los mismos, se ingresa el valor deseado en el recuadro y se pone enviar, como se puede ver en la figura.



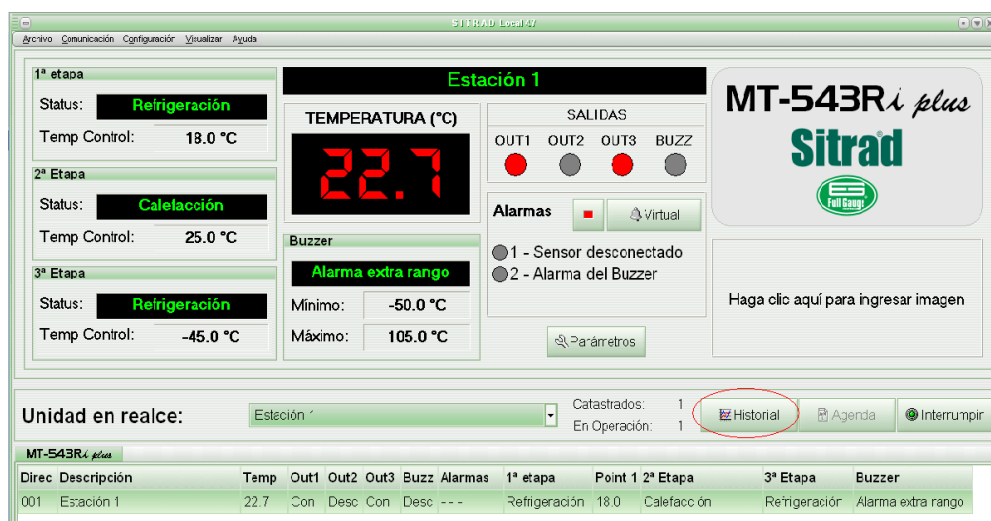
13.- En esta misma pantalla se puede modificar el nombre de la Estación 1,

por el nombre que deseemos.

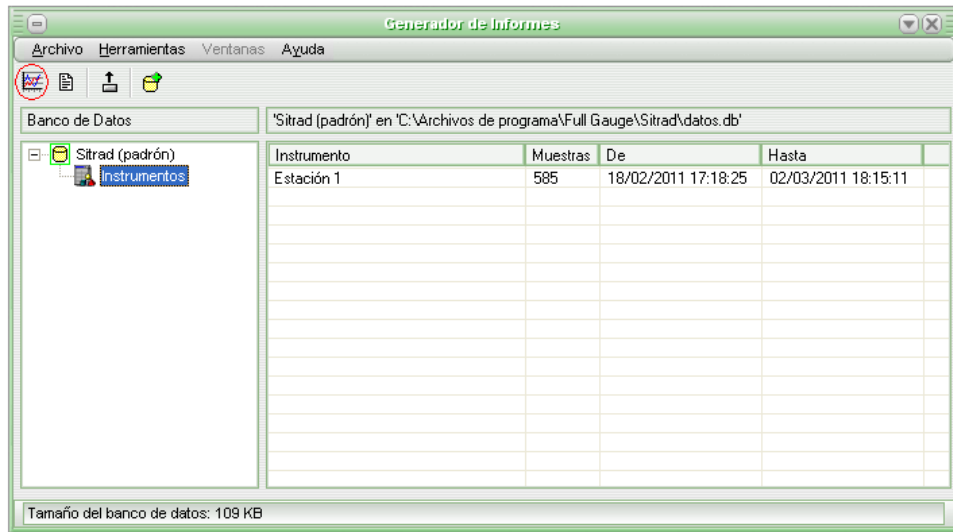


14.- Volvemos a la pantalla principal pulsando el botón volver, que se encuentra en la parte derecha superior, con lo cual salimos de los parámetros y regresamos a la pantalla principal del programa.

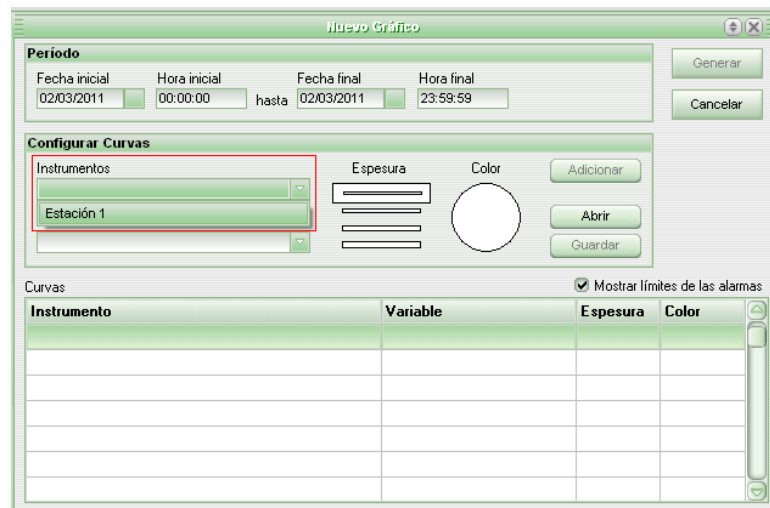
15.- Otra vez en la pantalla principal, podemos pulsar el botón “Historial”, por medio del cual podemos realizar gráficos y informes.



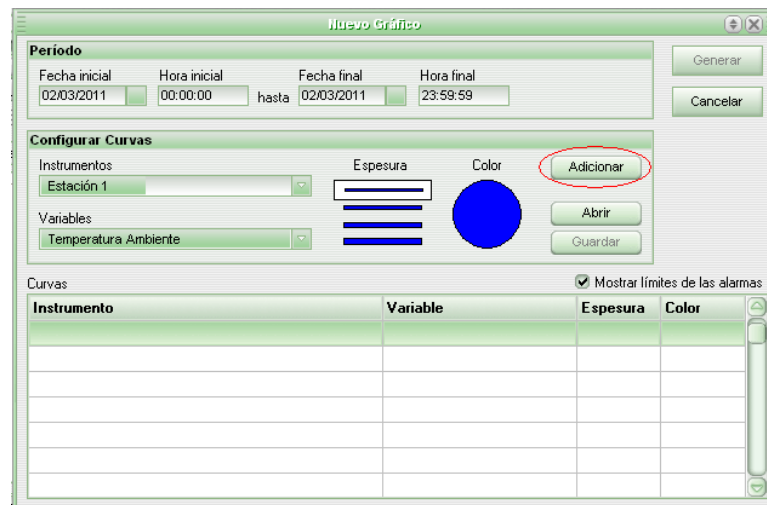
16.- Para realizar gráficos, después de pulsar el botón historial, se despliega una ventana, en la cual tenemos que pulsar el icono superior izquierdo, como se indica en la siguiente figura.



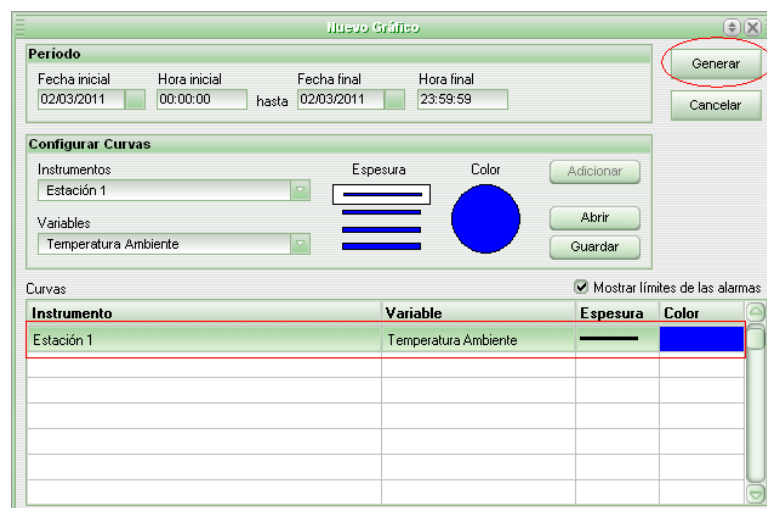
17.- Una vez que hemos pulsado el icono para realizar gráficos, se desplegará otra ventana, en la cual pulsamos en la flecha de instrumentos y escogemos el nombre de la estación con la cual estemos trabajando, ya sea Estación 1, ESPEL, o la que hayamos editado.



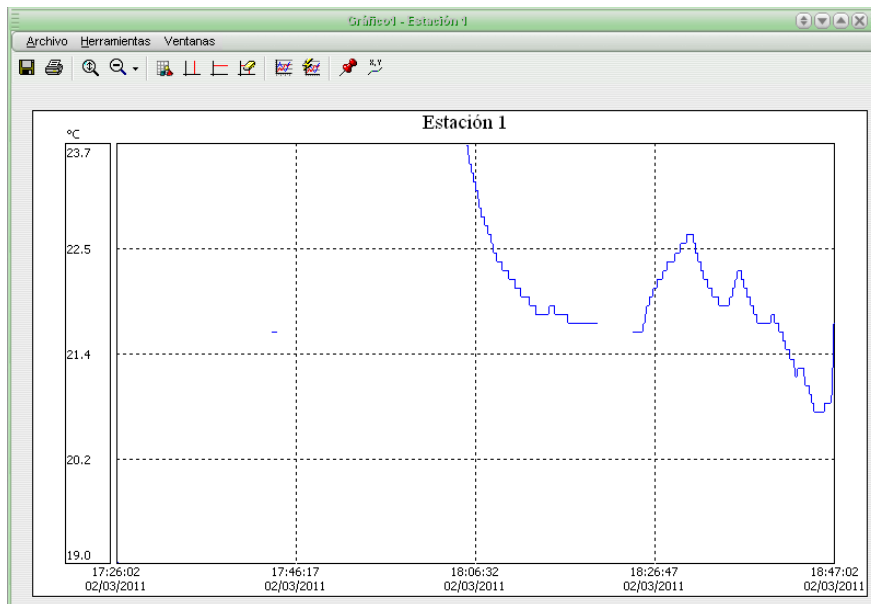
18.- Después de escoger el nombre de la estación con la que estamos trabajando, aparecerá otra ventana, en la cual tenemos que pulsar el botón adicionar, en esta ventana podemos seleccionar el color y espesor de la línea del gráfico.



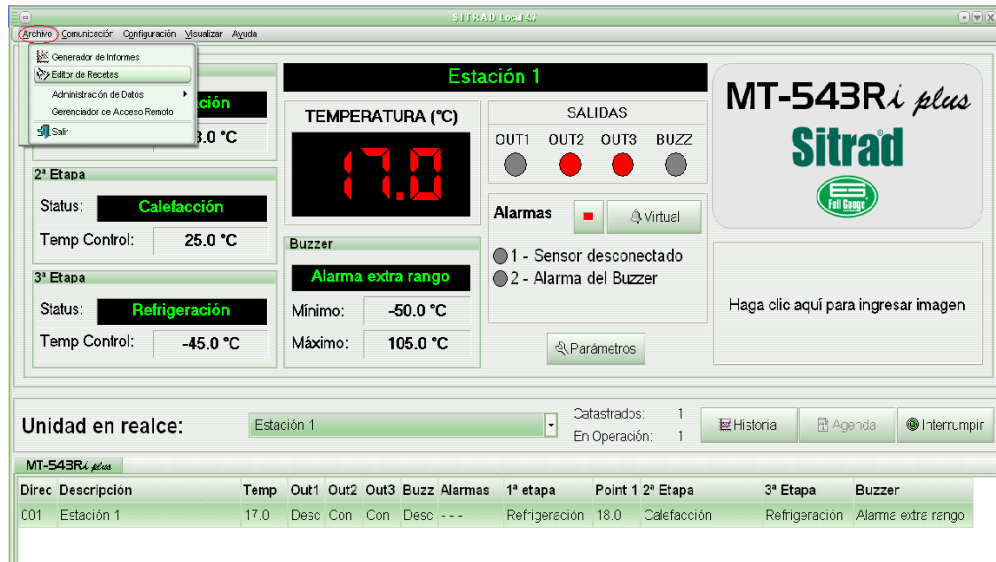
19.- Una vez que hayamos pulsado en adicionar, en seguida aparecerá en la línea de abajo la estación que seleccionamos para que se realice el gráfico, si estamos de acuerdo con los datos que aparecen en la línea, pulsamos el botón generar.



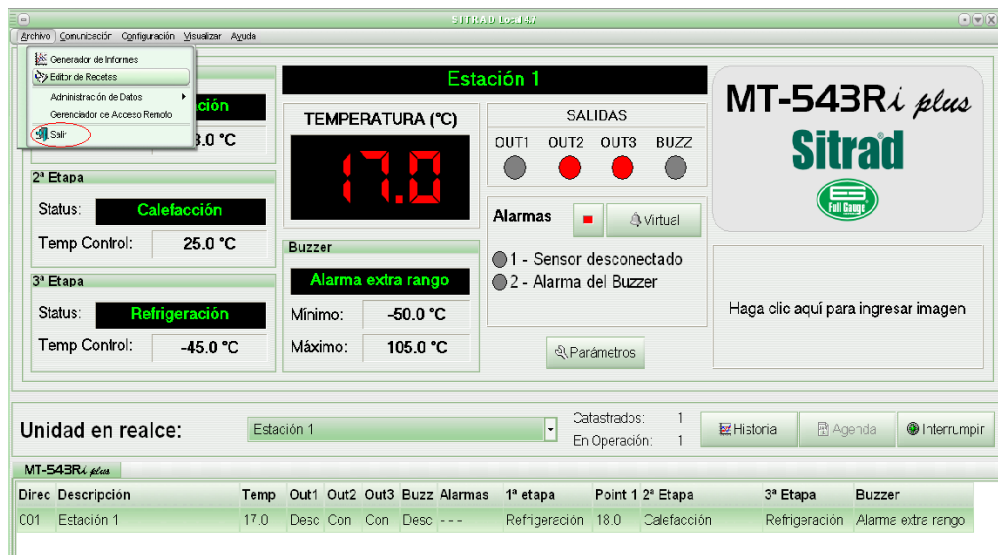
20.- Después de haber pulsado el botón generar, en una pantalla aparecerá el gráfico Temperatura vs tiempo, en donde se puede observar el funcionamiento del controlador de temperatura MT-543Ri plus.



21.- Después de realizar todas las actividades que deseemos en el programa SITRAD, para salir correctamente del mismo se lo hace de la siguiente manera. Pulsamos archivo que se encuentra en la barra de menú, con lo cual se desplegará varias opciones, como lo muestra la siguiente figura.



22.- Escogemos salir y de esta manera el programa se cerrará de forma adecuada.



Trabajo Preparatorio

1.- Realizar un gráfico del funcionamiento del MT-543Ri plus, tanto en refrigeración, como en calefacción y analizar la curva del gráfico.

2.- ¿Qué ventajas tenemos con el programa SITRAD?

6.1.4 Práctica N.-4

Tema: Carga de refrigerante R-134a

Objetivo:

- Realizar la carga de refrigerante.

Materiales y equipos

- Sistema de aire acondicionado del banco simulador
- Juego de manómetros
- Bomba de vacío
- Mangueras de presión
- Refrigerante R-134a
- Equipo de carga de aire acondicionado
- Gafas de seguridad

Marco Teórico

La carga de fluido refrigerante en un sistema de refrigeración, constituye una de las principales maniobras de la persona que realiza dicha actividad, ya que se debe tener en cuenta todas las competencias adquiridas, es decir, manejo de tubería, arranque del compresor, revisión de los componentes, limpieza del sistema, prueba de vacío.

Es por ello que en la carga de refrigerante se debe tener el mayor cuidado, ya que hay que minimizar los errores y optimizar los recursos a fin de evitar desperdicios de fluido refrigerante.

Procedimiento:

El procedimiento que se expone a continuación, es para la utilización del equipo de aire acondicionado del banco simulador de carga directa de refrigerante líquido desde una bombona a través del colector de manómetros.

- 1.- Desconectar el banco simulador de aire acondicionado automotriz de la alimentación eléctrica de la red.
- 2.- Conectar el equipo de carga de aire acondicionado a la alimentación eléctrica.
- 3.- Conectar la bomba de vacío en el toma corriente del equipo de carga de aire acondicionado.



4.- Revisar que las válvulas del cilindro y las válvulas del juego de manómetros del equipo de carga de aire acondicionado se encuentren cerradas.



5.- Conectar la manguera correspondiente entre el tanque de refrigerante y la válvula de entrada del cilindro de carga.

6.- Conectar la manguera correspondiente entre la válvula de salida del cilindro de carga y los manómetros del equipo de carga de aire acondicionado.



7.- Revisar que no se encuentren flojos los acoples de la manguera que conecta la bomba de vacío con la válvula que está antes del juego de manómetros del equipo de carga de aire acondicionado.



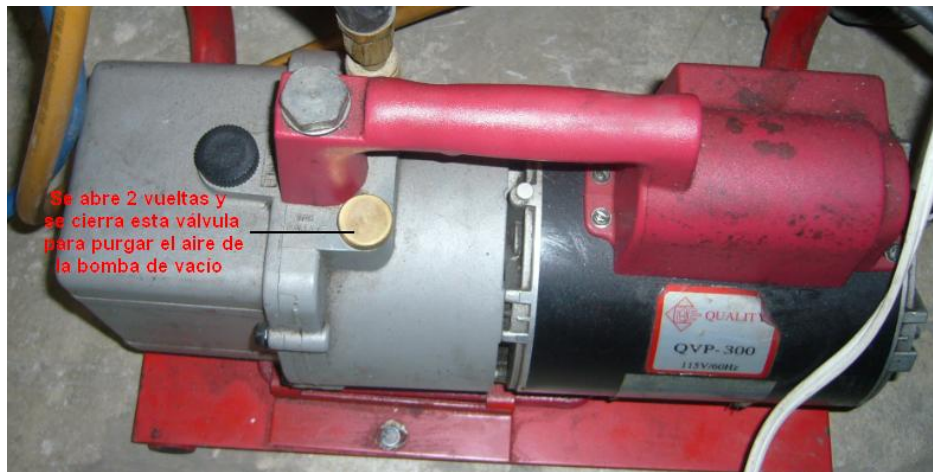
8.- Conectar las mangueras entre los manómetros del equipo de carga y las válvulas de servicio del sistema de aire acondicionado del banco simulador. Tener en cuenta que las conexiones van del manómetro de alta y baja, hacia las válvulas de servicio de alta y baja respectivamente.

9.- Antes de realizar el proceso de vacío, revisamos que esté cerrada la válvula de salida del cilindro de carga, para que no pase líquido refrigerante.



10.- Abrir la válvula que se encuentra antes del juego de manómetros, para permitir que la bomba de vacío se pueda conectar con el sistema de aire acondicionado del banco simulador.

11.- Prendemos la bomba de vacío por medio de su interruptor, purgamos el aire que se encuentra en el interior de la misma, abriendo la válvula de purga (como se indica en la figura) unas 2 a 3 vueltas y luego la cerramos.



12.- Abrir la válvula que se encuentra antes del juego de manómetros, para permitir que la bomba de vacío pueda succionar aire y humedad del sistema de A/C del banco simulador.

13.- Revisar que todos los acoples se encuentren correctamente apretados.

14.- El proceso de vacío se puede realizar tanto por el lado de alta como por el de baja, para lo cual abrimos las válvulas del juego de manómetros del lado alta y de baja.

15.- Dejamos que trabaje la bomba de vacío, por un lapso de 20 a 25 minutos. En este tiempo las agujas de los manómetros de alta y baja comenzarán a descender, si no lo hacen, puede ser que están dañados los manómetros, que alguna conexión está floja o que el sistema de aire acondicionado del banco

simulador tiene alguna fuga. Si ocurre lo último, realizar la prueba de fuga, con el banco simulador prendido y presurizado con nitrógeno, o refrigerante R-134a, aplicar una solución jabonosa en la tubería, dobleces y uniones del sistema de A/C, en donde se presente la formación de burbujas, está la fuga, corregir la misma y repetir los pasos del 1 al 14.



16.- Después del tiempo que se indicó en el paso anterior, cerramos las válvulas del juego de manómetros y la válvula que conecta la bomba de vacío con el sistema de aire acondicionado del banco simulador, apagamos la bomba de vacío, por medio de su interruptor y verificamos por un lapso de 10 minutos, que la medida de los manómetros de alta y baja no varíen durante ese rango de tiempo. Si se mantienen, indica que el equipo de A/C no presenta fugas y que el proceso de vacío se ha realizado exitosamente.

17.- Existen dos métodos para realizar el proceso de carga del refrigerante, en forma líquida y gaseosa.

- *Forma líquida:* se hace por el lado de alta y con el sistema apagado. Este método es el más adecuado, ya que no se demora mucho y se lo realiza cuando, vayamos a cargar por primera vez (carga grande), o cuando hagamos algún mantenimiento en el sistema.

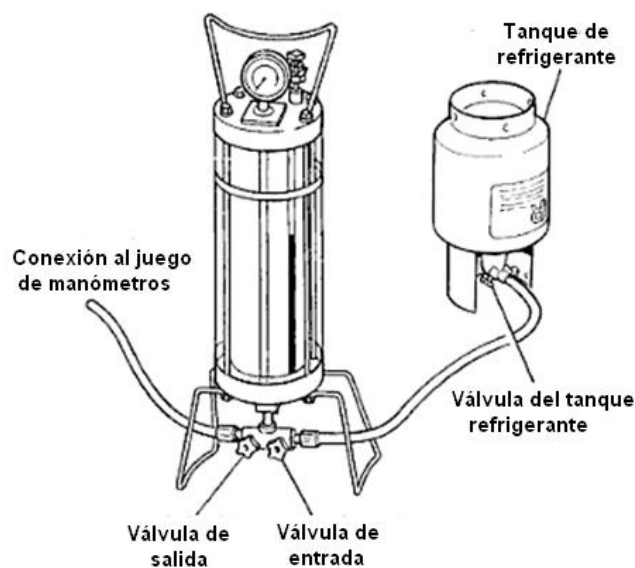
- *Forma gaseosa*: se lo realiza por el lado de baja y con el sistema prendido. Este método requiere de más tiempo y solo lo haremos, cuando necesitemos completar la carga de refrigerante.

18.- Como el sistema de A/C del banco simulador se encuentra vacío, procederemos a cargar el refrigerante en forma líquida y por el lado de alta.

19.- Colocarse las gafas de seguridad, para prevenir cualquier accidente en el proceso de carga, ya que si se da un contacto del refrigerante con los ojos, puede ser muy peligroso.

20.- Verificamos que tanto la válvula de entrada como de salida del cilindro de carga se encuentren cerradas.

21.- Abrimos la válvula del tanque de refrigerante R-134a, y lo ponemos boca abajo en una superficie que sea superior, a la que se va a transferir el refrigerante, para que pueda fluir el mismo con mayor facilidad al cilindro de carga.



22.- Después abrimos la válvula de entrada del cilindro de carga y por medio de la mirilla, observamos la cantidad de refrigerante que vayamos a necesitar, que para nuestro caso es de 14,1 onzas (400 gr.).



23.- Una vez que tengamos las 14,1 onzas de R-134a en el cilindro de carga, cerramos la válvula de entrada del mismo.

24.- Cerramos la válvula del tanque refrigerante.

25.- Verificar que las válvulas de alta y baja del juego de manómetro del equipo de carga se encuentren cerradas, para proceder a abrir la válvula de salida del cilindro de carga.



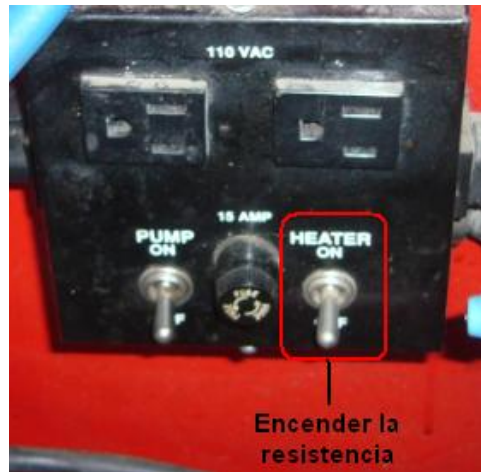
26.- Abrimos la válvula de alta del juego de manómetros del equipo de carga un poco y cerramos, para que el refrigerante ingrese al sistema de aire acondicionado en bajas proporciones.



27.- Repetimos el paso anterior hasta que podamos observar que la presión del manómetro de baja se iguale al manómetro del cilindro de carga, con lo que quiere decir, que ya no tiene más refrigerante el cilindro.

28.- Si no se vacía el cilindro de carga, con lo que quiere decir, que todavía hace falta refrigerante en el sistema de A/C del banco simulador, cerramos la válvula del manómetro de alta, como la válvula de salida del cilindro.

29.- Encendemos la resistencia de calentamiento por medio de su interruptor por un ligero tiempo y repetimos los pasos 25 y 26.



30.- Si aún con el paso anterior no se vacía todo el refrigerante, repetimos el proceso 27. Desconectamos la manguera que va a la válvula de entrada de la parte de abajo del cilindro de carga y la conectamos en la parte superior de éste, para proceder a cargar el refrigerante en estado gaseoso y por el lado de baja.

31.- Encendemos el banco simulador, abrimos suavemente la válvula de baja de juego de manómetros del lado de baja y cerramos, así repetimos hasta que el cilindro de carga quede vacío.



Trabajo Preparatorio

- 1.- Investigue que función desempeña la bomba de vacío , cuando de conecta al sistema de aire acondicionado automotriz.
- 2.- Consulte cuales son las propiedades del refrigerante R-134a.
- 3.- ¿Qué otros tipos de refrigerantes existen para sistemas de aire acondicionado automotriz?

Conclusiones y Recomendaciones

6.2 Manual de funcionamiento y mantenimiento

6.2.1 Manual de Usuario

6.2.1.1 Partes del banco simulador

6.2.1.1.1 Elementos Básicos

- a) Compresor
- b) Condensador
- c) Evaporador
- d) Válvula de expansión termostática
- e) Filtro deshidratador



Figura 6.1 Componentes básicos del sistema de A/C del banco simulador

6.2.1.1.2 Elementos de Control

- a) Manómetro de alta
- b) Manómetro de baja



Figura 6.2 Manómetros del banco simulador

- c) Amperímetro
- d) Voltímetro



Figura 6.3 Amperímetro y voltímetro del banco simulador

- e) Controlador de temperatura MT-543Ri plus
- f) Presóstato de baja
- g) Sensor de ambiente del MT-543Ri plus
- h) Interface Conv32



Figura 6.4 Presóstato de baja del banco simulador

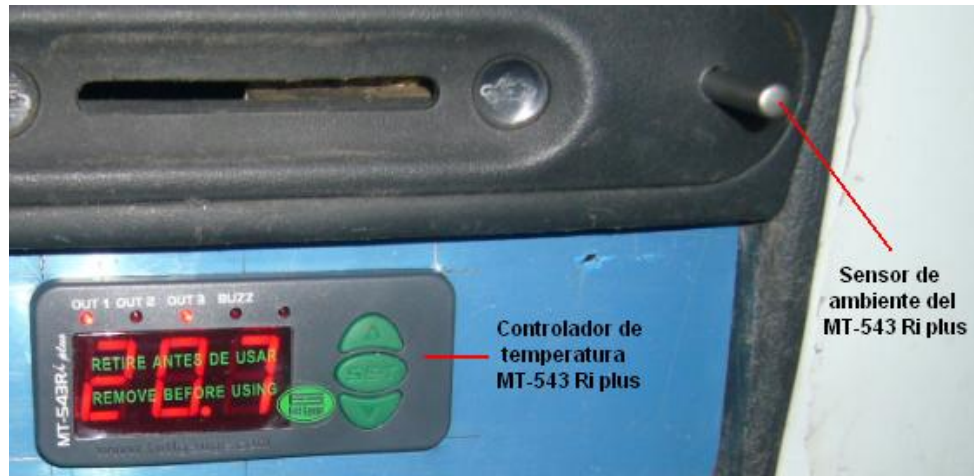


Figura 6.5 Controlador MT 543-*Ri plus* con su sensor



Figura 6.6 Interface Conv32 del banco simulador

6.2.1.1.3 Accesorios varios

- a) Transformador de 110Vac-12Vac
- b) Puente rectificador de diodos



Figura 6.7 Transformador de voltaje y puente rectificador del banco simulador

- c) Motor eléctrico
- d) Switch de encendido
- e) Contactor eléctrico
- f) Bornera
- g) Porta fusibles
- h) Relés
- i) Interruptores
- j) Banda
- k) Cañerías
- l) Luz de salón

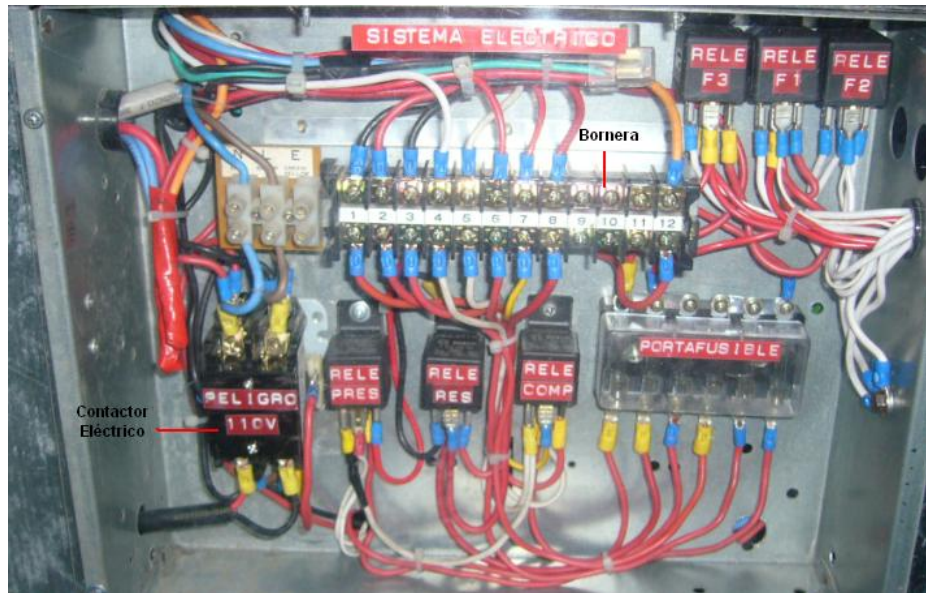


Figura 6.8 Componentes eléctricos del banco simulador

6.2.1.2 Puesta en marcha del banco simulador

Para arrancar el banco simulador de acondicionamiento de aire vamos a seguir los pasos que se describen a continuación:

- 1) Despejar el área circundante.
- 2) Conectar el cable de alimentación del banco simulador al toma de 110V.
- 3) Encender el banco simulador mediante el giro en sentido horario del switch que se encuentra al costado derecho del volante.
- 4) Verificar que se prenda el motor eléctrico y el MT-543Ri plus. La luz de salón se puede encender si se la requiere.
- 5) Encender el sistema de aire acondicionado mediante el interruptor que se encuentra junto al MT-543Ri plus.

6.2.1.3 Activación de la simulación de fallas

6.2.1.3.1 Falla 1 (Compresor apagado)

Esta falla solamente puede ser accionada cuando el compresor se encuentra funcionando y nos damos cuenta de ello, cuando el led verde se encuentra encendido. Al activar el interruptor, vamos a tener las siguientes condiciones:

- 1) Se activarán dos leds rojos tanto el de la falla del compresor y el led principal de funcionamiento del sistema de refrigeración y calefacción.
- 2) Mayor tiempo de enfriamiento.
- 3) Variación de la presión en los manómetros.

6.2.1.3.2 Falla 2 (Motor ventilador del evaporador apagado)

Esta falla se puede activar en cualquier momento, siempre y cuando se haya prendido el sistema de aire acondicionado. Al accionar el interruptor de esta falla, se presentarán las siguientes condiciones:

- 1) Motor ventilador del evaporador apagado.
- 2) Compresor apagado.
- 3) Banco simulador sin flujo de aire en su interior.
- 4) Led rojo principal encendido.
- 5) Leds rojos de falla del compresor y del motor del ventilador encendidos (Si no se apagará el compresor, el evaporador se congelaría y por ende se dañaría).

6.2.1.3.3 Falla 3 (Presóstató de baja accionado)

La activación de esta falla simula que el sistema se encuentra con un nivel bajo de refrigerante y ésta se podrá ejecutar en cualquier momento. Al accionar el interruptor , tendremos las siguientes condiciones:

- 1) Presóstató de baja abierto.
- 2) Compresor apagado.
- 3) Led rojo principal encendido.
- 4) Led rojo de falla del presostato encendido.

6.2.1.4 Conexión del computador

Para conectar el computador con el controlador de temperatura MT-543 *Ri plus*, el requisito indispensable es que, el mismo tenga instalado el programa Sitrad. Hay que tener presente que el banco simulador y todas sus partes funcionando, después de esta aclaración, seguiremos los siguientes pasos:

- 1) Conectar por medio del cable USB la interface Conv32 con el computador.
- 2) Abrir el programa Sitrad local en el computador.
- 3) Poner en ejecutar el programa, para que se conecte con el MT-543*Ri plus*.
- 4) Una vez ya conectado con el MT-543*Ri plus* se podrá ver su funcionamiento tanto el en computador como en forma real en la pantalla del controlador de temperatura.

6.2.2 Mantenimiento

El objetivo de darle mantenimiento al equipo de aire acondicionado del banco simulador, es para mantenerlo en óptimas condiciones para las prácticas que se realizarán en el mismo y también para minimizar futuros daños.

En consecuencia, como cada componente tiene un periodo de vida útil, es necesario cuidar a cada uno de estos, de manera tal que procuremos prolongar hasta donde sea posible.

Tomando en cuenta lo dicho anteriormente es necesario realizar un mantenimiento preventivo en el banco simulador de sus componentes en diferentes períodos, como son: diariamente, semestralmente y a los 18 meses, pero no con ello quiere decir que dejemos de chequear cualquier anomalía que se presente en el funcionamiento del mismo, en cualquier momento.

6.2.2.1 Mantenimiento preventivo

6.2.2.1.1 Diario

Siempre que se ponga en funcionamiento es necesario tener en cuenta las siguientes cosas:

- Verificar las obstrucciones del condensador y evaporador.
- Verificar la existencia de ruidos o vibraciones.
- Verificar la limpieza del equipo.
- Verificar la tensión y corriente en el voltímetro y amperímetro respectivamente.
- Chequear la presión del refrigerante en los manómetros.

6.2.2.1.2 Semestral

- Limpiar el condensador y evaporador.
- Chequear el funcionamiento del motor ventilador del evaporador y condensador.
- Verificar el funcionamiento del embrague electromagnético del compresor.
- Inspeccionar que no exista signos de humedad de aceite a lo largo de las tuberías, particularmente en las conexiones y acoples de presión.
- Observar el estado de la banda de transmisión.
- Verificar la instalación eléctrica.
- Chequear la presión del refrigerante en los manómetros.

6.2.2.1.3 A los 18 meses

- Verificar la ausencia de fugas.
- Limpieza del evaporador y condensador, con un penetrante.
- Cambio del filtro deshidratador, si su estado es malo.
- Reemplazar la válvula de expansión, si su funcionamiento ya no es el adecuado
- Cambiar los anillos de caucho que se encuentran en las conexiones roscadas del sistema.
- Hacer un vacío al sistema que debe durar por lo menos 40 minutos.
- Agregar aceite al compresor.
- Finalmente cargarlo con su respectivo refrigerante el R-134a.

6.3 Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Hemos cumplido con el objetivo planteado, es decir, se ha diseñado y construido el banco simulador virtual de acondicionamiento de aire automotriz, para el laboratorio.
- Aprendimos como trabaja cada componente del aire acondicionado automotriz, el funcionamiento de todo el sistema como se desarrolla en varias etapas y cuales son sus elementos de control.
- Analizamos que es más apropiado la construcción de una cabina, ya que de esta manera se puede comprobar el funcionamiento del aire acondicionado automotriz en forma real y no solo observar el desempeño del mismo.
- Realizamos el banco simulador, para reforzar los conocimientos del estudiante, en el área de refrigeración automotriz.
- Es muy importante tener claro el funcionamiento, características y parámetros de operación que tiene cada componente del sistema de aire acondicionado, para de esta manera poder realizar un diseño correcto.
- Diagnosticamos que para poder tener un tiempo indefinido de funcionamiento del banco simulador, fue necesario sustituir la batería

por una fuente de alimentación, que cuenta de transformador de voltaje y un puente rectificador de diodos.

- Incluimos en nuestro proyecto, al controlador de temperatura MT-543Ri *plus*, ya que nos proporciona un control automático, para que la temperatura interior del banco simulador, se mantenga en el rango de confort, es decir, entre 18 – 25°C.
- Comprobamos por medio de varias pruebas realizadas, que el controlador de temperatura MT-543Ri *plus*, tiene un margen de lectura menos eficiente, que el del multímetro digital, ya que este último es más preciso.
- Analizamos que el banco simulador tiene una mejor estabilidad en su funcionamiento, con una temperatura ambiente que se encuentre sobre los 14°C.
- Los resultados de las pruebas realizadas, nos indican que el mejor rendimiento de funcionamiento del banco simulador es cuando se encuentra cerrado y con carga.
- Por medio de los gráficos temperatura vs tiempo, de las pruebas realizadas podemos ver que, el banco simulador necesita de un rango mínimo de tiempo para poder estabilizar su funcionamiento, es decir, que después de este lapso de tiempo, no presenta variaciones considerables en su desempeño.

- El compresor del aire acondicionado tiene un mayor consumo de amperaje, que la resistencia del sistema de calefacción, debido a que como comprobamos en las pruebas realizadas, la resistencia tiene una curva de temperatura logarítmica, mientras que la curva de temperatura del compresor es lineal.
- Mediante las pruebas realizadas comprobamos que cuando funciona el sistema de aire acondicionado del banco simulador, la temperatura tiene una relación inversamente proporcional con el tiempo.
- Confirmamos por medio de las pruebas que existe una relación directamente proporcional entre la temperatura y el logaritmo del tiempo, cuando se encuentra en funcionamiento el sistema de calefacción, por medio de la resistencia.
- Obtuvimos un porcentaje bajo del voltaje de rizado, gracias a la inclusión de capacitores electrolíticos, para que de esa manera, podamos alimentar a los componentes del banco simulador con un voltaje continuo y sin variaciones.

Recomendaciones

- Manipular con precaución las tuberías de aluminio y seguir las instrucciones correctas para cortarlas, ya que son muy delicadas y pueden fisurarse con facilidad.

- Colocar los componentes del sistema de aire acondicionado en un lugar que tenga una buena ventilación, para que de esta manera pueda disiparse de forma correcta y rápida el calor que emiten éstos.
- Comprar cada uno de los componentes del sistema eléctrico para el amperaje adecuado, para que ninguno de ellos sufra de algún daño en la utilización del banco simulador.
- Manejar la caja de equipos eléctricos con las respectivas normas de seguridad de eléctricas, sobre todo con el contactor, al cual no hay que manipularlo cuando el banco simulador se encuentre conectado a la fuente de 110V, ya que si se lo hace en las condiciones descritas anteriormente, la persona puede sufrir una descarga fuerte de voltaje.
- Tomar las precauciones de seguridad respectivas, cuando se cargue el sistema, ya que el refrigerante R-134a, es muy nocivo para la salud.
- Realizar el mantenimiento preventivo como se indica en el manual del usuario, para poder alargar el período de vida de los componentes del sistema de aire acondicionado y demás elementos del banco simulador.
- Revisar el diagrama eléctrico del banco simulador, para realizar cualquier mantenimiento o arreglo en la parte eléctrica.
- Tomar las medidas respectivas, para evitar vibraciones fuertes del banco simulador, ya que éstas podrían provocar que las uniones y extensiones de la tubería se puedan fisurar.

- Nunca mezclar los refrigerantes, así mismo no utilizar refrigerantes pobres o incorrectos, ya que estas acciones pueden dañar el sistema y poner en riesgo la vida de las personas que se encuentren en el banco simulador.

6.4 Bibliografía

- ABC DEL AIRE ACONDICIONADO; Tricomi, Ernest; Editorial Marcombo; España, 1992.
- ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, Principios y Sistemas; Pita, Edward G.; Editorial Continental, 1994.
- AIRE ACONDICIONADO, Carnicer, Enrique; Editorial Paraninfo; Segunda Edición, 1993.
- AIRE ACONDICIONADO EN EL AUTOMÓVIL; Crouse, William H./ Anglin, Donald L; Editorial Alfaomega, S.A.; McGraw- Hill; México, 1992.
- Auto air spares product guide 2004 -2005; HEATCRAFT Worldwide Refrigeration.
- CALEFACCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO PARA TURISMOS; Dwigins, Boyce H.; Editorial Paraninfo; Madrid-España, 2000.
- CALEFACTOR Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE; Toyota Motor Corporation; Japón, 1991.
- Catálogo del controlador con tres salidas, alarma, timer cíclico y comunicación serial MT-543Ri plus; Full Gauge Controls; 2006.

- Catálogo del controlador digital de temperatura con dos etapas MT-518RiL; Full Gauge Controls; 2006.
- CATÁLOGO GUÍA DEL COMPRADOR; ACDelco. Extraído el 25 de diciembre, 2010, de http://www.acdelco.com/pdf/appcat_buyers/compressors.pdf
- CATÁLOGO 2010 DE RECAMBIOS, DIRNA; Extraído el 11 de mayo, 2010, de http://www.dirna.com/cat2010/Catalogo_Recambios.pdf
- CATÁLOGO 2010-2011, Recambios aire acondicionado para vehículos, CLIMCAR; Extraído el 20 de agosto, 2010, de http://www.climcar.es/Climcar_Aire_Acondicionado_Catalogo.htm
- CIRCUITOS ELECTRÓNICOS DEL AUTOMÓVIL; Ferrer, Salvador; Editorial Paraninfo; Madrid-España, 2006.
- CLIMATIZADORES EN EL VEHÍCULO, Programa autodidáctico 208; Manual de servicio de Volkswagen y Audi; Extraído el 13 de abril, 2010, de <http://www.buscapieza.cl/AUDI-28.pdf>
- Concepto de fusibles y sus aplicaciones. Extraído el 17 de julio, 2010, de <http://www.bricolajecasero.com/electricidad/concepto-de-fusibles-y-sus-aplicaciones.php>
- Conceptos teóricos sobre la transmisión de calor. Extraído el 3 de mayo, 2010, de http://www.educa.madrid.org/cms_tools/files/25e286bc-dda9-4a34-ac687bf26cf2fe56/teoria%20seguridad/teoria%20calefacción.pdf
- Confort Ambiental; García, Ricardo; 2001. Extraído el 25 de marzo, 2010, de http://www.energia.inf.cu/iee-mep/SyT/CDG/Taller1_BURE/confort.pdf
- CURSO DE AIRE ACONDICIONADO; Extraído el 19 de marzo, 2010, de <http://www.mecanicavirtual.org/curso-aire-acondicionado-1parte.pdf>

- CURSO DE AIRE ACONDICIONADO, Segunda Parte. Extraído el 19 de marzo, 2010, de <http://www.mecanicavirtual.org/curso-aire-acionado-2-parte.pdf>
- DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS; Mott, Robert; Editorial Pearson Educación; México; 2006.
- EL CONDENSADOR; Manual Valeo Clim Service; Madrid-España; 2001.
- EL COMPRESOR; Manual Valeo Clim Service; Madrid-España; 1999.
- EL EVAPORADOR; Manual Valeo Clim Service; Madrid-España; 2001.
- EL RELÉ. Extraído el 20 de junio, 2010, de <http://www.sebyc.com/iesrog/tecnologia/rele.htm>
- Electricidad del vehículo-Técnicas básicas; Domínguez, Esteban José/Ferrer, Julián; Editorial Editex; Madrid-España; 2008.
- ELECTRÓNICA; San Miguel, Pablo A.; Paraninfo; Madrid-España; 2009.
- ELECTRÓNICA ANALÓGICA II, Práctica 1, Fuente Regulada y Simétrica. E
- Extraído el 14 de noviembre del 2010, de <http://es.scribd.com/doc/28997645/Practica-Cero>
- Estudios climatológicos. Extraído el 23 de agosto, 2010, de http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/eclimaticos_caracteristicas.html
- FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE AIRE ACONDICIONADO; Manual Valeo Clim Service; Madrid-España; 2001.
- FUNDAMENTOS DE AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACIÓN; Hernández, Eduardo; Editorial Limusa; México, 2005.
- GUÍA PRÁCTICA, Selección de los elementos de una instalación frigorífica; De la Oliva Carmona, José Fernando; 2009; Extraído el 21

de febrero, 2010, de http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_sevilla/revista%20i+e/GUIA_PRACTICA_FRIGO.pdf

- INAMHI, Anuario climático; Quito Ecuador, 2006.
- INAMHI, Boletín meteorológico: Año: XXXIV No. 42, Mes: junio de 2010. Análisis Climatológico. Extraído el 05 de julio, 2010, de http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/bmensual/junio/junio_analisis.htm
- INTERFAZ SERIAL CONV32 USB/RS-485. Extraído el 10 de junio, 2010, de <http://www.fullgauge.com/es/PDF/CONV32.pdf>
- Isuzu TF190 comfort systems; 2004.
- LÁMINAS, MANUAL TÉCNICO; Duroglass. Extraído el 15 de octubre, 2010, de www.mo-ingenieria.com/pdf/laminas_exiplast.pdf
- LOS FLUIDOS; Manual Valeo Clim Service; Madrid-España; 2000.
- MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO DEL AUTOMÓVIL, Teoría Fundamentos y Reparaciones; Ediciones NEGRI; Argentina, 1997.
- MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS EN REFRIGERACIÓN; Puebla, Jorge Alberto; Editorial FONDOIN; Venezuela, S/A.
- Manual de refrigeración. Extraído el 24 de abril, 2010, de <http://www.scribd.com/doc/7576978/Manual-de-Refrigeracion>
- MANUAL DEL ESTUDIANTE, Principios aire acondicionado; Centro de entrenamiento técnico-General Motors; 2006.
- Manual del usuario, SITRAD; Full Gauge Controls; 2008.
- Manual Técnico – PANEL GLAMET FLAGON; Metecno Group. Extraído el 22 de noviembre, 2010, de http://www.grupocumfasa.com.mx/productos/metecno/MAN_GLAM_FLAGON.pdf
- Materiales aligerados. Extraído el 20 de noviembre, 2010 de http://www.euatm.upm.es/master/innovacion_materiales/mataligeradodef.pdf

- MÓDULO V60 MRA(III) CLIMATIZACIÓN; Valeo Clim Service; España; 2001.
- NOCIONES FUNDAMENTALES DE LA ELECTRICIDAD; Reyes, H. (S/A). Extraído el 21 de febrero, 2010 de <http://www.monografias.com/trabajos10/nofu/nofu.shtml>
- PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR; Kern, Donald Q.; Editorial CECSA; México, 1995.
- RECTIFICADORES. Extraído el 14 de junio, 2010 de www.scribd.com/doc/6715139/rectificadores
- REFRIGERATION SELECTION GUIDE, CARRIER CORPORATION, 1991.
- R134a Refrigerant Capacity Guide; Ariazone; (S/A). Extraído el 12 de febrero, 2011 de <http://www.ariazone.com/brochures/Refrigerant%20Capacity%20Guide.pdf>
- SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD; Asfah, Ray C.; Pearson Educación, Cuarta edición, 2000.
- Sistemas de seguridad y confortabilidad; González, Miguel Ángel; Editorial Editex; Madrid-España; 2007.
- Técnicas del Automóvil-SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN; Peláez, David A.; Editorial Thomson/Paraninfo; Madrid-España; 2004.
- TERMODINÁMICA; Rolle, Kurt C.; Editorial Pearson Educación; Sexta edición; España, 2006.
- TRANSFORMADORES. Extraído el 20 de mayo, 2010 de www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r67758.DOCX
- www.educa.madrid.org

6.5 Anexos

ANEXO A

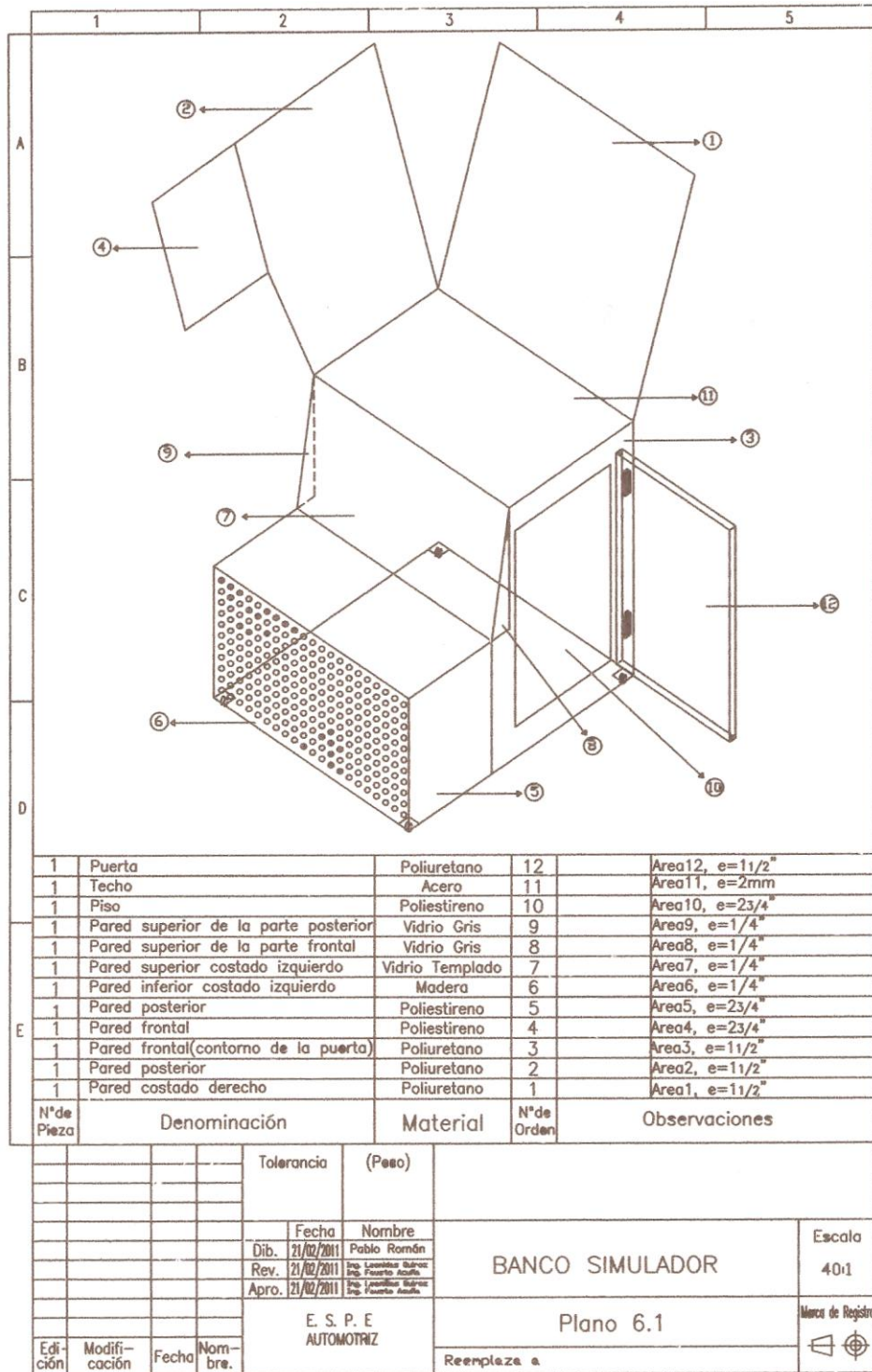


Figura 7.1 Plano del banco simulador

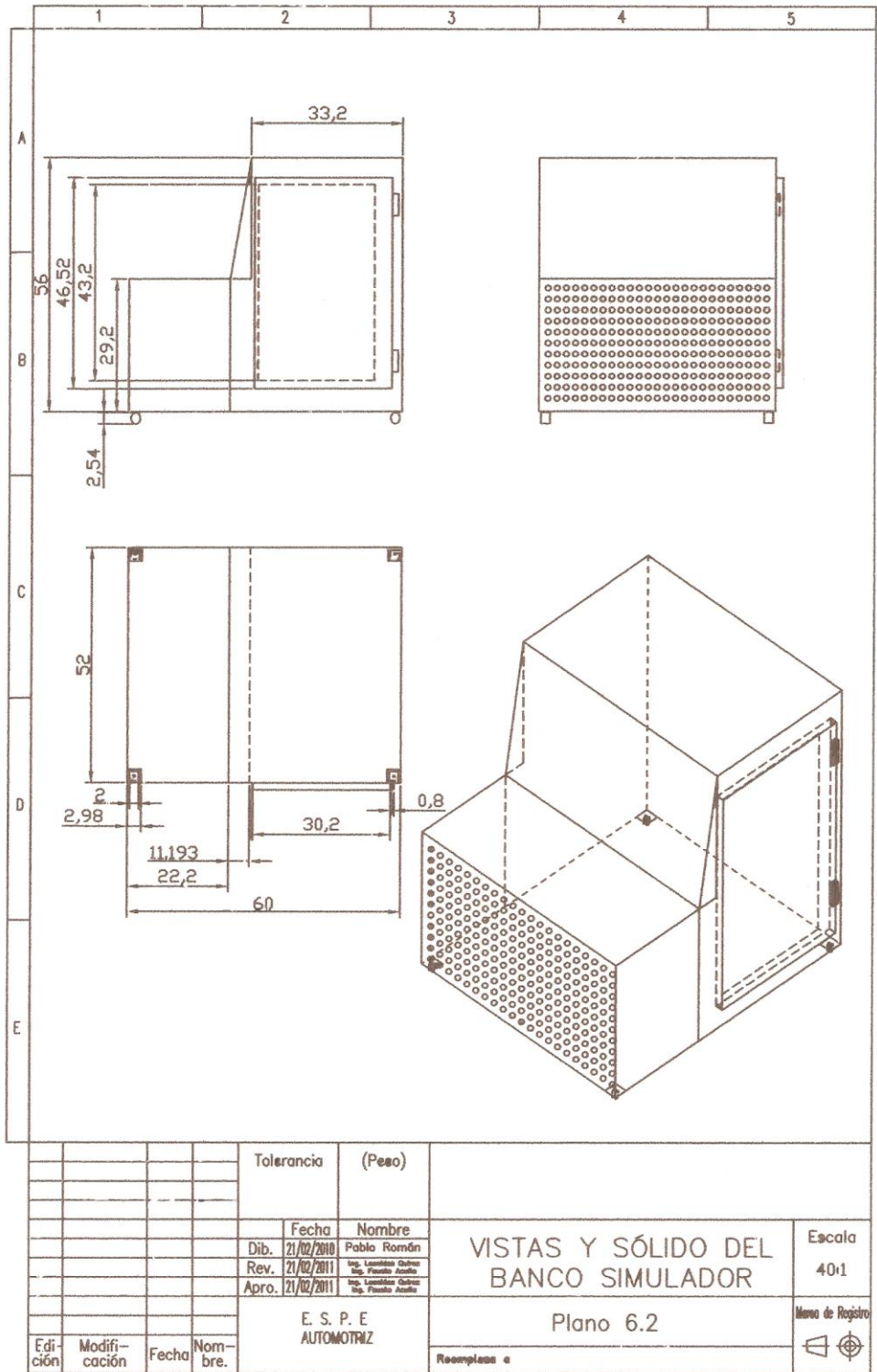


Figura 7.2 Vistas del banco simulador

Tabla 7.1 Valores del coeficiente global de transferencia de calor “U”

Material	Espesor (pulg)	R	U
Espuma de poliestireno	1	5,0	0,20
	2		0,10
	3		0,07
	4		0,05
	5		0,04
	6		0,035
	8		0,025
Espuma de poliuretano	1	6,25	0,16
	2		0,08
	3		0,055
	4		0,04
	5		0,032
	6		0,027
	8		0,02
Madera	1	1,2	0,85

Fuente: REFRIGERATION SELECTION GUIDE, CARRIER CORPORATION, 1991.

Tabla 7.2 Coeficiente de transferencia de calor (U) para el vidrio (BTU/h- ft² - °F)

Paneles verticales, Vidrio plano, tragaluz y lámina de plástico			
Descripción	Invierno	Exterior Verano	Interior
Vidrio plano vidrio sencillo	1.10	1.04	0.73
vidrio aislante - doble espacio de aire de 1/4 ^{na}	0.58	0.61	0.49
espacio de aire de 1/2 ^{na} espacio de aire 1/2"	0.49	0.56	0.46
Recubrimiento de baja emisión ^c			
e = 0.20	0.32	0.38	0.32
e = 0.40	0.38	0.45	0.38
e = 0.60	0.43	0.51	0.42
Vidrio aislante - triple ^d			
espacio de aire de 1/4 ^{na}	0.39	0.44	0.38
espacio de aire de 1/2 ^{na}	0.31	0.39	0.30
ventanas dobles espacio de aire de 1" a 4"	0.50	0.50	0.44

Fuente: ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, PRINCIPIOS Y SISTEMAS; PITA Edward; CECSA; 1994.

Tabla 7.3 Tasas de ganancia de calor debida a los ocupantes del recinto acondicionado

Aplicaciones	Aplicaciones Típicas	Calor sensible			Calor latente		
		Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficina, hoteles, apartamentos	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurantes	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo libro trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	100	345	90	205	695	170
Boliche		100	345	90	180	615	150
Baile moderado	Salón de baile	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	185	635	160	340	1165	290

Fuente: ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, PRINCIPIOS Y SISTEMAS; PITA Edward; CECSA; 1994.

Tabla 7.4 Producción de calor del equipo motorizado, BTU/h

Potencia del motor	Ubicación del equipo con respecto a la corriente de aire o al espacio acondicionado		
	Motor y máquina dentro	Motor fuera, dentro máquina	Motor dentro, máquina fuera
1/8	580	320	260
1/6	710	430	280
1/4	1000	640	360
1/3	1290	850	440
1/2	1820	1280	540
3/4	2680	1930	750
1	3220	2540	680
1-1/2	4770	3820	950
2	6380	5100	1280
3	9450	7650	1800
5	15600	12800	2800
7-1/2	22500	19100	3400
10	30000	25500	4500
15	44500	38200	6300
20	58500	51000	7500
25	72400	63600	8800

Fuente: ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, PRINCIPIOS Y SISTEMAS; PITA Edward; CECSA; 1994.

Tabla 7.5 Datos mensuales y anuales del clima de Latacunga

MES	HELIOFANA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)							HUMEDAD RELATIVA (%)					PUNTO DE ROCIÓ (°C)	TENSIÓN DE VAPOR (kPa)	PRECIPITACIÓN (mm)			Número de días con precipitación	
		ABSOLUTAS				MEDIAS			Máxima	día	Mínima	día	Media			Mensual	Máxima	24 hrs		día
		Máxima	día	Mínima	día	Máxima	Mínima	Mensual												
ENERO	150,9	23,5	1	6	14	20,5	9,9	14,7	98	1	42	11	81	11	13,2	33,9	9,1	15	16	
FEBRERO	124,9	22,9	9	5,3	16	20,6	9,9	14,8	100	27	47	16	79	10,8	13	45,1	10,1	4	14	
MARZO	116,9	22,7	24	6,5	6	20	9,7	14	99	10	50	20	82	10,8	13	120	23	24	20	
ABRIL	123	23,8	14	5	8	20,3	9,7	14,4	99	12	36	14	79	10,5	12,7	89,4	18,5	2	21	
MAYO	170,6	23,5	20	3,8	19	20,1	9,3	14	99	20	47	15	78	10	12,3	22,5	11,4	20	15	
JUNIO	139,2	21,3	11	4,8	24	18,6	8,7	13,1	99	2	47	25	80	9,5	11,9	80,3	40,7	5	16	
JULIO	194,8			2,9	18	18,4	7,9	12,9					76	8,5	11,2	2,4	0,9	29	6	
AGOSTO	156,1	22	13	1,5	13	19,2	7,3	13	100	4	40	13	77	8,6	11,2	15,1	9,2	27	13	
SEPTIEMBRE	159,3	22,5	29	2,2	28	19,5	7,3	13,2	99	8	39	29	75	8,3	11	17,7	6,9	21	11	
OCTUBRE	192,5	25,7	20	2,2	19	22,3	8	15	99	28	17	17	69	8,5	11,3	13,5	5,4	12	9	
NOVIEMBRE	144,3	24,5	2	6,9	1	21	9,8	14,5	99	16	31	2	78	10,2	12,5	150,3	40,9	7	23	
DICIEMBRE	136,8	23,3	13	6,4	9	21	9,8	14,6					77	10,3	12,6	69,2	11,7	21	20	
VALOR ANUAL	1809,3			1,5		20,1	8,9	14					77	9,8	12,2	659,4	40,9		184	

Fuente: Anuario climático 2006 (INAMHI)

Tabla 7.6 Coeficiente de transferencia de calor (U) para algunos materiales
(BTU/h- ft² -°F)

Material	U (BTU/hft ² °F)
Aluminio	11,8
Acero Inoxidable	8,7
Hierro	36,2
Latón	58

Fuente: www.mo-ingenieria.com

Tabla 7.7 Factor de corrección F1

T° líquido a entrada de válv. °C	Factor de corrección F1 Temperatura de evaporación °C					
	10	5	0	-5	-10	-15
45	1,12	1,15	1,18	1,22	1,26	1,46
40	1,02	1,04	1,07	1,09	1,13	1,3
35	0,93	0,95	0,97	1	1,02	1,18
30	0,86	0,88	0,9	0,92	0,94	1,08
25	0,8	0,82	0,83	0,85	0,87	1

Fuente: http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_sevilla/revista%20i+e/GUIA_PRACTICA_FRIGO.pdf

Tabla 7.8 Factor de corrección F2

ΔP (bar)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
F2	1,14	1,07	1,02	0,97	0,93	0,89	0,86	0,83	0,8	0,78

Fuente: http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_sevilla/revista%20i+e/GUIA_PRACTICA_FRIGO.pdf

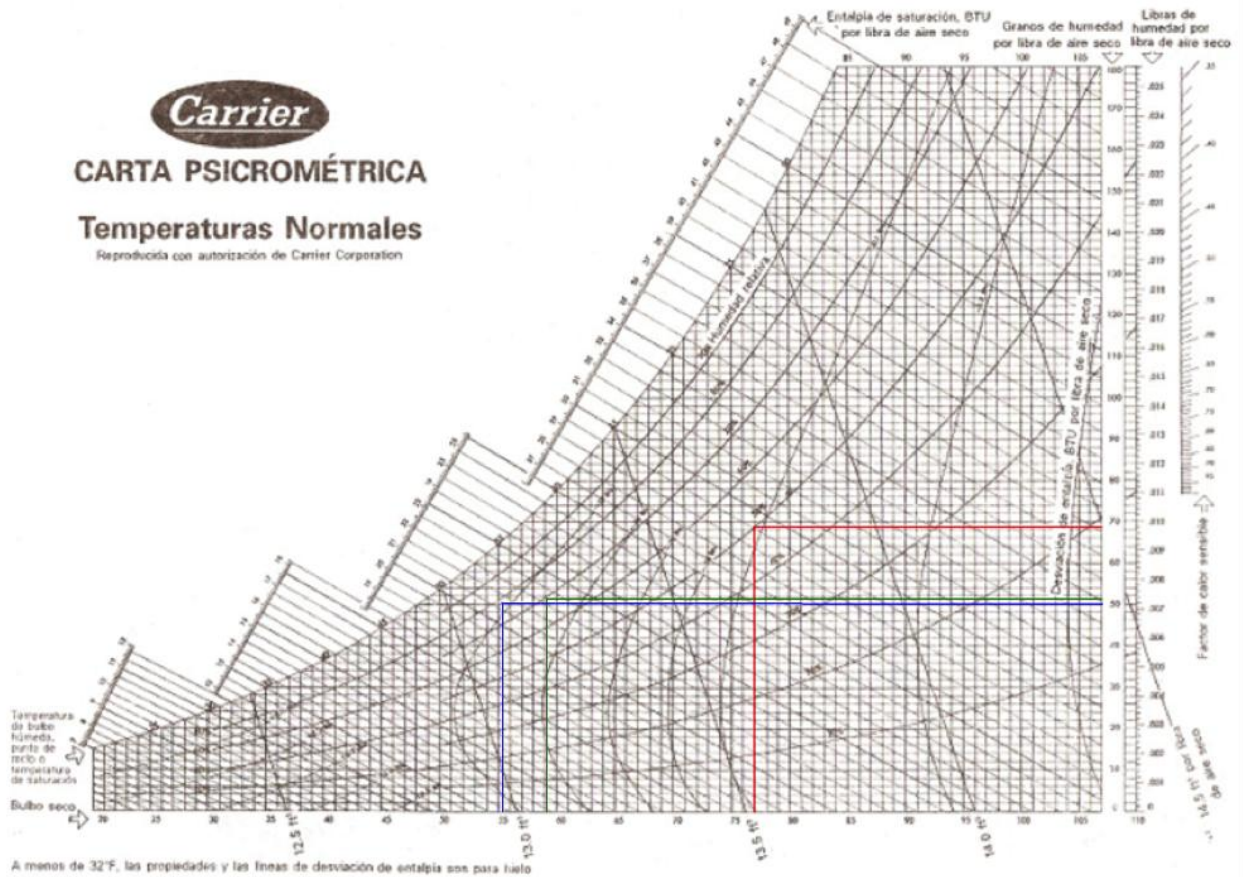


Figura 7.3 Carta psicrométrica en unidades inglesas

- Línea roja: Temperatura 77 °F, Humedad Relativa 50%, da como resultado $W'_i = 68,5$ g agua/lb a.s.
- Línea Verde: Temperatura 59,18 °F, Humedad Relativa 69%, da como resultado $W'_e = 50,8$ g agua/lb a.s.
- Línea Azul: Temperatura 55,4 °F, Humedad Relativa 77%, da como resultado $W'_e = 50$ g agua/lb a.s.

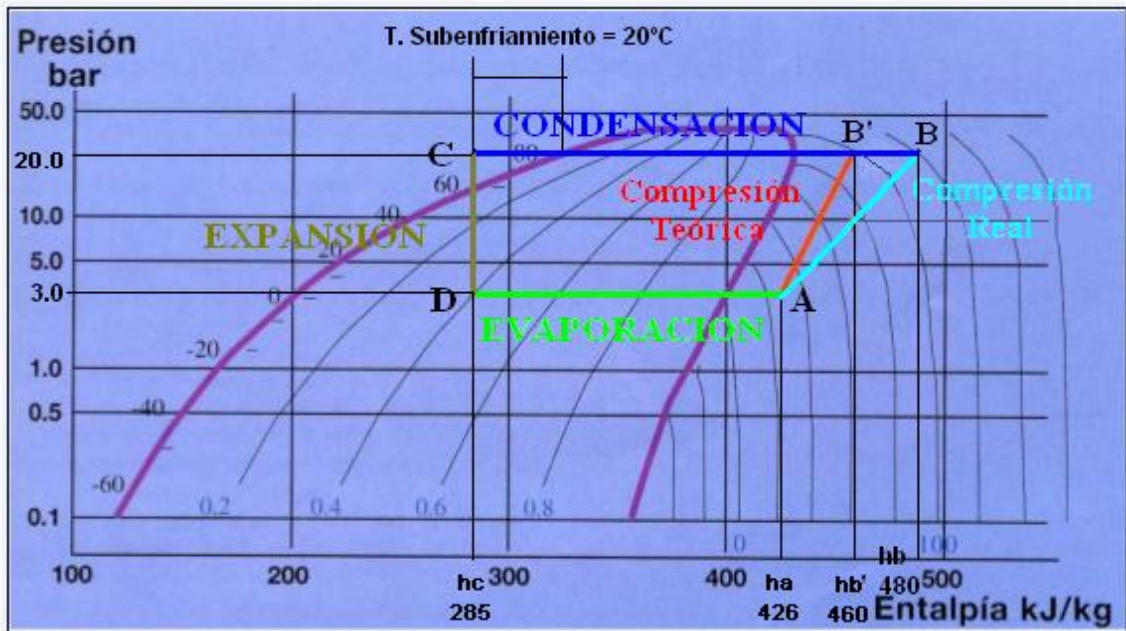


Figura 7.4 Diagrama de presión vs entalpía con datos de funcionamiento de los componentes del sistema de aire acondicionado del proyecto

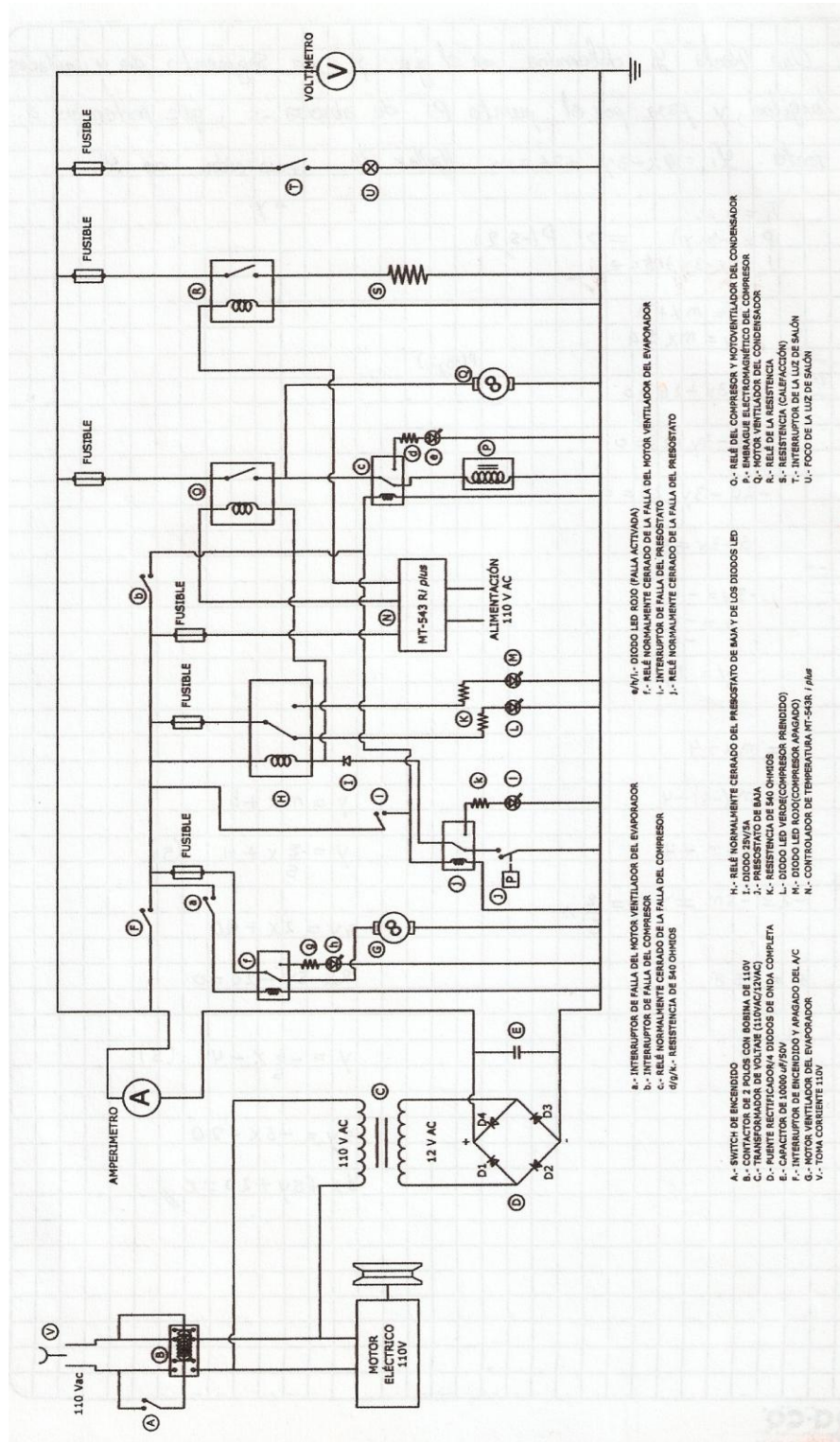


Figura 7.6 Diagrama eléctrico de fallas del banco simulador

ANEXO B

Tabla 7.9 Ángulo, especificaciones generales

ANGULOS



DIPAC
PRODUCTOS DE ACERO

PERFILES IMPORTADOS
ANGULOS

Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A 36 SAE 1008
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm ²
	a	e			
AL 2002	20	2	0.60	3.62	0.76
AL 2003	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 2502	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 2503	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 2504	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 3003	30	3	1.36	8.13	1.71
AL 3004	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 4003	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 4004	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 4006	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 5003	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 5004	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 5006	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 6006	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 6008	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 6506	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 7006	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 7506	75	6	6.78	40.65	8.64
AL 7508	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 8008	80	8	9.14	55.60	11.60
AL 100X6	100	6	9.14	56.95	11.64
AL 100X8	100	8	12.06	74.05	15.36
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.26	109.54	22.56

También en galvanizado e inoxidable



Fuente: CATÁLOGO DIPAC

Tabla 7.10 Tubo estructural cuadrado, especificaciones generales



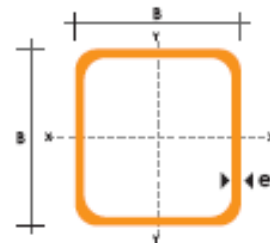
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Espesor	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	i
mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,2	0,72	0,90	0,63	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,68	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,89	0,89	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,48	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,68
40	2,0	2,41	2,94	8,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,08	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,85	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,68	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,89	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,89	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,80	3,99
100	3,0	9,17	11,41	178,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	238,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84



Fuente: CATÁLOGO DIPAC

ANEXO C

Tabla 7.11 Prueba de vacío del banco simulador cerrado de 18-25°C, medido con el multímetro digital

Multímetro Digital	Cronómetro
Temperatura(°C)	Tiempo(min)
18	0
18,5	0,48
19	1
19,5	1,73
20	2,6
20,5	3,92
21	5,73
21,5	7,48
22	9,77
22,5	12,02
23	14,88
23,5	18,65
24	22,6
24,5	26,13
25	31,08

Tabla 7.12 Prueba de vacío del banco simulador cerrado de 18-25°C, medido con el controlador MT-543Ri plus

Controlador MT-543Ri plus	Cronómetro
Temperatura(°C)	Tiempo(min)
18	0
18,5	1,2
19	2,16
19,5	4,27
20	6,53
20,5	8,75
21	10,31
21,5	13,96
22	15,44
22,5	18,02
23	20,95
23,5	24,31
24	28,83
24,5	32,59
25	37,74

Tabla 7.13 Prueba de vacío del banco simulador cerrado de 25-18°C, medido con el multímetro digital

Multímetro Digital	Cronómetro
Temperatura(°C)	Tiempo(seg)
25	0
24,5	5
24	8
23,5	11
23	14
22,5	16
22	18
21,5	20
21	22
20,5	24
20	26
19,5	28
19	30
18,5	32
18	35

Tabla 7.14 Prueba de vacío del banco simulador cerrado de 25-18°C, medido con el controlador MT-543Ri plus

Controlador MT-543Ri plus	Cronómetro
Temperatura(°C)	Tiempo(min)
25	0
24,5	0,16
24	0,42
23,5	0,58
23	0,83
22,5	1,2
22	1,43
21,5	1,6
21	1,88
20,5	2,05
20	2,27
19,5	2,42
19	2,62
18,5	2,87
18	3,17

Tabla 7.15 Prueba de vacío del banco simulador abierto de 18-25°C, medido con el multímetro digital

Multímetro digital	Cronómetro
Temperatura(°C)	Tiempo(min)
18	0
18,5	0,65
19	1,33
19,5	2,23
20	3,27
20,5	4,75
21	6,73
21,5	8,65
22	11,1
22,5	13,52
23	16,55
23,5	20,65
24	24,85
24,5	28,63
25	34,08

Tabla 7.16 Prueba de vacío del banco simulador abierto de 18-25°C, medido con el controlador MT-543Ri plus

Controlador MT-543Ri plus	Cronómetro
Temperatura(°C)	Tiempo(min)
18	0
18,5	2,66
19	5,81
19,5	8,03
20	13,42
20,5	17,57
21	20,39
21,5	25,6
22	27,8
22,5	31,04
23	34,28
23,5	37,45
24	42,67
24,5	47,13
25	49,91

Tabla 7.17 Prueba de vacío del banco simulador abierto de 25-18°C, medido con el multímetro digital

Multímetro Digital	Cronómetro
Temperatura(°C)	Tiempo(seg)
25	0
24,5	4
24	7
23,5	10
23	13
22,5	15
22	17
21,5	19
21	21
20,5	23
20	24
19,5	26
19	28
18,5	30
18	32

Tabla 7.18 Prueba de vacío del banco simulador abierto de 25-18°C, medido con el controlador MT-543Ri plus

Controlador MT-543Ri plus	Cronómetro
Temperatura(°C)	Tiempo(min)
25	0
24,5	0,33
24	0,98
23,5	1,27
23	1,64
22,5	1,88
22	2,12
21,5	2,35
21	2,62
20,5	2,89
20	3,24
19,5	3,61
19	3,93
18,5	4,26
18	4,58

Tabla 7.19 Prueba del banco simulador con carga y cerrado de 18-25°C, medido con el multímetro digital

Multímetro Digital	Cronómetro
Temperatura(°C)	Tiempo(min)
18	0
18,5	0,1
19	0,3
19,5	0,55
20	0,85
20,5	1,28
21	1,78
21,5	2,53
22	3,57
22,5	4,57
23	5,55
23,5	6,2
24	6,85
24,5	7,42
25	8,03

Tabla 7.20 Prueba del banco simulador con carga y cerrado de 18-25°C, medido con el controlador MT-543Ri plus

Controlador MT-543Ri plus	Cronómetro
Temperatura(°C)	Tiempo(min)
18	0
18,5	0,16
19	0,47
19,5	0,64
20	0,92
20,5	1,44
21	2,17
21,5	2,89
22	3,78
22,5	4,61
23	5,75
23,5	6,97
24	7,6
24,5	8,19
25	9,24

Tabla 7.21 Prueba del banco simulador con carga y cerrado de 25-18°C, medido con el multímetro digital

Multímetro Digital	Cronómetro
Temperatura(°C)	Tiempo(seg)
25	0
24,5	1
24	3
23,5	5
23	6
22,5	8
22	10
21,5	12
21	14
20,5	16
20	18
19,5	20
19	23
18,5	26
18	30

Tabla 7.22 Prueba del banco simulador con carga y cerrado de 25-18°C, medido con el controlador MT-543Ri plus

Controlador MT-543Ri plus	Cronómetro
Temperatura(°C)	Tiempo(seg)
25	0
24,5	5
24	8
23,5	11
23	15
22,5	17
22	20
21,5	24
21	27
20,5	31
20	35
19,5	38
19	43
18,5	45
18	50

Tabla 7.23 Datos de fabricante de cantidad de refrigerante para un vehículo vitara



R134a Refrigerant Capacity Guide

3/55 Northgate Drive
 Thomastown
 Victoria Australia 3074

P: +613 9464 5688
 F: +613 9464 5788
 E: info@ariazone.com

VEHICLE	YEAR	WEIGHT (gm)
Impreza/Sportswagon	1994 - 1996	650 +/- 50
Impreza/Sportswagon	1997 - 2000	600 +/- 50
Impreza	2000 - 2006	500 +/- 50
Liberty 2nd Gen	1994 - 1999	650 +/- 50
Liberty 3rd Gen	1998 - 2003	450 +/- 50
Liberty 4th Gen	2003 - 2006	400 +/- 30
Outback 2nd Gen	1994 - 1999	650 +/- 50
Outback 3rd Gen	1998 - 2003	450 +/- 50
Outback 4th Gen	2003 - 2006	400 +/- 30
SVX	1993 - 1997	650 +/- 50
SUZUKI		
Alto	1993 - 1998	550 +/- 50
Baleno 1.6 & 1.8	1996 - 2001	600
Grand Vitara	1998 - 2005	440 +/- 50
Ignis	2000 - 2005	360 +/- 30
Jimny	1998 - 2006	550 +/- 50
Liana	2001 - 2006	500 +/- 30
Sierra	1993 - 1998	650
Swift/Cino	1993 - 1999	500
Vitara 1.6 & 2.0 V6	1993 - 1998	570
Wagon R+	1997 - 1998	550
X90	1996 - 1998	570

Latacunga, Mayo del 2011

ELABORADO POR

Pablo Andrés Román Rivera

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

Ing. Juan Castro

DELEGADO UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO

Dr. Eduardo Vásquez Alcázar