



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO DE BANCO DE ENSAYO PARA CICLOS OCR

Alumno: Miguel Ángel Navas Sánchez

Tutor: Prof. D. Fernando Antonio Cruz Peragón
Dpto: Máquinas y Motores Térmicos

Septiembre, 2016



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Mecánica y Minera

Don FERNANDO ANTONIO CRUZ PERAGÓN, tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: DISEÑO DE BANCO DE ENSAYO PARA CICLOS OCR, que presenta MIGUEL ÁNGEL NAVAS SÁNCHEZ, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, SEPTIEMBRE de 2016

El alumno:

Una firma manuscrita en azul, con una línea horizontal que atraviesa la parte inferior de la escritura.

MIGUEL ÁNGEL NAVAS SÁNCHEZ

Los tutores:

Una firma manuscrita en azul, con una línea horizontal que atraviesa la parte inferior de la escritura.

FERNANDO ANTONIO CRUZ PERAGÓN

Agradecimientos:

A mi tutor D. Fernando Antonio
Cruz Peragón y a D. Nabih Khanafer
Bassam por la ayuda prestada.

A los instaladores de la empresa
Pérez Clima por las ideas y mejoras
aportadas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO	1
2. INTRODUCCION	1
2.1 Ciclo ORC	2
2.1.1 Definición	2
2.1.2 Eficiencia	3
2.1.3 Ventajas	4
2.2. Refrigerantes	5
3. DESCRIPCION GENERAL DE LA INSTALACIÓN	7
3.1 Fluido refrigerante	9
3.1.1 Toxicidad	9
3.1.2 Medioambiente	10
3.1.3 Estabilidad	10
3.1.4 Compatibilidad	10
3.1.5 Almacenamiento y manipulación	11
3.2 Evaporador	11
3.3 Condensador	14
3.4 Bomba de refrigerante	16
3.4.1 Cabezal	17
3.4.2 Mecanismo y reductor	17
3.4.3 Regulación de la carrera	17
3.4.4 Motor	17
3.5 Mini Chiller	18
3.5.1 Estructura	20
3.5.2 Serpentín del condensador	20
3.5.3 Motor del ventilador	20
3.5.4 Evaporador	20
3.5.5 Módulo hidráulico	21
3.5.6 Panel eléctrico de control y potencia	21
3.6 Carga de refrigerante	24
3.6.1 Tramo 1	24
3.6.2 Tramo 2	25

3.6.3	Condensador	25
3.6.4	Tramo 3	25
3.6.5	Tramo 4	25
3.6.6	Evaporador	25
3.6.7	Resumen	26
3.7	Longitud del tubo capilar	26
3.8	Dimensionamiento de las tuberías	27
3.8.1	Caída de presión.....	28
3.8.2	Velocidad	28
3.8.3	Selección	29
3.9	Instalación eléctrica	30
3.10	Presupuesto	30
4.	ENSAYOS.....	33
4.1	Ensayos Tipo 1.....	34
4.1.1	Ensayo 1.....	34
4.1.2	Ensayo 2.....	36
4.1.3	Ensayo 3.....	37
4.1.4	Ensayo 4.....	39
4.2	Ensayos Tipo 2.....	40
4.2.1	Ensayo 5.....	41
4.2.2	Ensayo 6.....	42
5.	PROBLEMAS DURANTE LA REALIZACIÓN DEL TFG	45
6.	CONCLUSIONES	47
7.	REFERENCIAS	47

ANEXO 1. ESQUEMAS Y DIAGRAMAS

ANEXO 2. JUSTIFICACIÓN DEL FLUIDO REFRIGERANTE

ANEXO 3. JUSTIFICACIÓN DEL EVAPORADOR

ANEXO 4. JUSTIFICACIÓN DE LA LONGITUD DEL CAPILAR

ANEXO 5. JUSTIFICACIÓN DEL CONDENSADOR

ANEXO 6. JUSTIFICACIÓN DE LA BOMBA REFRIGERANTE

ANEXO 7. JUSTIFICACIÓN MINI CHILLER

ANEXO 8. JUSTIFICACIÓN CARGA DE REFRIGERANTE

ANEXO 9. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

ANEXO 10. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO

ANEXO 11. FICHA TÉCNICA R134a

ANEXO 12. FICHA TÉCNICA EVAPORADOR

ANEXO 13. FICHA TÉCNICA CONDENSADOR

ANEXO 14. FICHA TÉCNICA MINI CHILLER

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Instalación ciclo ORC.....	3
Ilustración 2: Ciclo ORC.....	3
Ilustración 3: Diagrama de flujo del proceso ORC	4
Ilustración 4: Banco de ensayos ORC	7
Ilustración 5: Esquema instalación ORC.....	8
Ilustración 6: Evaporador MPE 35	12
Ilustración 7: Vista perfil ONDA MPE 35.....	13
Ilustración 8: Esquema ONDA CEV 15.....	14
Ilustración 9: Partes bomba de refrigerante	16
Ilustración 10: Bomba Inyecta TP25030C.....	18
Ilustración 11: Mini enfriadora MUENR-H4	19
Ilustración 12: Esquema tuberías Mini Chiller	21
Ilustración 13: Dimensiones Mini Chiller	22
Ilustración 14: Diagrama p-h Ensayo 1	35
Ilustración 15: Diagrama p-h Ensayo 2	37
Ilustración 16: Diagrama p-h Ensayo 3	38
Ilustración 17: Diagrama p-h Ensayo 4	40
Ilustración 18: Diagrama p-h Ensayo 5	42
Ilustración 19: Diagrama p-h Ensayo 6	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades R134a	9
Tabla 2: Propiedades impacto medioambiental R134a.....	10
Tabla 3: Dimensiones ONDA MPE35	12
Tabla 4: Conexiones ONDA MPE35	12
Tabla 5: Características relevantes ONDA MPE35.....	13
Tabla 6: Características SODECA CA/LINE-15	14
Tabla 7: Dimensiones ONDA CEV 15.....	15
Tabla 8: Conexiones ONDA CEV 15	15
Tabla 9: Características más relevantes ONDA CEV 15	15
Tabla 10: Características bomba	18
Tabla 11: Dimensiones bomba	18
Tabla 12: Especificaciones Mini Chiller.....	23
Tabla 13: Volumen del tramo 1	24
Tabla 14: Volumen del tramo 2	25
Tabla 15: Volumen del tramo 3	25
Tabla 16: Volumen del tramo 4	25
Tabla 17: Resumen de kg en la instalación	26
Tabla 18: Diámetros posibles para el tubo capilar	27
Tabla 19: Presupuesto	32
Tabla 20: Datos del refrigerante para el Ensayo 1	34
Tabla 21: Datos del agua para el Ensayo 1	34
Tabla 22: Datos del refrigerante para el Ensayo 2.....	36
Tabla 23: Datos del agua para el Ensayo 2	36
Tabla 24: Datos del refrigerante para el Ensayo 3.....	38
Tabla 25: Datos del agua para el Ensayo 3	38
Tabla 26: Datos del refrigerante para el Ensayo 4.....	39
Tabla 27: Datos del agua para el Ensayo 4	39
Tabla 28: Datos del refrigerante para el Ensayo 5.....	41
Tabla 29: Datos del agua para el Ensayo 5	41
Tabla 30: Datos del refrigerante para el Ensayo 6.....	43
Tabla 31: Datos del agua para el Ensayo 6	43

1. OBJETIVO

El objetivo del proyecto es diseñar un banco de ensayos que permita realizar ciclos termodinámicos con refrigerantes orgánicos, con el objeto de ensayar diferentes máquinas térmicas como turbinas de vapor. Incorporará además en un futuro, un sistema de calentamiento a partir de combustible biomásico para realizar estudios de humos de combustión, aprovechando la temperatura de los humos generados por una caldera de biomasa para realizar un intercambio térmico con un fluido refrigerante, en este caso el refrigerante R-134a, el cual realizará un ciclo termodinámico ORC que su función es la de generar electricidad. Se excluye ahora la instalación de una turbina por un sistema de expansión isoentálpica (Capilar y conjunto de válvulas) que expansionará el gas.

Debido a la envergadura de este Trabajo de Fin de Grado, se decide realizar conjuntamente entre los alumnos Antonio Jesús Villacañas Juan y Miguel Ángel Navas Sánchez, estando definido como un Trabajo de Fin de Grado de Carácter General.

2. INTRODUCCION

En este proyecto se va a construir un banco de ensayo para el Ciclo termodinámico Orgánico de Rankine de baja potencia para la generación de energía eléctrica. Ciclo ORC (Organic Rankine Cycle).

Actualmente esta instalación aprovechará la temperatura del aire caliente generado por el túnel de secado de muestras existente en el laboratorio, para hacer un intercambio térmico con un fluido caloportador, éste será un fluido refrigerante (R-134a). Este fluido realizará el ciclo termodinámico ORC y generará electricidad a su paso por una futura turbina.

Este proyecto pretende acercarse y simular el aprovechamiento de los humos que se expulsan a la atmosfera provenientes de equipos de producción de calor,

como por ejemplo calderas, con el fin de generar electricidad mediante un recurso que antes se desperdiciaba por su vertido directo a la atmosfera, todo esto va encaminado a una mejora de la eficiencia de la producción de las industrias contribuyendo a ahorros económicos.

2.1 Ciclo ORC

2.1.1 Definición

La tecnología ORC (Organic Rankine Cycle) es particularmente apropiada para aplicaciones de aprovechamiento de calor residual para producir electricidad. Estos sistemas son sencillos, fiables, silenciosos y tienen una fácil integración en instalaciones existentes, con un buen funcionamiento a cargas parciales.

Un Ciclo Orgánico de Rankine (Organic Rankine Cycle – ORC) funciona, al igual que un ciclo de refrigeración convencional, por medio de un proceso de evaporación simple que no produce ningún tipo de emisiones. El calor disponible (procedente de calor residual de proceso, gases escape, biomasa, fuentes geotérmicas, biogás, etc.) se utiliza en el evaporador del sistema ORC para calentar el fluido de trabajo. Cuando este fluido se ha vaporizado entra en el módulo de potencia y se expande en una turbina, cuyo eje hace funcionar un generador para producir electricidad. Es necesaria la acción de un condensador para devolver el fluido de trabajo a su fase líquida. Para impulsar el fluido de trabajo se emplea una bomba.

En la Ilustración 1 e Ilustración 2: Ciclo ORC, se recoge tanto los elementos principales que componen el ciclo, como el ciclo termodinámico representado en el diagrama P-h.

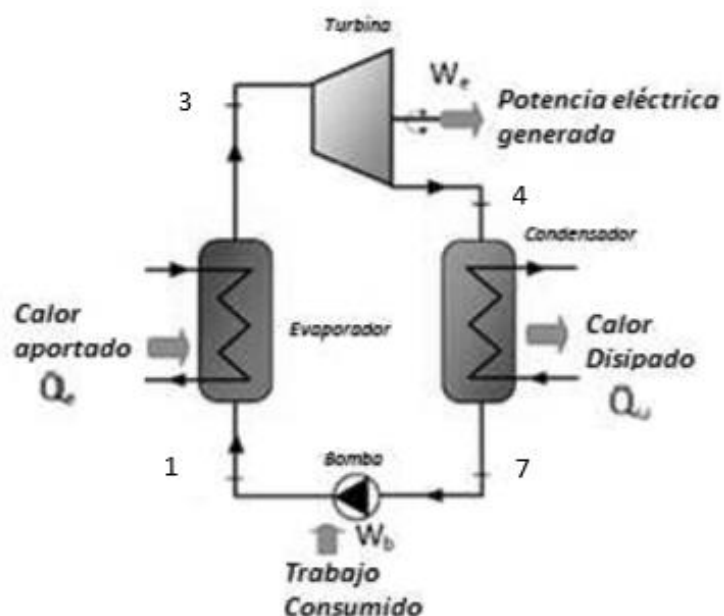


Ilustración 1: Instalación ciclo ORC

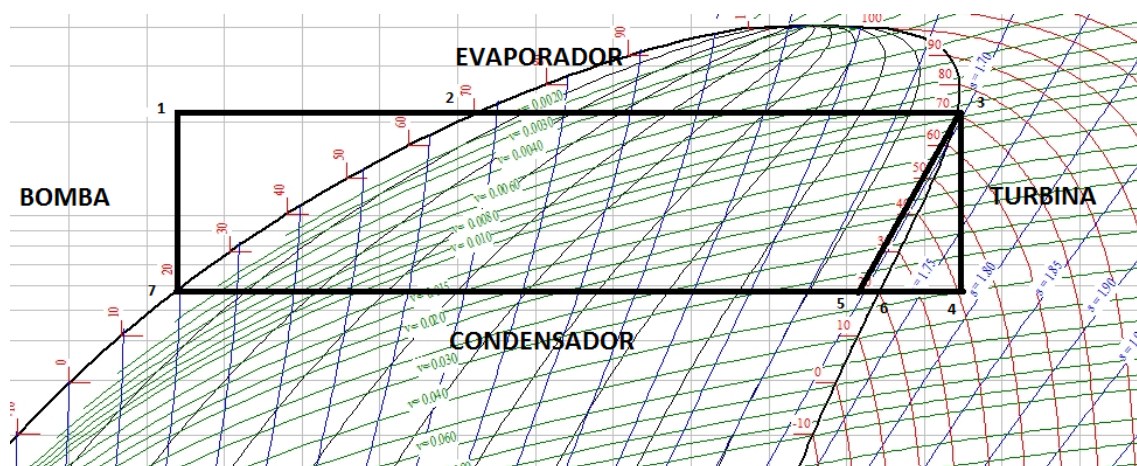


Ilustración 2: Ciclo ORC

2.1.2 Eficiencia

Los sistemas ORC mejoran el rendimiento energético (REE) produciendo electricidad a partir de cualquier fuente de calor aprovechable como gases de escape en chimeneas, turbinas o motores, excedente de cogeneraciones existentes, combustión de biomasa, procesos de secado, disponibilidad de agua caliente termal, geotermia, solar, etc. La electricidad producida por estos sistemas

puede ser consumida directamente en las instalaciones a las que da servicio, independizando de la red al consumidor y aportando un ahorro económico.

A modo de ejemplo, comentar que el ciclo ORC posee una elevada eficiencia, el 98 % de la potencia térmica aportada del aceite térmico se transforma en un 18 % de electricidad y un 80 % en energía térmica, como puede observarse en la Ilustración 3.

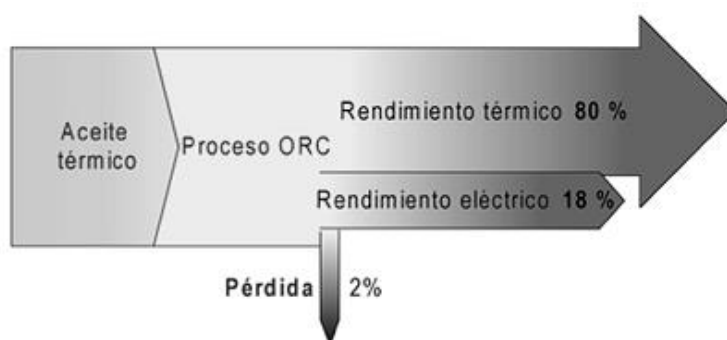


Ilustración 3: Diagrama de flujo del proceso ORC

Los rendimientos eléctricos pueden variar hasta un 20% cuando se dispone de una fuente de calor de alta temperatura, como en instalaciones con biomasa y del 10% cuando se tiene recuperación de calor. Mientras que el porcentaje restante, 80%, es aprovechado en forma de calor.

Para incrementar la eficiencia se suele utilizar un recuperador de calor dispuesto entre la turbina y el condensador para precalentar el fluido que entra en el evaporador y así reducir el salto térmico, dando lugar a una reducción de la energía aportada por el evaporador a dicho fluido.

2.1.3 Ventajas

Las ventajas que posee este ciclo son muchas, a continuación se muestran las más representativas.

- Alta eficiencia del ciclo

- Muy alta eficiencia de la turbina (Hasta un 85 %)
- Bajas tensiones mecánicas de la turbina, debidas a la velocidad periférica.
- Bajas velocidades de giro de la turbina, lo que permite la transmisión directa del generador eléctrico sin engranaje de reducción.
- Se evita la erosión en los alabes, debido a la ausencia de humedad en las toberas de vapor.
- Trabaja a bajas temperaturas
- Supone una mejora respecto a los sistemas de vapor convencionales porque su curva de rocío es menos crítica en las expansiones.

En términos económicos hay que añadir otras ventajas como la gratuidad del combustible, la larga duración de los equipos y los bajos costes de mantenimiento y operación, lo que contribuye a bajos periodos de retorno y altas rentabilidades.

2.2. Refrigerantes

Los refrigerantes o fluidos frigoríficos son utilizados como medio de transporte de calor desde un punto a otro, actúan absorbiendo calor y cediéndolo posteriormente.

Los refrigerantes pueden ser divididos en dos grupos: primarios y secundarios.

Refrigerantes primarios o fluidos frigorígenos son aquellos que producen el enfriamiento por la transformación de líquido en vapor.

Refrigerantes secundarios o fluidos frigoríferos transfieren la energía térmica desde el objeto a ser enfriado al refrigerante primario.

Los primeros refrigerantes primarios fueron:

- Agua
- Dietileno

- Amoniaco
- Dióxido de azufre, con problemas de olor y toxicidad
- Dióxido de carbono, reemplazado por la alta presión necesaria
- Distintos tipos de hidrocarburos

Desde que Midgley descubriera los clorofluorcarbonados, CFC, en 1928, tras buscar un refrigerante que fuese seguro (ni inflamable ni tóxico), su empleo en todas las aplicaciones de la refrigeración se ha ido extendiendo. Las propiedades de estos nuevos refrigerantes eran tan favorables que pronto se impusieron en todos los sectores del frío. De hecho, la seguridad y la falta de olor de los CFC facilitaron su uso descuidado por parte de frigoristas, que permitían el funcionamiento de instalaciones que presentaban fugas, y en las que eran necesarias frecuentes recargas del refrigerante. Los antiguos refrigerantes fueron eliminados, exceptuando el amoniaco que mantuvo su primacía en determinadas aplicaciones (instalaciones de gran potencia y temperaturas más bien bajas). El amoniaco es uno de los refrigerantes más usados hoy en día, sobre todo en las grandes instalaciones frigoríficas.

Durante más de 50 años, los compuestos clorados fueron considerados como las sustancias ideales para su aplicación en refrigeración, que permitan dar por finalizada la investigación en la búsqueda de refrigerantes. Sin embargo, los recientes descubrimientos, relativos a la incidencia de estas sustancias en el medio ambiente (destrucción de la capa de ozono y efecto invernadero) han llevado a las naciones más desarrolladas a restringir (o incluso eliminar) el uso de estas sustancias, y esto obliga a la búsqueda de nuevas soluciones, o a la adaptación de viejas técnicas que habían caído en desuso.

Ante esta nueva situación, las grandes industrias químicas se han esforzado en desarrollar nuevas sustancias (principalmente del tipo HFC y sus mezclas), que puedan servir como sustitutos de los CFC y HCFC, que tendrían que dejar de aplicarse.

3. DESCRIPCION GENERAL DE LA INSTALACIÓN

Existen varios elementos principales en la instalación, los cuales se estudiarán en profundidad y por separado, además de justificar su uso en dicha instalación.

A partir de ahora se hablará de circuito de refrigerante, que hace referencia a la instalación del ciclo termodinámico ORC. Esta instalación posee como elementos principales el propio fluido refrigerante, el evaporador, el condensador, el tubo capilar y la bomba. Esta instalación posee además más elementos secundarios de los cuales también se hará referencia más adelante.

Como circuito de agua, se hablará de la instalación de agua de refrigeración que tendrá como objetivo enfriar el fluido refrigerante en el condensador para que éste pueda ser bombeado de nuevo al evaporador de la instalación principal.

A parte, se dispone de una instalación de generación de aire caliente, ésta estará compuesta por un túnel de secado que será el encargado de generar el aire caliente necesario para realizar el intercambio térmico en el evaporador de la instalación principal. A continuación en la Ilustración 4 se muestra una fotografía del banco de ensayos y en la Ilustración 5 el esquema general de la instalación.



Ilustración 4: Banco de ensayos ORC

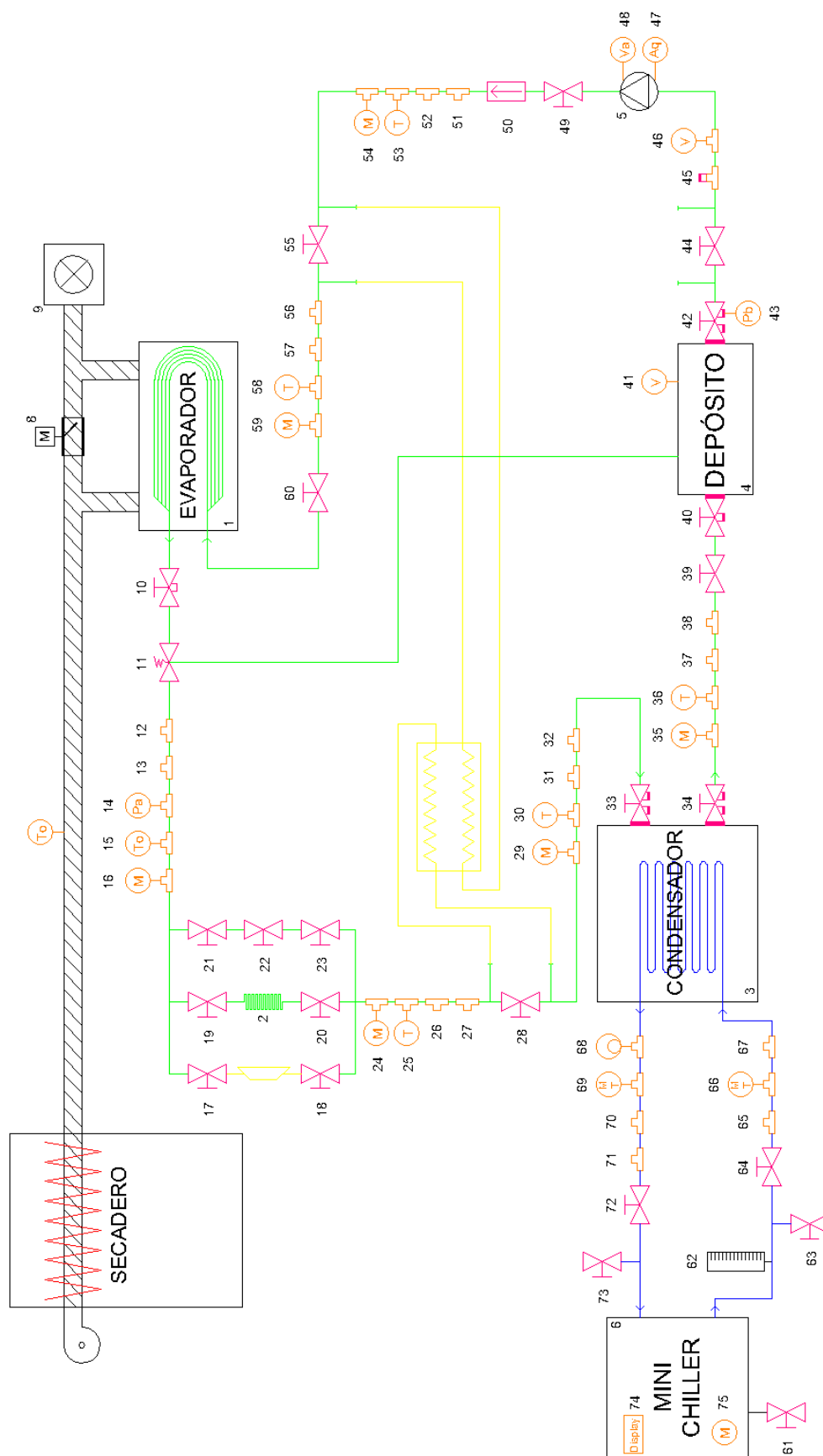


Ilustración 5: Esquema instalación ORC

3.1 Fluido refrigerante

Todo lo referente a la justificación del fluido refrigerante se recoge en el **“Anexo 2. Justificación del fluido refrigerante”**. Mencionar también que en el **“Anexo 11. Ficha técnica R134a”** se puede consultar todas las características del refrigerante en cuestión, dicha información es ofrecida por la casa Honeywell.

A modo de resumen se recoge en este apartado las principales características del refrigerante R134a.

El refrigerante Honeywell Genetron R134a (1, 1, 1,2-Tetrafluoroethane) es un líquido hidrofluorcarbonado, que ha sido desarrollado como un agente de expansión para espumas rígidas de aislamiento. Este líquido no es inflamable, su punto de ebullición está ligeramente por debajo de la temperatura ambiental. Las propiedades exactas del mismo se recogen en la Tabla 1.

Fórmula Molecular		CF ₃ CH ₂ F
Peso Molecular		102
Punto de ebullición	°C	-26,2
Densidad en estado líquido	g/cm ³ (20°C)	1,2
Punto de congelación	°C	<-101
Presión de vapor	kPa (20°C)	3,5
Solubilidad en agua	g/l/5	1,5
Punto de inflamabilidad		---
Límites de llama vapor		---

Tabla 1: Propiedades R134a

3.1.1 Toxicidad

El R134a es una sustancia con muy poca toxicidad, el índice por inhalación LCL0 de 4 horas en ratas es inferior a 500000 ppm, y el NOEL en relación a problemas cardiacos es aproximadamente 75000 ppm, en exposiciones durante 104 semanas. A una concentración de 10000 ppm no se ha observado efecto alguno.

3.1.2 Medioambiente

El refrigerante R134a no se considera un "desecho peligroso" por la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos, si se desechan sin usar, aunque como es lógico se debe tener cuidado para evitar liberaciones en el medio ambiente. Algunas de las propiedades que se tienen en cuenta para analizar el impacto ambiental se recogen en la Tabla 2.

Número de CAS	460-73-1
Número de ELINCS	419-170-6
Agotamiento de la capa de ozono	0
Estado de US VOC	Exento
Normas de exposición	
ACGIH TLV	---
OSHA PEL	---
WELL (AIHA) TWA 8 h	300 ppm
Estado de inventario TSCA	Enumerado
Aprobación SNAP	Todas las aplicaciones de espuma

Tabla 2: Propiedades impacto medioambiental R134a

3.1.3 Estabilidad

Estable en condiciones normales. No se descompone si se almacena y aplica como se indica. La descomposición comienza desde 250°C.

3.1.4 Compatibilidad

Este agente no es reactivo ni corrosivo hacia todos los materiales de uso común en equipos de procesamiento de poliuretano, esto incluye acero al carbono, acero inoxidable, cobre y latón. Sin embargo existe una preocupación con el uso de aluminio en contacto con cualquier material halogenado debido a la naturaleza reactiva del aluminio, particularmente si se retira la capa de óxido sobre la superficie del aluminio.

En general este agente es menos agresivo con plásticos y elastómeros que el HCFC-141b, el cual es al que sustituye.

3.1.5 Almacenamiento y manipulación

Debe mantenerse separado del calor y de las fuentes de ignición. Evitar pinchazos y caídas del envase. Disponer de la suficiente renovación del aire y/o de extracción en los lugares de trabajo.

Mantener los envases herméticamente cerrados en un lugar fresco y bien ventilado. Almacenar en una zona fresca y protegida del sol y no exponer a temperaturas superiores a 50 °C.

3.2 Evaporador

La información detallada referente a la justificación del evaporador se recoge en el **“Anexo 3. Justificación del evaporador”**.

El evaporador instalado en el banco de ensayos es multitubular (carcasa y tubos) del tipo un paso por carcasa y dos por tubos y proviene del fabricante italiano ONDA modelo MPE 35, a continuación en la Ilustración 6 e Ilustración 7 se muestra el esquema de dicho elemento:

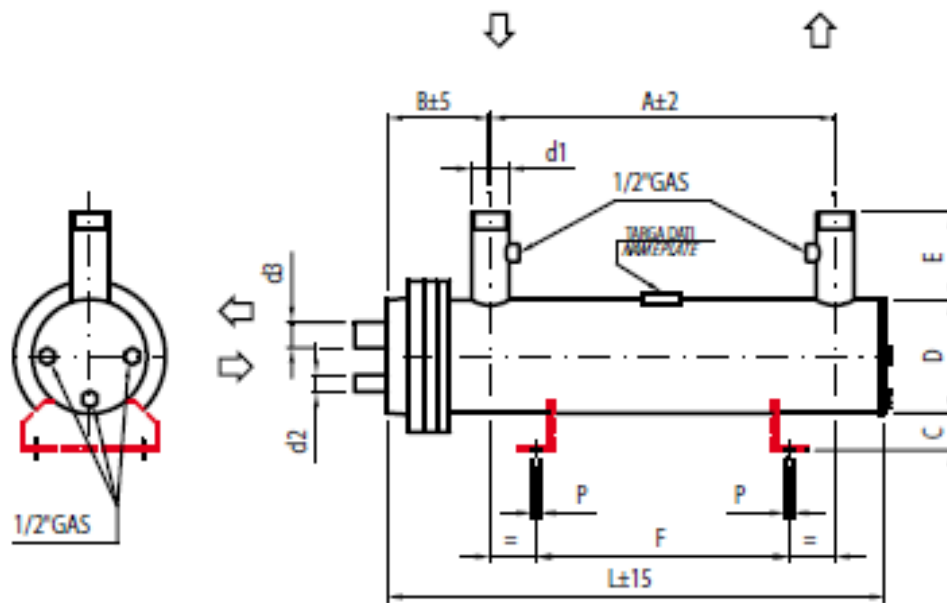


Ilustración 6: Evaporador MPE 35

Las dimensiones del evaporador ONDA MPE 35 se recogen la Tabla 3 y Tabla 4.

Dimensiones (mm)	A	B	C	D	E	F	G	L	M	P
	1040	153	56	141	130	800	160	1265	225	12

Tabla 3: Dimensiones ONDA MPE35

Conexiones	
D1	1-1/2"
D2	22 mm
D3	35 mm

Tabla 4: Conexiones ONDA MPE35

Además este evaporador es de un circuito.

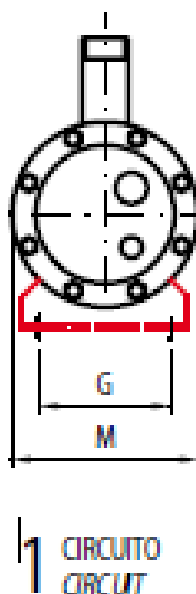


Ilustración 7: Vista perfil ONDA MPE 35

Las características más relevantes del evaporador se muestran en la Tabla 5.

ONDA	MPE 35
POTENCIA (KW)	35
CAUDAL (m^3/h)	6
PRESIÓN (kPa)	31
VOLUMEN DE REFRIGERANTE(L)	5
VOLUMEN DE AGUA (L)	12
PESO (kg)	43

Tabla 5: Características relevantes ONDA MPE35

Cualquier otra característica se puede consultar en el **“Anexo 12. Ficha técnica evaporador”**.

Finalmente como se explica en el **“Anexo 3. Justificación del evaporador”**, es necesaria la instalación de un extractor para aumentar el caudal de aire caliente en la instalación, se instala el extractor SODECA CA/LINE-15 con las especificaciones mostradas en la Tabla 6.

SODECA CA/LINE	15
Velocidad(rpm)	2420
I(A)	0,44
Potencia(kW)	0,095
Caudal máximo (m^3/h)	537
Presión sonora (dB)	41
Peso (kg)	4,8

Tabla 6: Características SODECA CA/LINE-15

3.3 Condensador

La información detallada referente a la justificación del evaporador se recoge en el **“Anexo 5. Justificación del condensador”**.

El condensador empleado será vertical del tipo carcasa y tubos enfriado por el agua procedente de la mini Chiller. Se selecciona el condensador ONDA CEV 15, a continuación en la Ilustración 8 se muestra el esquema de dicho elemento.

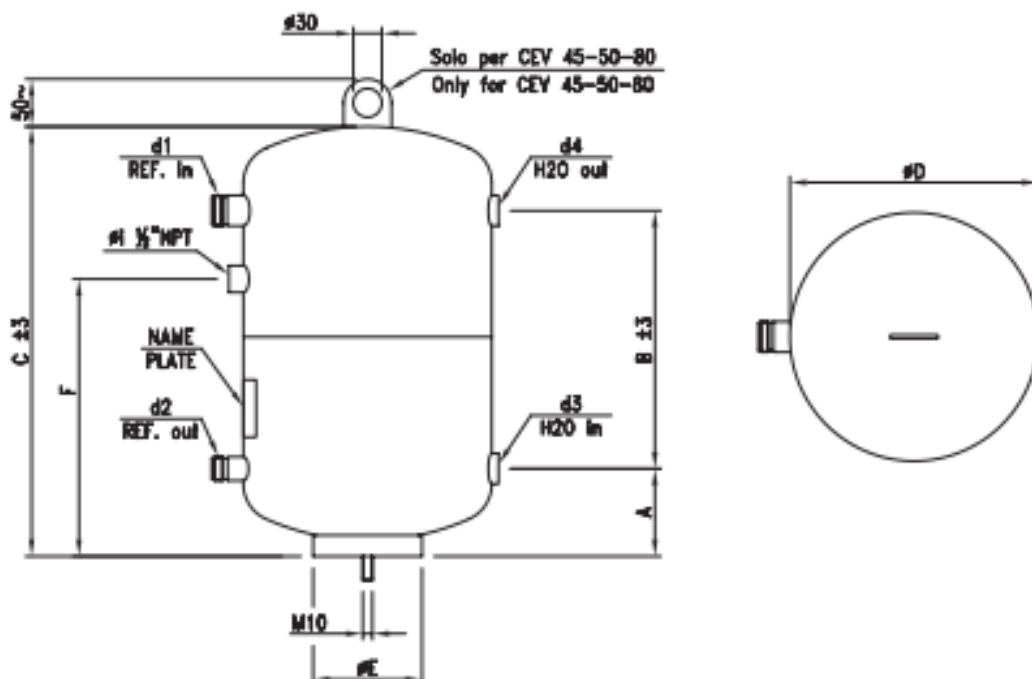


Ilustración 8: Esquema ONDA CEV 15

En la Tabla 7 y Tabla 8 se recogen las dimensiones del modelo seleccionado.

Dimensiones	A	B	C	D	E	F
(mm)	60	210	318	200	114	208

Tabla 7: Dimensiones ONDA CEV 15

Conexiones	
D1	1"
D2	$\frac{3}{4}$ "
D3	$\frac{1}{2}$ "
D4	$\frac{1}{2}$ "

Tabla 8: Conexiones ONDA CEV 15

Las especificaciones más relevantes del elemento se muestran en la Tabla 9.

ONDA	CEV 15
POTENCIA (KW)	12,5
CAUDAL (m^3/h)	0,72
Aumento de temperatura de agua (K)	15
PRESIÓN (kPa)	14,7
VOLUMEN DE REFRIGERANTE(L)	7,8
VOLUMEN DE AGUA (L)	0,7
PESO (kg)	9

Tabla 9: Características más relevantes ONDA CEV 15

Para una consulta más extensa del elemento véase el **“Anexo 13. Ficha técnica condensador”**.

3.4 Bomba de refrigerante

La información detallada referente a la justificación de la bomba de refrigerante se recoge en el **“Anexo 6. Justificación de la bomba refrigerante”**.

Se elige una bomba del tipo dosificadora de pistón, volumétrica alternativa, ya que éstas proporcionan una gran presión bombeando un pequeño caudal. La bomba pertenece a la casa Injecta, más concretamente a la serie Taurus, modelo TP25030C.

A continuación en la Ilustración 9 se muestran las diferentes partes que conforman la bomba.

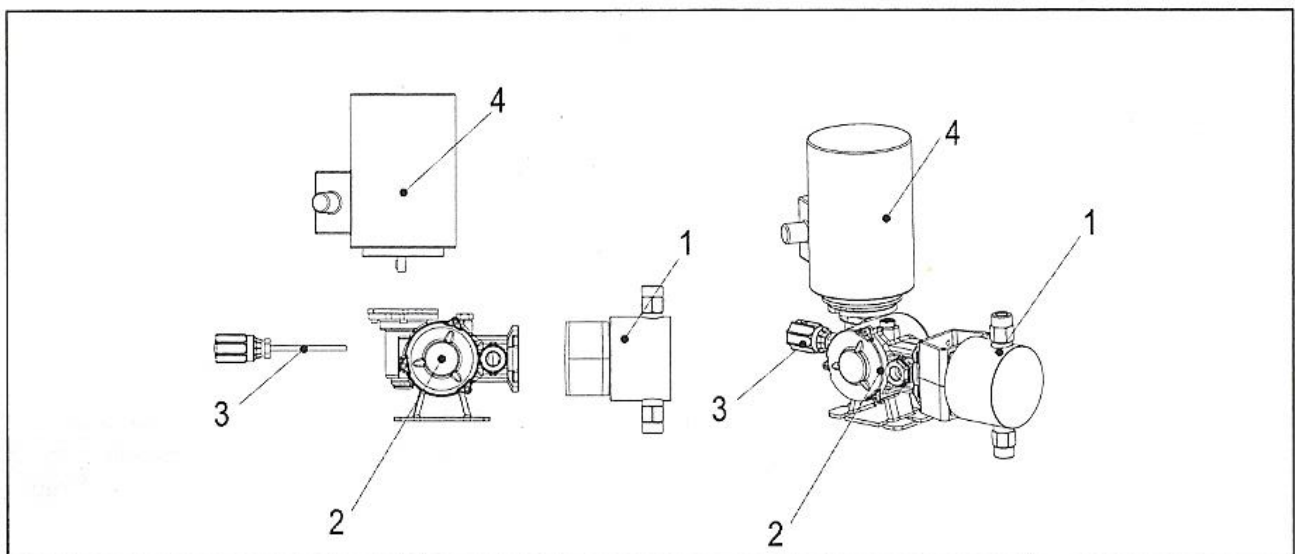


Ilustración 9: Partes bomba de refrigerante

Dónde:

1. Cabeza
2. Mecanismo
3. Regulación de la carrera
4. Motor

3.4.1 Cabezal

El cierre mecánico en el pistón aísla el cabezal de la atmosfera, este cierre está construido con anillos de reborde en elastómero. Las válvulas de aspiración y descarga son accionadas por alternarse la presión positiva y negativa. Durante la aspiración, la diferencia entre la presión de aspiración y la presión en el interior del cabezal provoca la apertura de la válvula de aspiración. Por el contrario, durante la descarga, la válvula de aspiración está cerrada y la válvula de descarga se abre por el efecto de la presión en el interior del cabezal. El cabezal está construido con acero AISI 316 para poder obtener la presión deseada de 20 bares.

3.4.2 Mecanismo y reductor

El mecanismo es el dispositivo que permite transformar el movimiento giratorio del motor eléctrico en alternativo y accionar el pistón.

3.4.3 Regulación de la carrera

Para modificar dicha regulación desde 0 al 100% del caudal, se ha de girar el regulador hacia la izquierda. Cada vuelta del regulador corresponde a una variación de 1/10 del caudal máximo. Además, el regulador está subdividido en 10 partes, y cada una de dichas partes corresponde a 1/100 del caudal máximo.

3.4.4 Motor

Elemento eléctrico que acciona la bomba contribuyendo a su funcionamiento, se trata de un motor trifásico a 230 V o 400 V según se conecten las bornas, cuyo consumo eléctrico es de 0,25 kW.

En la Tabla 10 se muestran las especificaciones más relevantes que posee este elemento.

MODELOS	Φ PISTÓN	GOLPES/MIN	CAUDAL	PRESIÓN	CONEX.	PESO
TP25030C	30 mm	116	112 l/h	20 bar	3/8" g.f.	14,1 kg

Tabla 10: Características bomba

Se concluye este apartado mostrando las diferentes vistas de la bomba en la Ilustración 10 así como sus dimensiones correspondientes en la Tabla 11.

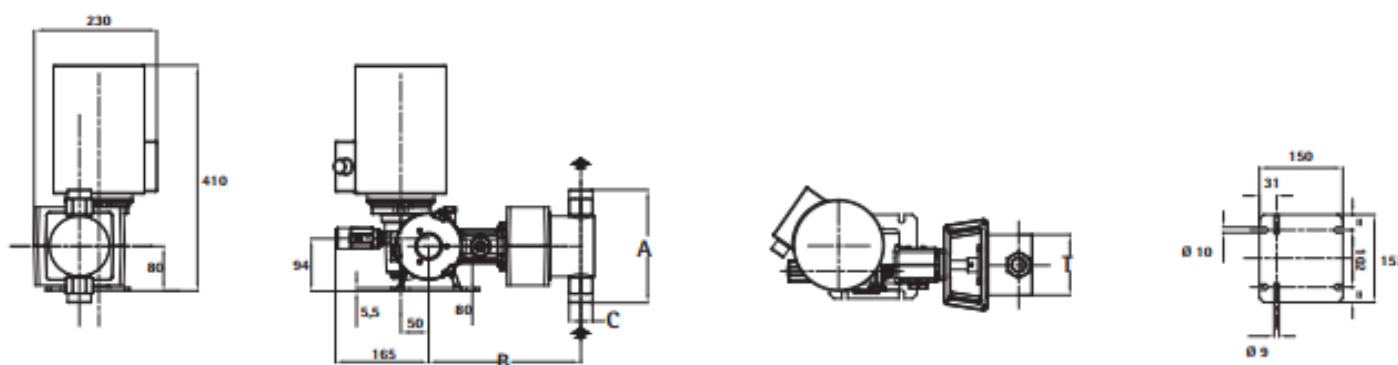


Ilustración 10: Bomba Inyecta TP25030C

Φ PISTÓN	A	B	C	T
30 mm	120 mm	258 mm	3/8" g.f.	68 mm

Tabla 11: Dimensiones bomba

3.5 Mini Chiller

La información detallada referente a la justificación de la bomba de refrigerante se recoge en el **“Anexo 7. Justificación Mini Chiller”**.

El modelo que más se aproxima a las necesidades de diseño es el modelo MINI ENFRIADORA INVERTER H4, MUENR-H4 5 kW del fabricante MUNDOCLIMA-Salvador Escoda.

Tiene una capacidad térmica de 5 kW, equivalentes al condensador que hay que enfriar. El caudal que es capaz de mover la bomba interna fluctúa entre 0,77 m³/h y 0,95 m³/h.

La mínima temperatura a la cual se puede configurar el termostato para que arranque el compresor es de 10 °C, aunque ésta posee una histéresis de 3 °C con lo que pueden conseguir temperaturas inferiores a la de consigna.

En la Ilustración 11 se observa los principales elementos que componen la mini enfriadora seleccionada.

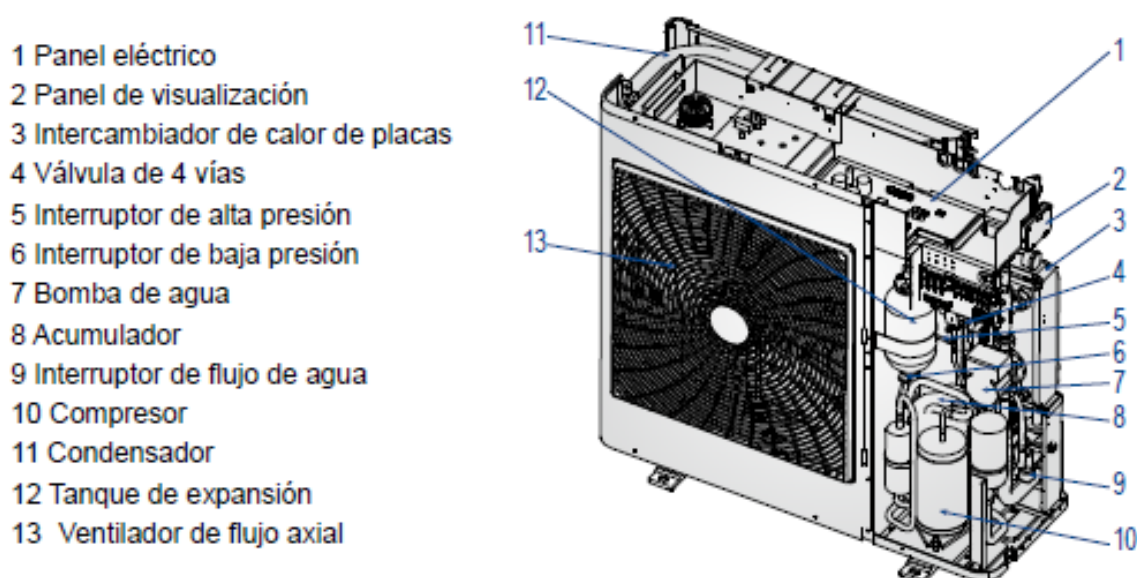


Ilustración 11: Mini enfriadora MUENR-H4

A continuación se describen las características de los principales elementos que conforman el modelo seleccionado.

3.5.1 Estructura

Las paredes y la base están hechas de acero galvanizado pintado con epoxi para asegurar una resistencia total a la contaminación atmosférica y bandeja de acumulación de condensados según normativa.

3.5.2 Serpentín del condensador

Las tuberías del serpentín son de cobre compacto, de alto rendimiento y sin soldaduras y las aletas son de aluminio, con superficie ancha para garantizar una óptima capacidad de intercambio de calor. La rejilla de protección del serpentín es estándar.

3.5.3 Motor del ventilador

Para alcanzar un intercambio de calor de alta eficacia, la unidad se equipa con ventiladores de flujo axial de alto rendimiento. El ventilador es accionado directamente por un motor protegido contra condiciones meteorológicas adversas para garantizar el funcionamiento. El motor de ventilador es un motor eléctrico de seis polos con corte térmico incorporado.

3.5.4 Evaporador

El intercambiador de calor está hecho de acero inoxidable AISI 316 para garantizar la eficacia del intercambio de calor y está equipado con un intercambiador eléctrico e interruptor de presión diferencial. Todo el intercambiador de calor lleva aislamiento de gomaespuma de celda cerrada para conseguir un aislamiento térmico óptimo.

3.5.5 Módulo hidráulico

Está integrado y totalmente equipado con componentes hidráulicos tales como un tanque de expansión, un intercambiador de calor de placas y una bomba de circulación de agua. El interruptor de presión diferencial de agua protege de cualquier daño a la bomba de agua.

3.5.6 Panel eléctrico de control y potencia

Panel eléctrico de control y potencia construido de acuerdo con IEC 204-1/EN60335-2-40, equipado con contactor de compresor, control mediante el panel de control.

El diagrama de tuberías puede consultarse en la Ilustración 12.

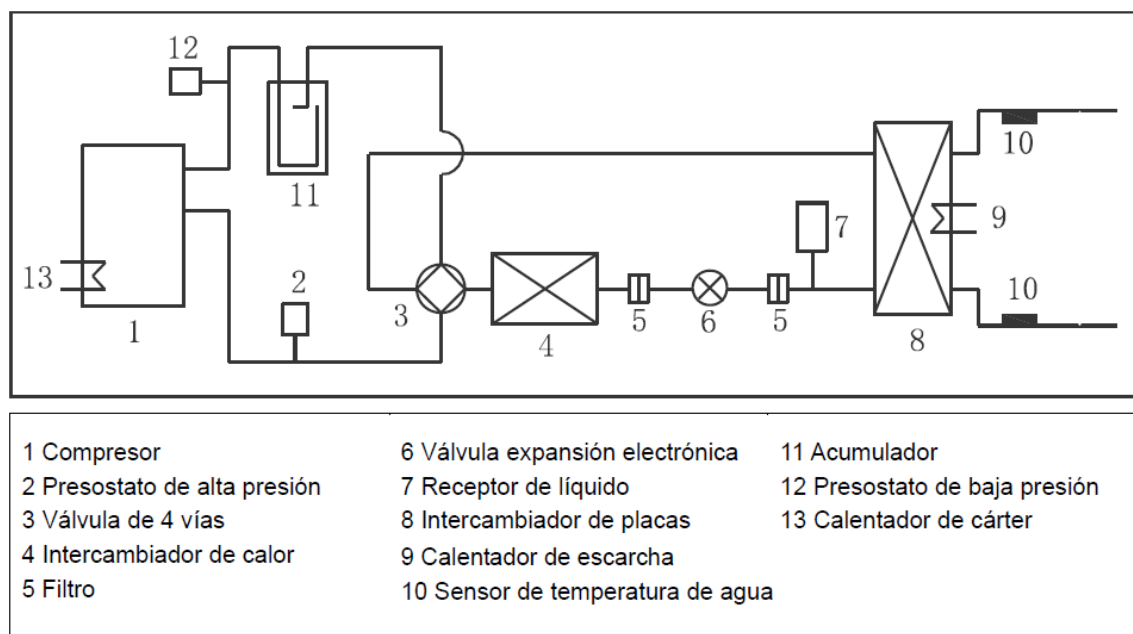


Ilustración 12: Esquema tuberías Mini Chiller

Atiéndase ahora a las dimensiones del equipo, las cuales pueden observarse en la Ilustración 13 para las diferentes vistas de alzado, planta y perfil.

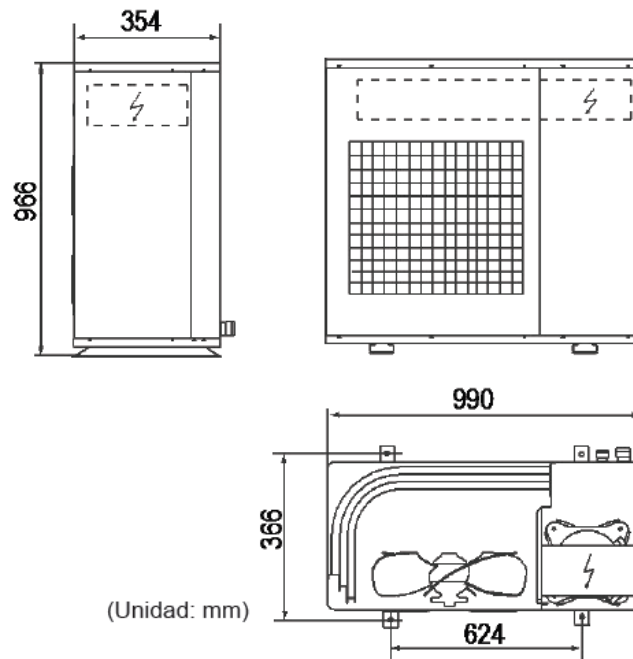


Ilustración 13: Dimensiones Mini Chiller

Para consultar el esquema eléctrico del equipo, véase el **“Anexo 1. Esquemas y diagramas”**.

Finalmente, las especificaciones técnicas de los elementos más importantes que componen la Mini enfriadora se recogen en la Tabla 12.

Modelo				MUENR-05-H4	
Código				CL25610	
Alimentación			V / F / Hz	220 V	
Refrigeración	Condiciones 1 *(1)	Capacidad	kW	5,00	
		Consumo	kW	1,55	
	Condiciones 2 *(2)	Capacidad	kW	6,57	
		Consumo	kW	1,27	
Calefacción	Condiciones 3 *(3)	Capacidad	kW	5,50	
		Consumo	kW	1,70	
	Condiciones 4 *(4)	Capacidad	kW	6,32	
		Consumo	kW	1,52	
EER	Condiciones 1 *(1)	kW / kW		3,23	
	Condiciones 2 *(2)	kW / kW		5,16	
COP	Condiciones 1 *(1)	kW / kW		3,24	
Consumo máximo			kW	2,80	
Corriente máxima			A	14,60	
Compresor	Modelo		SNB172FJGMC		
	Tipo		Rotativo		
	Marca		Mitsubishi Electric		
	Capacidad	kW	5,46		
	Consumo	kW	1,64		
	Carga de corriente nominal	A	8,10		
	Rotor bloqueado	A	29,50		
	Protector térmico		Interno		
	Aceite refrigerante	Tipo / Cantidad	ml	FV50S / 400	
Motor ventilador	Modelo		WZDK170-35G-1		
	Tipo		DC Inverter		
	Marca		Nidec Shibaura		
	Cantidad		1		
	Consumo	kW	0,17		
	Velocidad	rev/min	820		
Intercambiador exterior	Número de filas		2		
	Paso tubo (a) x paso fila (b)	mm	22 x 19,05		
	Separación entre aletas	mm	1,6		
	Tipo de aletas		Lámina de aluminio hidrófilico		
	Diámetro exterior	mm	7,94		
	Tipo de tubo		Tubo cobre estriado interno		
	Dimensiones (Longitud x Altura)	mm	885 x 880		
	Número de circuitos		6		
Bomba de agua	Tipo		RS15/6-3-WILO		
	Consumo (Alto / Medio / Bajo)	W	93 / 67 / 46		
	Elevación	m	5,5		
Caudal de aire			m3/h	5100	
Tipo de expansión			EXV (Válv. expansión elec.)		
Nivel sonoro (Presión sonora) *(5)			dB(A)	58	
Caudal de agua			m3/h	0,86	1,2
Pérdida de presión del intercambiador de agua			kPa	15	
Presión de entrada de agua mínima / máxima			kPa	500 / 150	
Dimensiones	Netas (An x Al x Pr)		mm	990 x 986 x 354	
	Brutas (An x Al x Pr)		mm	1120 x 1100 x 435	
Peso neto / bruto			kg	81 / 91	
Refrigerante	Tipo		R410A		
	Cantidad		kg	2,5	
Conexiones eléctricas	Alimentación		mm2	3 x 2,5 + T	
	Señal		mm2	3 x 1 (Apantallado)	
Conexiones hidráulicas			Entrada / Salida de agua	inch	1"
Rango de temperaturas de funcionamiento		Refrigeración	°C	- 5 ~ 46	
		Calefacción	°C	- 15 ~ 27 *(6)	
Rango de temperatura de salida de agua		Refrigeración	°C	En impulsión 4 ~ 20 *(7)	
		Calefacción	°C	En impulsión 30 ~ 55 *(8)	

Tabla 12: Especificaciones Mini Chiller

Para cualquier otra información, se puede consultar en el **“Anexo 14. Ficha técnica Mini Chiller”**.

3.6 Carga de refrigerante

Los cálculos detallados referentes a la justificación de la carga de refrigerante se recogen en el **“Anexo 8. Justificación carga de refrigerante”**.

Se dividirá la instalación de gas refrigerante en tramos en los que el refrigerante posea teóricamente las mismas características. Por lo que quedaría tal y como se muestra a continuación:

- Tramo 1: Salida evaporador – Salida capilar (Turbina)
- Tramo 2: Salida capilar (Turbina) -- Entrada condensador
- Condensador
- Tramo 3: Salida condensador – Aspiración bomba refrigerante
- Tramo 4: Impulsión bomba refrigerante – Entrada evaporador
- Evaporador

A continuación se muestran en la Tabla 13, Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16 la carga de refrigerante por tramos y finalmente en la Tabla 17 Tabla 17: Resumen de kg en la instalación la suma total del circuito.

3.6.1 Tramo 1

Elemento	Área (m²)	Longitud (m)	Volumen (m³)
Tubería ½"	$9,6769 \cdot 10^{-5}$	2,3	$2,2257 \cdot 10^{-4}$
Capilar	$5,0265 \cdot 10^{-7}$	15	$7,5398 \cdot 10^{-6}$
Colector	$1,1805 \cdot 10^{-3}$	0,35	$4,1318 \cdot 10^{-4}$
TOTAL			$6,4329 \cdot 10^{-4}$

Tabla 13: Volumen del tramo 1

3.6.2 Tramo 2

Elemento	Área (m²)	Longitud (m)	Volumen (m³)
Tubería 3/8"	$4,9265 \cdot 10^{-5}$	2,6	$1,2809 \cdot 10^{-4}$
Colector	$1,1805 \cdot 10^{-3}$	0,6	$7,083 \cdot 10^{-4}$
TOTAL			$8,3639 \cdot 10^{-4}$

Tabla 14: Volumen del tramo 2

3.6.3 Condensador

Se necesitan 4,856 kg de refrigerante para este elemento del circuito.

3.6.4 Tramo 3

Elemento	Área (m ²)	Longitud (m)	Volumen (m ³)
Tubería 3/8"	4,9265·10 ⁻⁵	2,2	1,0838·10 ⁻⁴
Colector	1,1805·10 ⁻³	0,3	3,5415·10 ⁻⁴
Depósito			7,5·10 ⁻³
TOTAL			7,9625·10 ⁻³

Tabla 15: Volumen del tramo 3

3.6.5 Tramo 4

Elemento	Área (m²)	Longitud (m)	Volumen (m³)
Tubería 1/2"	$9,6769 \cdot 10^{-5}$	2,97	$2,874 \cdot 10^{-4}$
Colector	$1,1805 \cdot 10^{-3}$	0,6	$7,083 \cdot 10^{-4}$
TOTAL			$9,8893 \cdot 10^{-4}$

Tabla 16: Volumen del tramo 4

3.6.6 Evaporador

Se necesitan 3,331 kg de refrigerante para este elemento del circuito

3.6.7 Resumen

Elemento	Carga refrigerante (kg)
Tramo 1	0,041
Tramo 2	0,0167
Condensador	4,856
Tramo 3	9,7541
Tramo 4	1,2114
Evaporador	3,331
TOTAL	19,2102

Tabla 17: Resumen de kg en la instalación

Actualmente la instalación posee 15,43 kg de refrigerante, carga que es suficiente para su funcionamiento, esta diferencia entre los cálculos se debe a la utilización de una densidad media entre la entrada y salida tanto del condensador como el evaporador.

3.7 Longitud del tubo capilar

Los cálculos detallados referentes a la justificación de la longitud del capilar se recogen en el **“Anexo 4. Justificación de la longitud del capilar”**.

Como ya se menciona en el anexo referente a este elemento, se va a sustituir la turbina por un tubo capilar debido a la envergadura de este proyecto.

El fin es el mismo, bajar la presión desde la salida del evaporador a la entrada al condensador, salvo la producción de energía, que queda pendiente para futuras ampliaciones de este banco de ensayos.

Tras los cálculos realizados obtenemos la Tabla 18, con los diámetros normalizados en el mercado y la longitud necesaria para esta aplicación.

φ Interior (mm)	L (m)
0,8	0,001168001
1	0,003718385
1,25	0,008021843
1,5	0,029812984
2	0,127759742

Tabla 18: Diámetros posibles para el tubo capilar

Aunque no haga falta instalar un capilar, si se atiende a los resultados obtenidos, se decide montarlo a nivel teórico con el objetivo de observar el comportamiento de éste para reducir la presión, así como para futuros estudios que contemplen cambios en el banco de ensayos. Se instala pues un tubo capilar de 0,8 mm de diámetro interno con una longitud de 15 metros, longitud mínima disponible en almacenes de suministro.

3.8 Dimensionamiento de las tuberías

Como introducción mencionar que los materiales más usados en el diseño de tuberías para instalaciones frigoríficas son el acero, hierro dulce, cobre y latón, aunque el más estandarizado es el cobre, para diámetros relativamente pequeños.

Las tuberías necesitan ser resistentes a altas presiones, estar aisladas en zonas donde no interese una pérdida de calor o en zonas donde se prevea fenómenos de condensación. Sin embargo, las tuberías de líquido no hacen falta aislarlas en esta instalación.

El montaje de las tuberías deben realizarse mediante soldaduras fuertes (Temperatura de unión 600 °C aproximadamente). Las varillas de soldadura utilizadas para este fin están compuestas por una aleación de plata, cobre, potasio zinc y estaño en diferentes porcentajes, además cuando se trate de uniones de diferentes materiales se aconseja el uso de varillas con decapante incorporado.

Se continua mencionado que la red de tuberías ha de poseer el menor número posible de codos, curvas, así como otros elementos que aumenten las pérdidas de carga y como consecuencia el consumo de energía. Por otra parte, se han de disminuir al máximo los racores a instalar ya que son menos fiables para garantizar la hermeticidad del circuito frigorífico.

Las partes horizontales tendrán una inclinación de al menos 1% hacia la central, para permitir el desplazamiento natural del posible líquido que hubiese.

Es muy importante tras la instalación de la red de tuberías probar la estanqueidad del circuito.

El dimensionamiento de las tuberías se debe realizar siguiendo los dos criterios siguientes:

- No superar una pérdida de carga máxima admisible.
- Mantener una velocidad de flujo recomendada en el interior de la tubería.

3.8.1 Caída de presión

El valor de las pérdidas de carga toleradas, depende de las condiciones de funcionamiento de la instalación y de las condiciones en las que se encuentra el fluido, por lo que hay que diferenciar cada tipo de tubería, tubería de aspiración, descarga y tubería de líquido.

Se debe analizar la caída de presión en tuberías para cada uno de los tramos de la instalación, así como de todos los accesorios instalados.

3.8.2 Velocidad

Los diámetros de tubería de líquido deben de ser suficientes para que la velocidad del líquido permanezca por debajo de 1,5 m/s, con una velocidad superior

a ésta, se corre el riesgo del golpe de ariete al cierre de una válvula que estrangule el circuito.

El golpe de ariete es la acción inmediata de respuesta al cierre brusco de una válvula que detiene la circulación del líquido. Provoca una subida de presión tan importante, al nivel de la válvula, que a veces ocasiona la rotura de la tubería.

Lo anterior mencionado se recoge en la normativa europea UNE-EN 378-4:2008+A1:2012, "Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Parte4: Operación, mantenimiento, reparación y recuperación. ".

A parte, en tuberías por las que circula gas la velocidad no debe ser inferior a:

- 3 m/s en tramos horizontales.
- 7 m/s en tramos verticales subientes.

3.8.3 Selección

Para la selección del diámetro de las tuberías no se seguirá ninguno de los criterios anteriormente descritos, ya que son muy tediosos y no se requiere ese estudio tan minucioso.

Los diámetros externos más utilizados para instalaciones frigoríficas en cobre flexible son 3/16", 1/4", 5/16", 3/8", 1/2", 5/8", 3/4" y 7/8". Para no seleccionar un tamaño demasiado grande, se elige la tubería de 3/8" para baja presión y 1/2" para alta presión, ambas con un grosor de pared de 0,8 mm. Las dimensiones seleccionadas corresponden a las más utilizadas para este tipo de instalaciones.

(Sánchez y Pineda de las Infantas, 2001, págs. 319-328)

(Cabeza, 2014, págs. 339-368)

3.9 Instalación eléctrica

Los elementos eléctricos que componen la máquina son el motor de la bomba de refrigerante, presostato de alta, presostato de baja, termostato, enfriadora o chiller y la llave cortafuegos. Éstos precisan del control del cuadro eléctrico para poder funcionar correctamente y hacerlo respetando las medidas de seguridad.

Para conocer los modelos de los componentes eléctricos seleccionados que construyen el cuadro eléctrico, comprender el funcionamiento de dichos elementos, así como la interpretación de los esquemas eléctricos véase el **“Anexo 9. Instalación eléctrica”**.

3.10 Presupuesto

A continuación se muestra la Tabla 19 con el precio de todos los elementos de la instalación.

Elemento	Cantidad	€/und	Total	Fabricante
Tuberías 1/2 pulgada (Vapor)	10	4	40	Beiger
Tubería 3/8 pulgada (Líquido)	10	3	30	Beiger
Aislamiento tuberías 1/2" (2 metros)	5	1,65	8,25	Beiger
Aislamiento tuberías 3/8" (2 metros)	5	1,48	7,4	Beiger
Presostato	1	290	290	Salvador escoda
Termostato (0-150) (mod:CO 15 017)	2	70	140	Salvador escoda
Portamanómetros 1/2"	16	18	288	Salvador escoda
Portamanómetros 3/8"	25	17,5	437,5	Salvador escoda
Manómetro 1-35 bar	10	7	70	Salvador escoda
Termómetro	10	7	70	Bourdon Andalucía
Accesorio T cobre 3/8"	15	4,26	63,9	Beiger
Accesorio T cobre 1/2"	15	3,21	48,15	Beiger
Accesorio codo 90° cobre 3/8"	20	2,83	56,6	Beiger
Accesorio codo 90° cobre 1/2"	20	3,42	68,4	Beiger
Válvula de bola 1/2 " bidireccional "tipo obús" (-40°C-120°C) 48 bar	1	50	50	Beiger

Válvula de bola 1/2 " bidireccional (-40°C-120°C) 48 bar	10	39,6	396	Beiger
Válvula de bola 3/8 " bidireccional "tipo obús"(-40°C-120°C) 48 bar	1	50	50	Beiger
Válvula de bola 3/8 " bidireccional (-40°C-120°C) 48 bar	8	38,4	307,2	Beiger
Válvula de bola 3/8 " bidireccional grifería	10	2,85	28,5	Beiger
Válvula de bola 1/2 " 3 vías (150°C) 16 bar	2	170	340	Danfoss
Válvula de bola 3/8 " 3 vías (-40°C-120°C) 16 bar	2	190	380	Danfoss
Visor de nivel	1		0	Danfoss
Nivelostato npt	1	20	20	Danfoss
Purgador automáticos aire	1	6	6	Danfoss
Válvula antirretorno 1/2"	1	50	50	Danfoss
Válvula tres vías motorizada y proporcional	1	500	500	Danfoss
Tubo de Chimenea acero inoxidable 80 mm con aislamiento (1 m)	3	59	177	Danfoss
Accesorio T 80 mm	3	90	270	Danfoss
Codo 90°	4	30	120	Danfoss
Cerquillo aislado 80 mm	15	3	45	Danfoss
Válvula de paso mariposa motorizada 80mm	1	1	265	Danfoss
Pulsador seta emergencia con retención 1 NC	1	44	44	ABB
Pulsador - de impulso, verde - NO+NC	1	18,2	18,22	ABB
piloto de Ø 22 - verde -base BA 9s - 250 V - terminal tornillo	3	16	47,94	ABB
piloto de Ø 22 - rojo -base BA 9s - 250 V - terminal tornillo	3	16	47,94	ABB
selector - Ø 22 - negro - maneta estándar - 3 posiciones - 2 NO	3	30	89,88	ABB
relé de interface - 220 V CA - 2 AC	2	16,1	32,24	ABB
ZUMBADOR DE SUPERFICIE REGULABLE Z-1C 220V CA	1	34	34	ABB
Armario	1	200	200	ABB
Material montaje	1	100	100	ABB
Variador de frecuencia	1	283	283,15	ABB
Fuente de Alimentación 24 V dc	1	70,6	70,62	ABB
Diferencial 40 A 30 mA	1	72,1	72,07	ABB
Diferencial 20 A	1	30	29,96	ABB
Magneto térmico 10 A	5	28,6	142,75	ABB
Relé térmico	3	62,3	186,99	ABB

Contactor trifásico	3	44,1	132,18	ABB
Tubo capilar	1	56	56	Danfoss
Contador de agua de pulsos	1	88,6	88,56	/
Caudalímetro	1	120	120	/
Deposito 15 l	1	93,5	93,5	Pecomark
Bomba Inyecta circuito refrigerante	1	970	970	INJECTA
Condensador CEV 15 ONDA	1	755	755	ONDA
Evaporador ONDA MPE15	1	1000	1000	ONDA
Refrigerante 16 kg	1	730	729,84	FRIOGAS
Mini chiller	1	1000	1000	SALVADOR ESCODA
MO. Instalación circuito hidráulico y frigorífico	1	1100,24	3197,65	Pérez Clima
IMPREVISTOS	1	2000	2000	
TOTAL			16165,35	

Tabla 19: Presupuesto

El presupuesto asciende a 16165,35 €, DIECISÉIS MIL CIENTO SESENTA Y CINCO CON TREINTA Y CINCO EUROS.

4. ENSAYOS

Se van a realizar distintos ensayos variando el caudal que circula por el circuito (variando la velocidad de la bomba en el variador de frecuencia situado en el cuadro eléctrico), la presión en el evaporador y la temperatura de salida de aire del túnel de secado. Se van a llevar a cabo dos tipos de ensayos:

- Tipo 1. Sin extractor de aire
- Tipo 2. Con el extractor de aire situado al final del circuito de humos, como se muestra en el esquema de la instalación en el **“Anexo 1. Esquemas y diagramas”**.

En cada ensayo se van a tomar 2 datos correspondientes a la instalación de agua y 6 datos correspondientes al circuito de refrigerante, actualmente debido a que no se instalará recuperador de calor (la instalación queda preparada), los puntos 2 y 3 son los mismos y los puntos 5 y 6 también.

- **Punto 1:** SALIDA DEL EVAPORADOR-ENTRADA CAPILAR
- **Punto 2:** SALIDA CAPILAR-ENTRADA RECUPERADOR DE CALOR
- **Punto 3:** SALIDA RECUPERADOR-ENT. CONDENSADOR
- **Punto 4:** SALIDA CONDENSADOR-ENTRADA BOMBA
- **Punto 5:** SALIDA BOMBA-ENTRADA RECUPERADOR
- **Punto 6:** SALIDA RECUPERADOR-ENTRADA EVAPORADOR

Y referentes al agua:

- **Punto 1:** SALIDA CHILLER-ENTRADA CONDENSADOR
- **Punto 2:** SALIDA CONDENSADOR-ENTRADA CHILLER

NOTA IMPORTANTE: LAS PRESIONES SON MANOMÉTRICAS

4.1 Ensayos Tipo 1

Este tipo de ensayos se realizan sin extracción forzada de aire, es decir, sin acoplar un extractor al final del circuito de humos. Estos ensayos son realizados por el alumno Miguel Ángel Navas Sánchez.

4.1.1 Ensayo 1

La temperatura de salida del aire del túnel de secado es de 121°C. En la Tabla 20 y Tabla 21 se pueden ver los datos obtenidos.

REFRIGERANTE				
Punto	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Variador (Hz)	Caudal bomba (l/h)
1	19	35	45	100,8
2	6	24	45	100,8
3	5,8	23	45	100,8
4	5,4	20	45	100,8
5	19	22	45	100,8
6	19	23	45	100,8

Tabla 20: Datos del refrigerante para el Ensayo 1

AGUA			
Punto	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Caudal agua (l/h)
1	1,2	16	15
2	1,4	18	15

Tabla 21: Datos del agua para el Ensayo 1

En la Ilustración 14 se muestra el diagrama p-h que se obtiene.

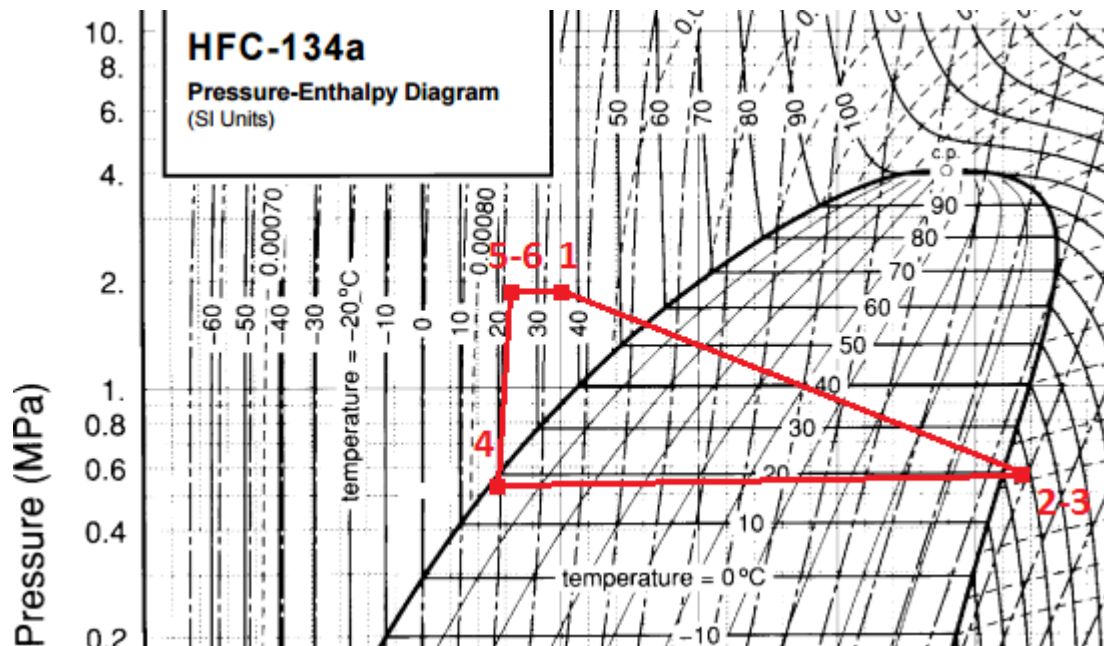


Ilustración 14: Diagrama p-h Ensayo 1

En este primer ensayo se selecciona una temperatura para el túnel de secado similar a la obtenida en los cálculos del “**Anexo 3. Justificación del evaporador**”.

Se observa como el punto 1 que hace referencia a la salida del evaporador aparece en la parte izquierda del diagrama, se debe a que el evaporador no evapora el fluido refrigerante.

En cuanto a los demás elementos del ciclo, bomba de refrigerante, condensador y capilar si hacen su función correctamente.

4.1.2 Ensayo 2

La temperatura de salida del aire del túnel de secado es de 140°C (Datos obtenidos en Tabla 22 y Tabla 23).

REFRIGERANTE				
Punto	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Variador (Hz)	Caudal bomba (l/h)
1	18	35	50	112
2	5,5	22	50	112
3	5,5	22	50	112
4	5	18	50	112
5	18	20	50	112
6	18	24	50	112

Tabla 22: Datos del refrigerante para el Ensayo 2

AGUA			
Punto	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Caudal agua (l/min)
1	1,2	11	15
2	1,4	16	15

Tabla 23: Datos del agua para el Ensayo 2

El ciclo obtenido representado en el diagrama P-h del refrigerante puede consultarse en la Ilustración 15.

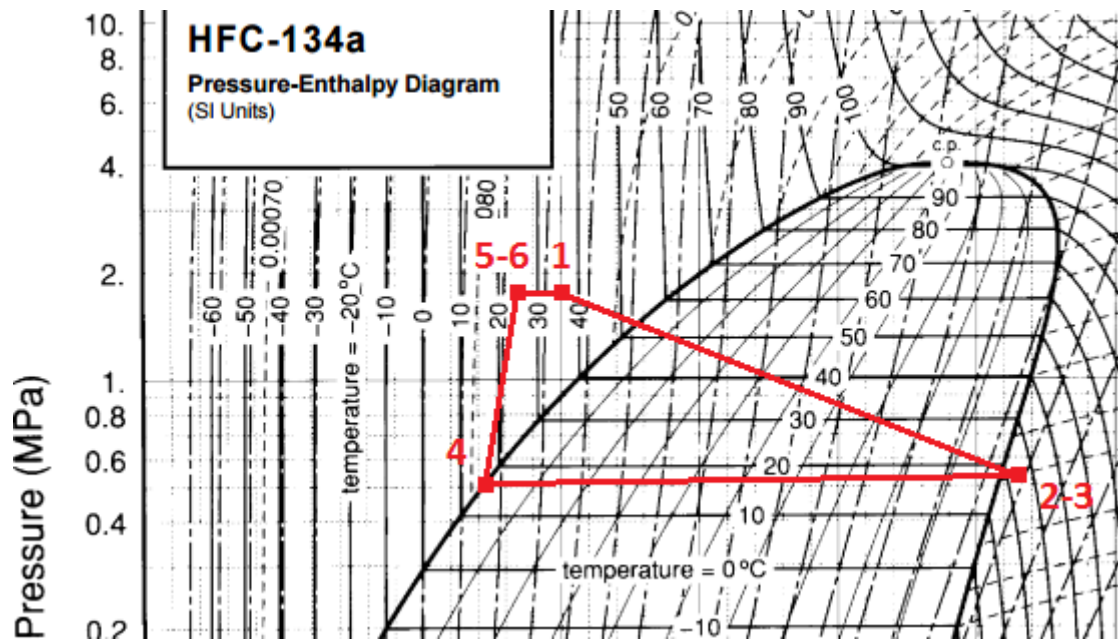


Ilustración 15: Diagrama p-h Ensayo 2

En este segundo ensayo se aumenta la temperatura de aire caliente a la entrada del evaporador a 140 °C con el fin de solventar el problema de evaporación del refrigerante en el ensayo 1.

Se observa en la Ilustración 15 como no se solventa el problema.

4.1.3 Ensayo 3

La temperatura de salida del aire del túnel de secado es de 160°C. Ver Tabla 24 y Tabla 25.

REFRIGERANTE				
Punto	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Variador (Hz)	Caudal bomba (l/h)
1	19	41	40	89,6
2	5,4	23	40	89,6
3	5,2	21	40	89,6
4	5	18	40	89,6
5	20	20	40	89,6
6	20	24	40	89,6

Tabla 24: Datos del refrigerante para el Ensayo 3

AGUA			
Punto	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Caudal agua (l/h)
1	1,2	11	15
2	1,4	12	15

Tabla 25: Datos del agua para el Ensayo 3

Se obtiene el siguiente diagrama p-h:

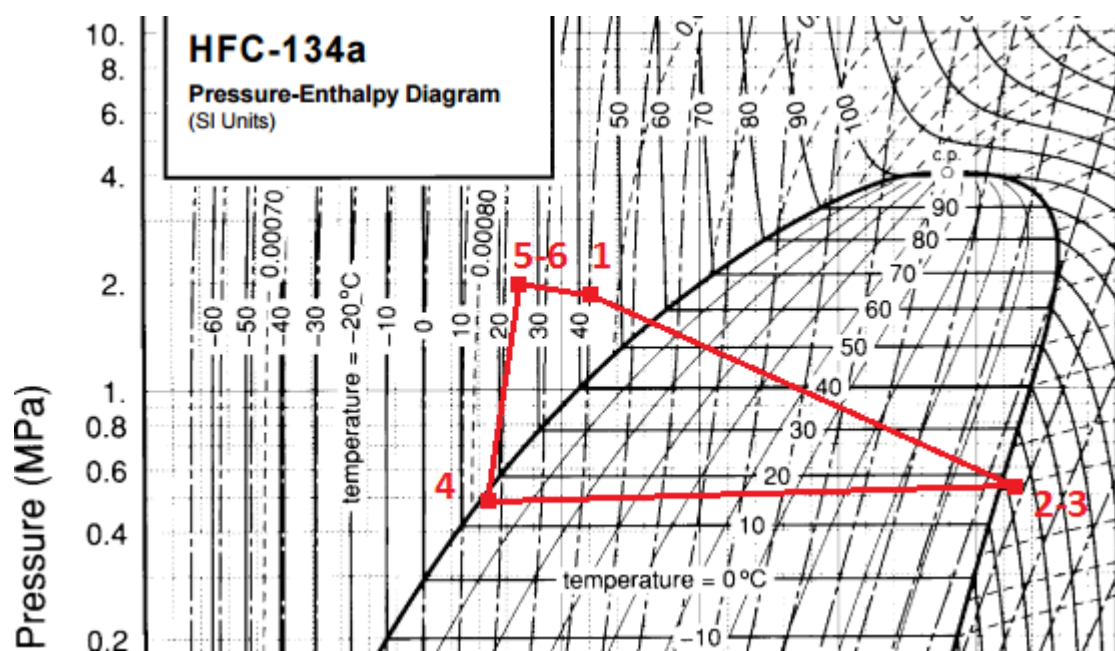


Ilustración 16: Diagrama p-h Ensayo 3

En este tercer ensayo se reduce el caudal de la bomba de refrigerante y se mantiene la temperatura de aire caliente a la entrada del evaporador a 160 °C con el fin de solventar el problema de evaporación del refrigerante en el ensayo 1 y 2.

Se observa de nuevo en la Ilustración 16 como sigue sin solventarse el problema.

4.1.4 Ensayo 4

La temperatura de salida del aire del túnel de secado es de 160°C, véase los resultados obtenidos en la Tabla 26 y Tabla 27.

REFRIGERANTE				
Punto	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Variador (Hz)	Caudal bomba (l/h)
1	20	40	35	78,4
2	5,8	24	35	78,4
3	5,8	23	35	78,4
4	5,4	20	35	78,4
5	19	20	35	78,4
6	19	22,5	35	78,4

Tabla 26: Datos del refrigerante para el Ensayo 4

AGUA			
Punto	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Caudal agua (l/h)
1	1,2	15	15
2	1,4	16	15

Tabla 27: Datos del agua para el Ensayo 4

Se obtiene el siguiente diagrama p-h:

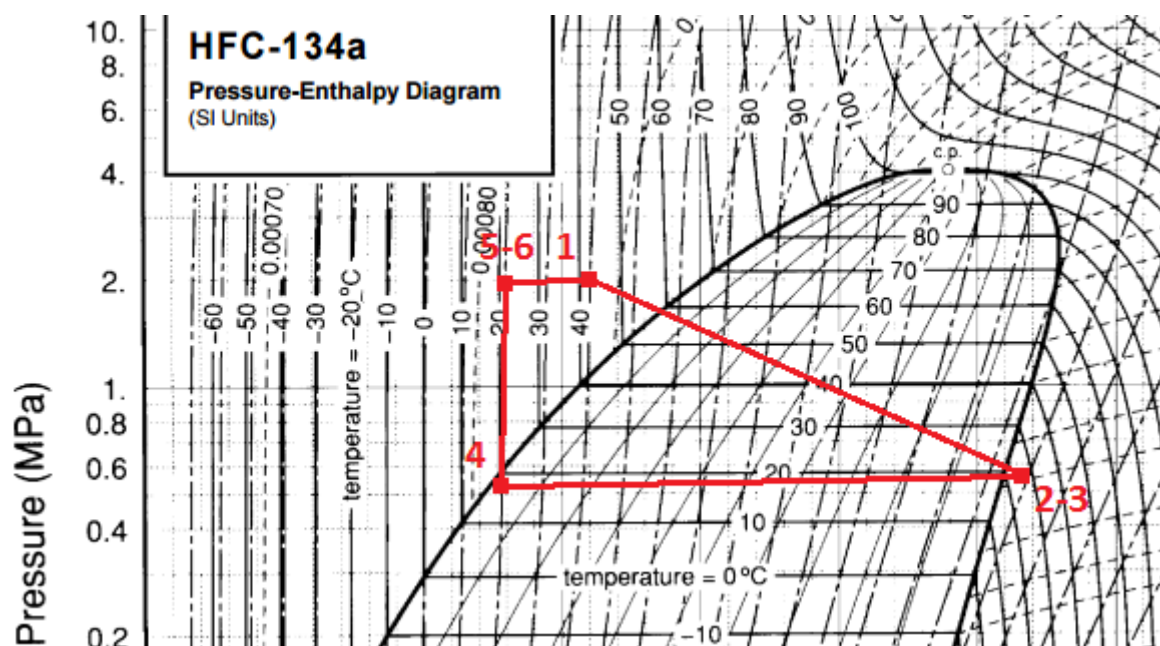


Ilustración 17: Diagrama p-h Ensayo 4

Finalmente en el cuarto ensayo se reduce aún más el caudal de la bomba de refrigerante y se mantiene la temperatura de aire caliente a la entrada del evaporador a 160 °C con el fin de solventar el problema de evaporación del refrigerante en el ensayo 1, 2 y 3.

Se observa de nuevo en la Ilustración 17 como no se ha podido solucionar el problema.

4.2 Ensayos Tipo 2

En este apartado se recogen los ensayos Tipo 2, donde se estudia el comportamiento del ciclo termodinámico cuando se instala un extractor de aire al final del circuito de humos. Estos ensayos son realizados por el alumno Antonio Jesús Villacañas Juan, y se añaden en este proyecto a modo comparativo para ilustrar la necesidad de instalar o no un extractor para la mejora del ciclo termodinámico.

4.2.1 Ensayo 5

La temperatura de salida del aire del túnel de secado es de 165°C, Tabla 28 y Tabla 29.

REFRIGERANTE				
Punto	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Variador (Hz)	Caudal bomba (l/h)
1	20	56	50	112
2	6,4	35	50	112
3	6,4	28	50	112
4	6	23	50	112
5	20	27	50	112
6	20	29	50	112

Tabla 28: Datos del refrigerante para el Ensayo 5

AGUA			
Punto	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Caudal agua (l/h)
1	1,2	14	15
2	1,4	16	15

Tabla 29: Datos del agua para el Ensayo 5

El diagrama p-h que se obtiene es el siguiente:

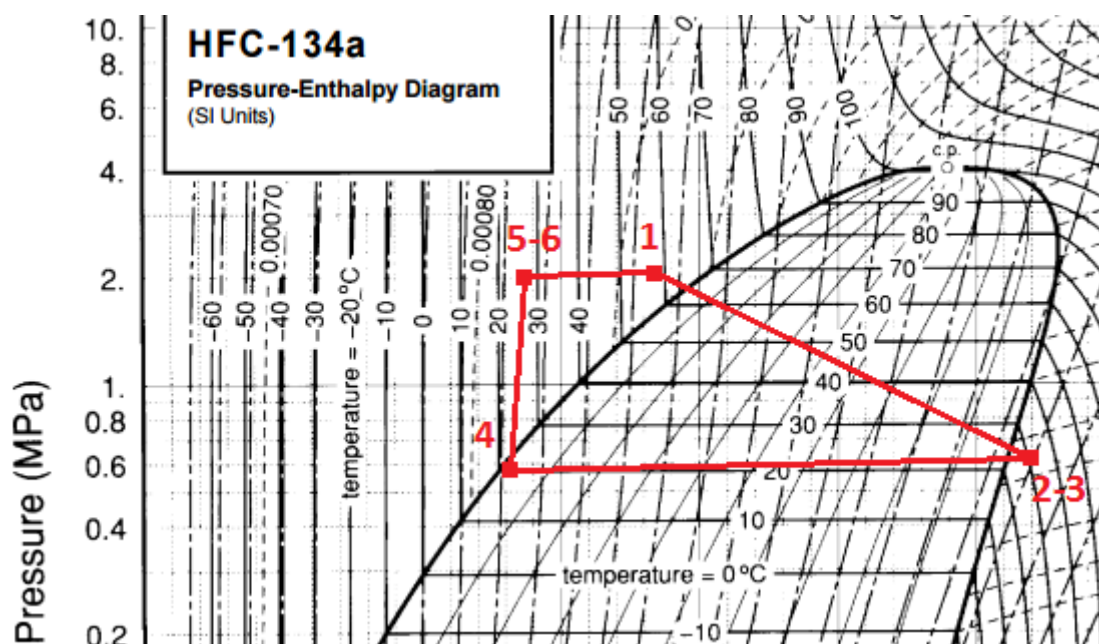


Ilustración 18: Diagrama p-h Ensayo 5

De nuevo no se produce la evaporación del fluido de refrigerante, pero se puede observar cómo tras la instalación del extractor de aire se produce una gran mejora, véase la Ilustración 18.

4.2.2 Ensayo 6

En este último ensayo reducimos la presión de evaporación a 15 bares y con ello la temperatura de evaporación, ya que se observa como en el ensayo anterior faltan unos grados para conseguir la evaporación.

La temperatura de salida del aire del túnel de secado es de 165°C, ver Tabla 30 y Tabla 31.

REFRIGERANTE				
Punto	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Variador (Hz)	Caudal bomba (l/h)
1	15	54	50	112
2	7,2	30	50	112
3	7	29	50	112
4	6,4	21	50	112
5	13	26	50	112
6	14	28	50	112

Tabla 30: Datos del refrigerante para el Ensayo 6

AGUA			
Punto	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Caudal agua (l/h)
1	1,2	20	15
2	1,4	18	15

Tabla 31: Datos del agua para el Ensayo 6

El ciclo obtenido representado en el diagrama P-h que se obtiene para este último ensayo puede consultarse en la Ilustración 19.

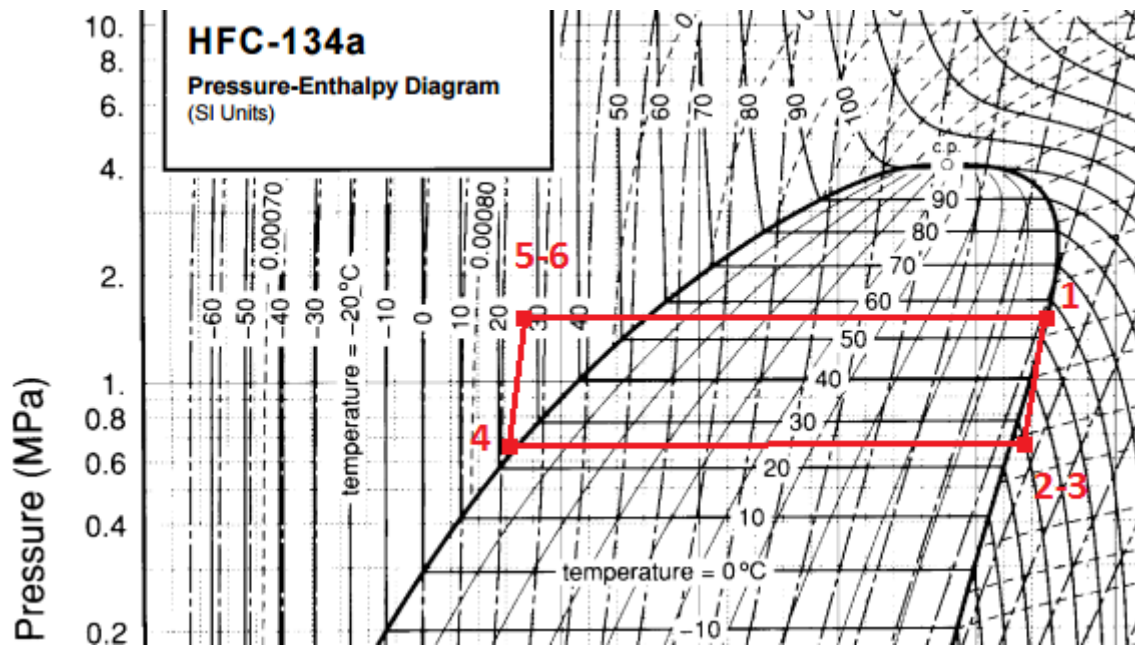


Ilustración 19: Diagrama p-h Ensayo 6

Finalmente, se consigue que el banco de ensayos realice el ciclo completo sin ningún tipo de problema, por lo que el banco de ensayos no podrá realizar ciclos con presiones de evaporación superiores a 15 bares debido a los problemas obtenidos en los ensayos anteriores, lo cual se comentará con más profundidad en el siguiente apartado.

Habiendo comparado los ensayos realizados sin extractor (Tipo 1) y con extractor (Tipo 2), se ve la necesidad de instalar un extractor para la mejora del ciclo termodinámico.

5. PROBLEMAS DURANTE LA REALIZACIÓN DEL TFG

La realización de un tipo de Trabajo de Fin de Grado como éste, en el que no solo se realizan los cálculos necesarios para el dimensionamiento de los elementos pertenecientes a un banco de ensayos ORC, sino que también se construye dicha instalación, conlleva multitud de problemas, de ahí que se decida incluir este apartado para mostrar algunos de ellos.

Actualmente, existen muy pocas instalaciones ORC, y éstas son a nivel industrial, por lo que ha sido un gran inconveniente la búsqueda de los elementos pertenecientes a este banco de ensayos. Por ejemplo, la selección del evaporador ha sido muy complicada debido a la baja potencia desarrollada por el banco de ensayos objeto de estudio.

Otro problema fue la búsqueda de la bomba de refrigerante, ya que no existían bombas específicas para esta función.

Si a este hecho se le suma la falta de información referente a este tipo de instalaciones, se puede ver la dificultad de la selección de elementos.

Finalmente, otro problema de gran importancia sucedió durante la realización de ensayos, ya que cuando se superaba la presión de evaporación de 15 bares, no se producía la evaporación del refrigerante en el evaporador.

6. CONCLUSIONES

Tras la realización del banco de ensayos, se puede observar cómo los cálculos realizados para el dimensionamiento y selección de los elementos principales se asemejan a los resultados obtenidos, y al correcto funcionamiento de cada uno de ellos.

Además, con la futura instalación de la turbina se podrá generar electricidad y se aprovecharán los humos procedentes de calderas domésticas, que actualmente se expulsan a la atmósfera sin ningún tipo de aprovechamiento. Incluso se podría instalar en grandes industrias produciendo un menor gasto eléctrico y con ello un abaratamiento de sus productos.

Hay que añadir que este sistema de generación de electricidad posee la gratuidad del combustible, la larga duración de los equipos y los bajos costes de mantenimiento y operación, lo que contribuye a bajos periodos de retorno y altas rentabilidades.

7. REFERENCIAS

ABB. (s.f.). Obtenido de <http://new.abb.com/es>

Arkigráfico. (2016). *Los Chillers*. Obtenido de <http://www.arkigrafico.com/los-chillers-sistemas-de-enfriamiento-ideal-para-grandes-espacios/>

Cabeza, F. (2014). *Las bases del frío* (5 ed.). AMV Ediciones, Didafrío.

Cataluña, U. P. (2016). *Intercambiadores de calor*. Obtenido de http://www.epsem.upc.edu/intercanviadorsdec calor/castella/intercanviadors_calor.html

Celsius, R. C. (2014). *Chillers, Aspectos Técnicos*. Obtenido de <https://www.0grados.com/chillers-aspectos-tecnicos/>

Comeval. (2006). *Intercambiadores de calor de placas*. Obtenido de http://www.comeval.es/pdf/cat_tec/intercambiadores/intercambiadores_A4_es p.pdf

- Cruz Peragón, F., & Palomar Carnicero, J. (2015). *Apuntes Ingeniería Térmica II*. Jaén: Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera. Universidad de Jaén.
- Daikin. (2016). *Enfriadoras Condensadas por Agua*. Obtenido de <http://www.daikin.es/area-de-profesionales/climatizacion-industrial/enfriadoras/enfriadoras-condensadas-por-agua/>
- Escoda, S. (s.f.). *Catálogo de Productos e Información Técnica*. Obtenido de <http://www.salvadorescoda.com/tecnico/mundoclima/>
- Fernández Díez, P. (s.f.). *Bombas Centrífugas y Volumétricas*. Obtenido de Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energetica. Universidad de Cantabria: http://www.ing.una.py/pdf_material_apoyo/bombas-centrifugas-y-volumetricas.pdf
- Guardamotors, A. (6 de 4 de 2016). Obtenido de <http://new.abb.com/products/1SAM250000R1013/ms116-20-manual-motor-starter>
- hfkjh. (fgvfv). *vnhfc. vfgvcf: vfgvv.*
- Honeywell. (2016). *Refrigerants, Honeywell*. Obtenido de <https://www.honeywell-refrigerants.com/europe/product/tag/all-refrigerants/>
- Honeywell. (s.f.). *Enovate 245fa Blowing Agent*. Obtenido de <https://www.honeywell-blowingagents.com/products/enovate-245fa-blowing-agent/>
- Iberdrola. (s.f.). *Distribución Eléctrica*. Obtenido de <https://www.iberdroladistribucionelctrica.com/webibd/corporativa/iberdrola?IDPAG=ESSOCDISDIS>
- Injecta. (2016). *Bomba Dosificadora TP.25*. Obtenido de http://www.injecta.com/2.0/index.php?option=com_content&view=article&id=228&Itemid=248&lang=en
- Injecta. (s.f.). *Catalogo 2015*. Obtenido de <http://www.injecta.com/qrcode/ES/WaterTreatment.pdf>
- Kaori. (s.f.). *Equipos de cogeneración mediante ORC*. Obtenido de http://www.kaori-bphe.com/es/solutions/page/Industry/ORC_Organic_Rankine_Cycle_cogeneration_equipment
- Luque Escamilla, P. L. (s.f.). *Apuntes de Máquinas e Instalaciones de Fluidos*. Universidad de Jaén.
- Onda. (2016). *Evaporadores de carcasa y tubos*. Obtenido de <http://www.onda-it.com/ita/prodotti/shell-tube>

Palomar Carnicero, J. M., Montoro Montoro, V., & Cruz Peragón, F. (2014). *Apuntes de Ingeniería Térmica*. Jaén: Universidad de Jaén.

Pecomark. (2016). *Catálogo 2016*. Obtenido de <http://www.pecomark.com/cataleg/latest/>

Sánchez y Pineda de las Infantas, M. T. (2001). *Ingeniería del frío: Teoría y Práctica*. AMV Ediciones, Mundi-Prensa.

Servei, G. (2016). *Gas Servei*. Obtenido de <http://www.gas-servei.com/es/componentes/sustitutos-directos-del-r-22/r-134a>

Sodeca. (2014). *Ventiladores centrífugos y extractores en línea para conductos*. Obtenido de http://www.sodeca.com/upload/imgCatalogos/ES/CT01_centrifugo_enlinea_2014ES.pdf

Soria Zafra, S. (2015). Evaluación de ciclos termodinámicos de baja potencia con refrigerantes orgánicos. *Escuela Politécnica Superior de Jaén*.

Tecnología, M. d. (s.f.). *ITC-BT-19 Instalaciones interiores o receptoras*.

Zamora Parra, B., & Viedma Robles, A. (s.f.). *Problemas de Máquinas Hidráulicas*.

ANEXO 1: ESQUEMAS Y DIAGRAMAS

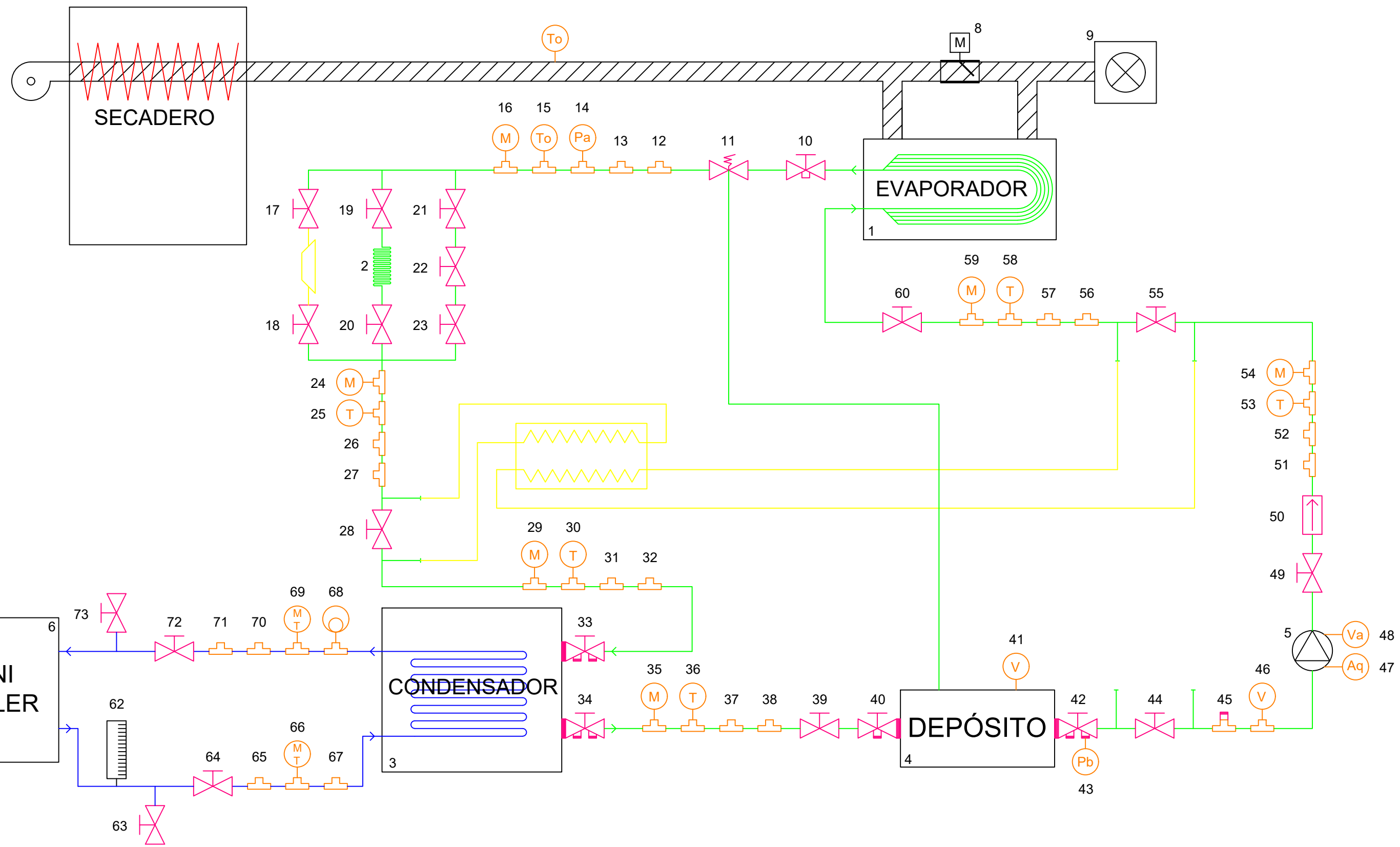
ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ESQUEMA INSTALACIÓN	1
2.1 Elementos de la instalación	3
3. ESQUEMAS ELÉCTRICOS	5
4. ESQUEMA ELÉCTRICO CHILLER	11
5. DIAGRAMAS P-H	13
5.1 R-404a	13
5.2 R-407c	14
5.3 R-410a	15
5.4 R-507a	16
5.5 R-600a	17
5.6 R-718	18
5.7 n-pentano	19
5.8 RC318	20
5.9 R-134a	21
5.10 R-245fa	22
5.11 SES36	23

1. INTRODUCCIÓN

Este primer anexo se reserva para recoger todos los esquemas y diagramas necesarios para comprender e ilustrar de forma más clara y precisa al lector. Así como servir de apoyo a los cálculos realizados en los diferentes anexos del proyecto.

2. ESQUEMA INSTALACIÓN



	CIRCUITO DE AGUA DE REFRIGERACIÓN		INSTALACIÓN AUXILIAR (NO INSTALADA)
	CIRCUITO DE REFRIGERANTE		VÁLVULERÍA
	CIRCUITO DE HUMOS		ELEMENTOS DE CONTROL

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	DEPARTAMENTO DE: Ingeniería Mecánica y Minera	CREADO POR: MIGUEL ÁNGEL NAVAS SÁNCHEZ		ESCALA: N/A
		APROBADO POR: FERNANDO ANTONIO CRUZ PERAGÓN		Fecha de edición: 18/07/2016
TÍTULO/SUBTÍTULO: ESQUEMA INSTALACIÓN		Tipo de documento: ESQUEMA	Nº Plano: 1	Nº Hoja: N/A

2.1 Elementos de la instalación

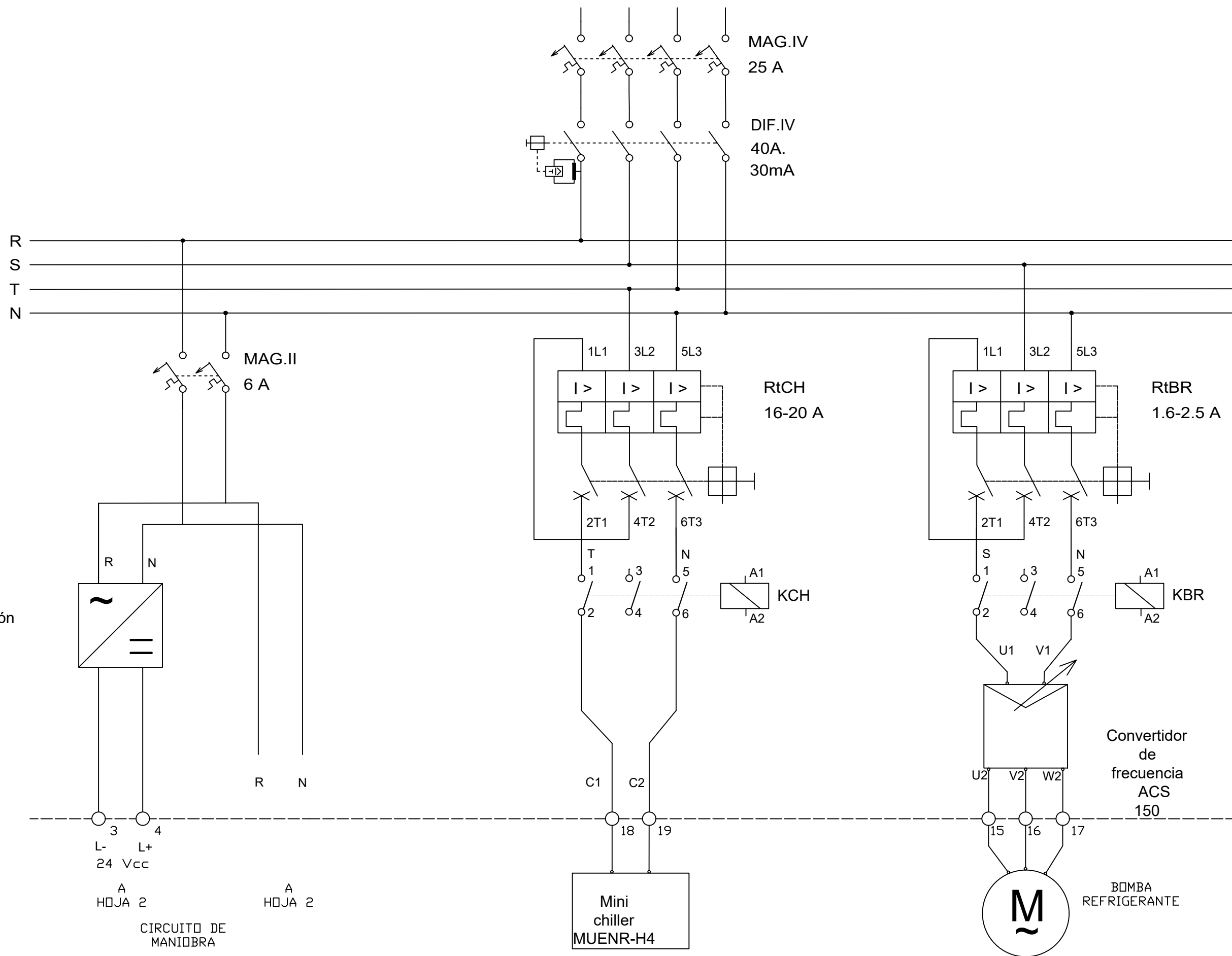
A continuación se asocian los números que acompañan a cada elemento de la instalación con la descripción correspondiente.

1. Evaporador
2. Capilar
3. Condensador
4. Depósito
5. Bomba de refrigerante
6. Mini Chiller
7. Cuadro eléctrico
8. Llave cortafuegos
9. Extractor
10. Válvula de bola con Obús
11. Válvula de seguridad
12. Tapón de cierre
13. Tapón de cierre
14. Presostato de alta
15. Termostato/Termómetro 1
16. Manómetro 1
17. Válvula de bola
18. Válvula de bola
19. Válvula de volante
20. Válvula de volante
21. Válvula de volante
22. Válvula de volante
23. Válvula de volante
24. Manómetro 2
25. Termómetro 2
26. Tapón de cierre
27. Tapón de cierre
28. Válvula de bola
29. Manómetro 3

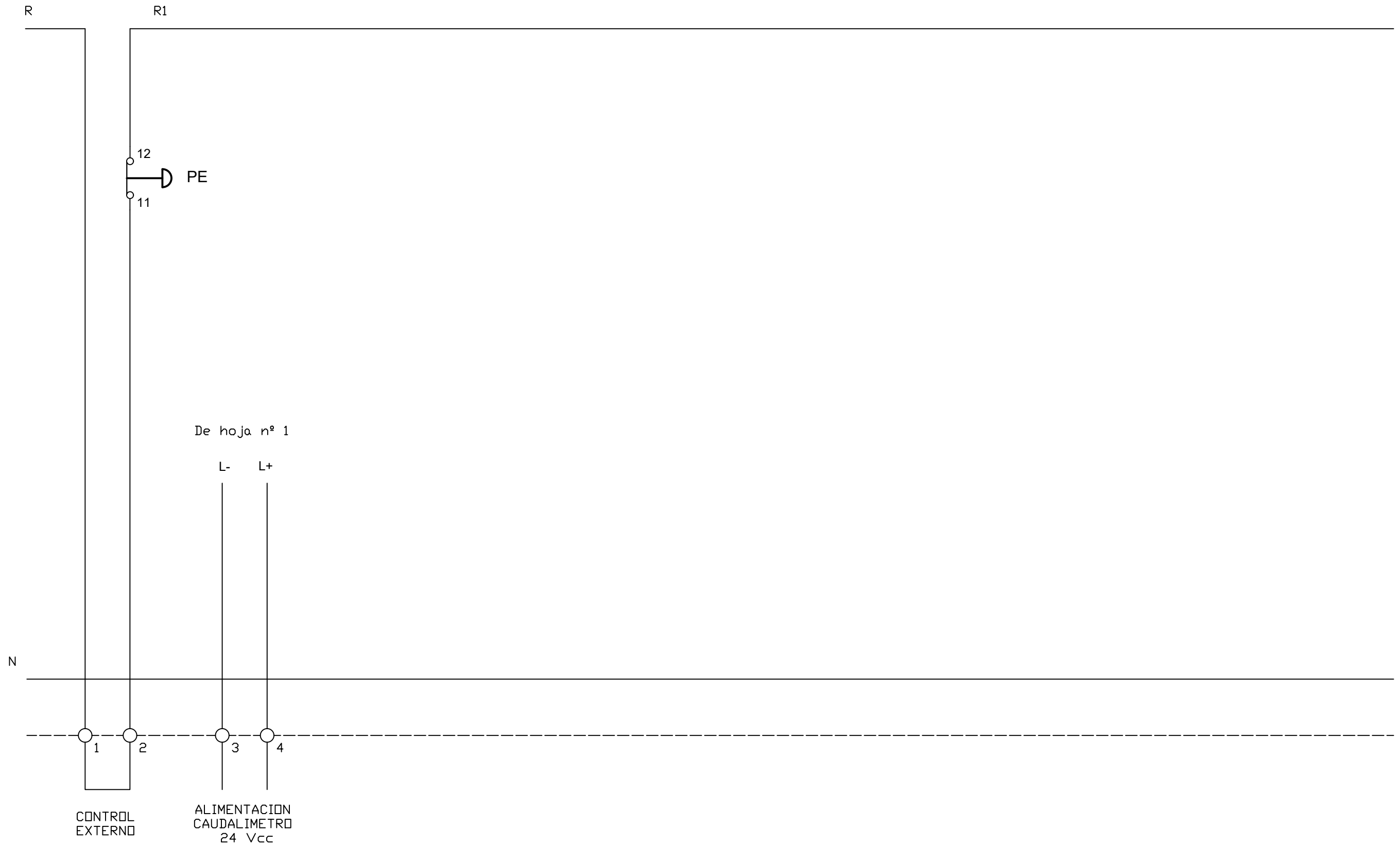
- 30. Termómetro 3
- 31. Tapón de cierre
- 32. Tapón de cierre
- 33. Válvula Rotalock 2 vías y 2 Obús
- 34. Válvula Rotalock 2 vías y 2 Obús
- 35. Manómetro 4
- 36. Termómetro 4
- 37. Tapón de cierre
- 38. Tapón de cierre
- 39. Válvula de bola
- 40. Válvula Rotalock 2 vías y 1 Obús
- 41. Visor de líquido depósito
- 42. Válvula Rotalock 2 vías y 2 Obús
- 43. Presostato de baja
- 44. Válvula de bola
- 45. Obús
- 46. Visor líquido aspiración bomba
- 47. Regulación caudal bomba
- 48. Visor nivel aceite bomba
- 49. Válvula bola
- 50. Válvula antirretorno
- 51. Tapón de cierre
- 52. Tapón de cierre
- 53. Termómetro 5
- 54. Manómetro 5
- 55. Válvula de bola
- 56. Tapón de cierre
- 57. Tapón de cierre
- 58. Termómetro 6
- 59. Manómetro 6
- 60. Válvula de bola
- 61. Válvula Mariposa Carga/Desagüe Chiller
- 62. Caudalímetro agua de impulsos
- 63. Válvula de bola

- 64. Válvula de bola
- 65. Tapón
- 66. Manómetro/Termómetro 7
- 67. Tapón
- 68. Purgador aire
- 69. Manómetro/Termómetro 8
- 70. Tapón
- 71. Tapón
- 72. Válvula de bola
- 73. Válvula de bola
- 74. Display Chiller
- 75. Manómetro Chiller

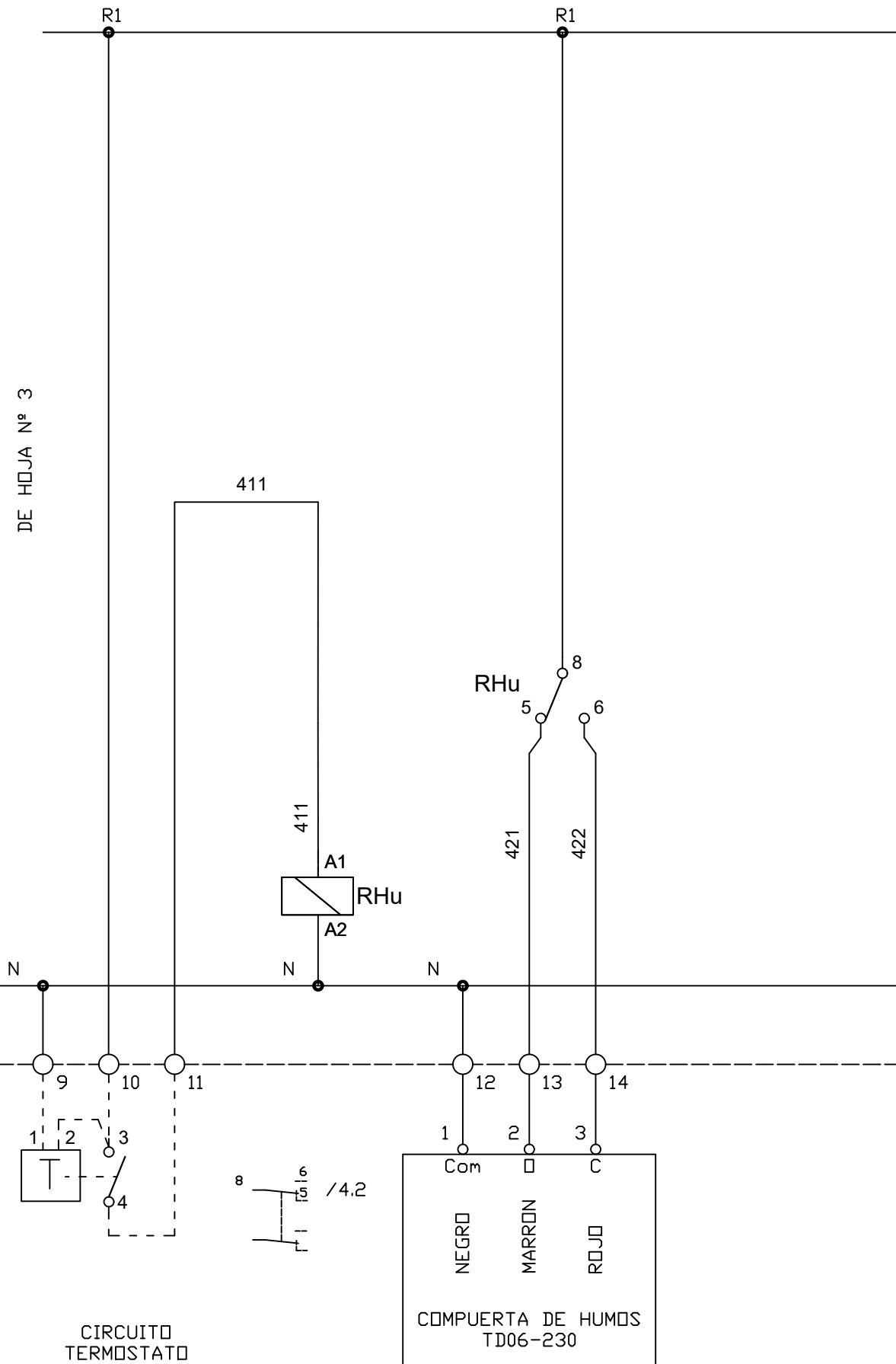
3. ESQUEMAS ELÉCTRICOS

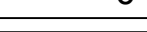


0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
 DEPARTAMENTO DE: Ingeniería Mecánica y Minera		CREADO POR: MIGUEL ÁNGEL NAVAS SÁNCHEZ APROBADO POR: FERNANDO ANTONIO CRUZ PERAGÓN		TÍTULO/SUBTÍTULO: CIRCUITO DE POTENCIA			TIPO DE DOCUMENTO: ESQUEMA	FECHA DE EDICIÓN: 18/07/2016 4 HOJAS	ESCALA: N/A HOJA Nº 1

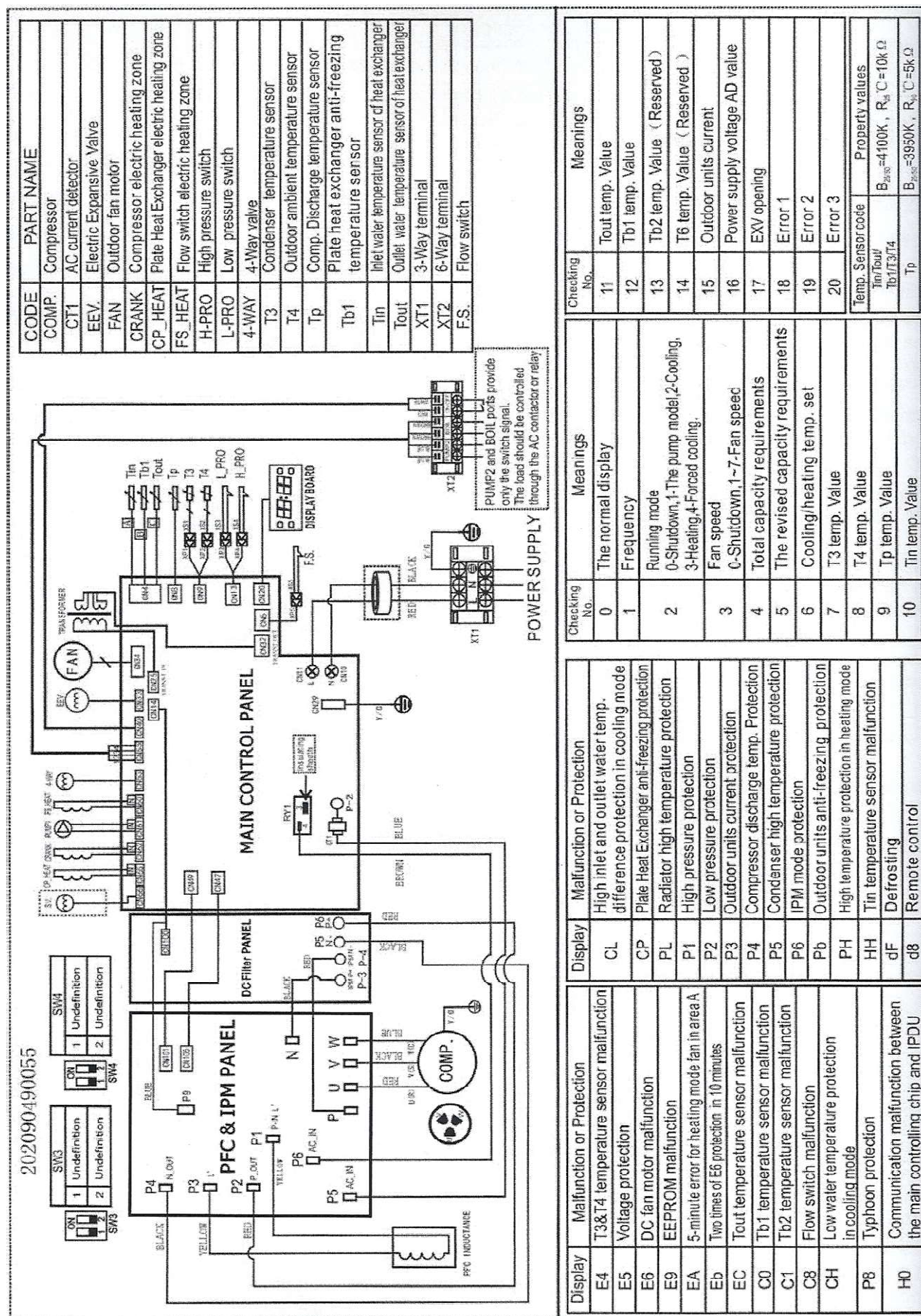


0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	DEPARTAMENTO DE: Ingeniería Mecánica y Minera		CREADO POR: MIGUEL ÁNGEL NAVAS SÁNCHEZ		TÍTULO/SUBTÍTULO: CIRCUITO DE MANIOBRA Y CONTROL			TIPO DE DOCUMENTO: ESQUEMA	FECHA DE EDICIÓN: 18/07/2016	ESCALA: N/A
			APROBADO POR: FERNANDO ANTONIO CRUZ PERAGÓN						4 HOJAS	HOJA Nº 2



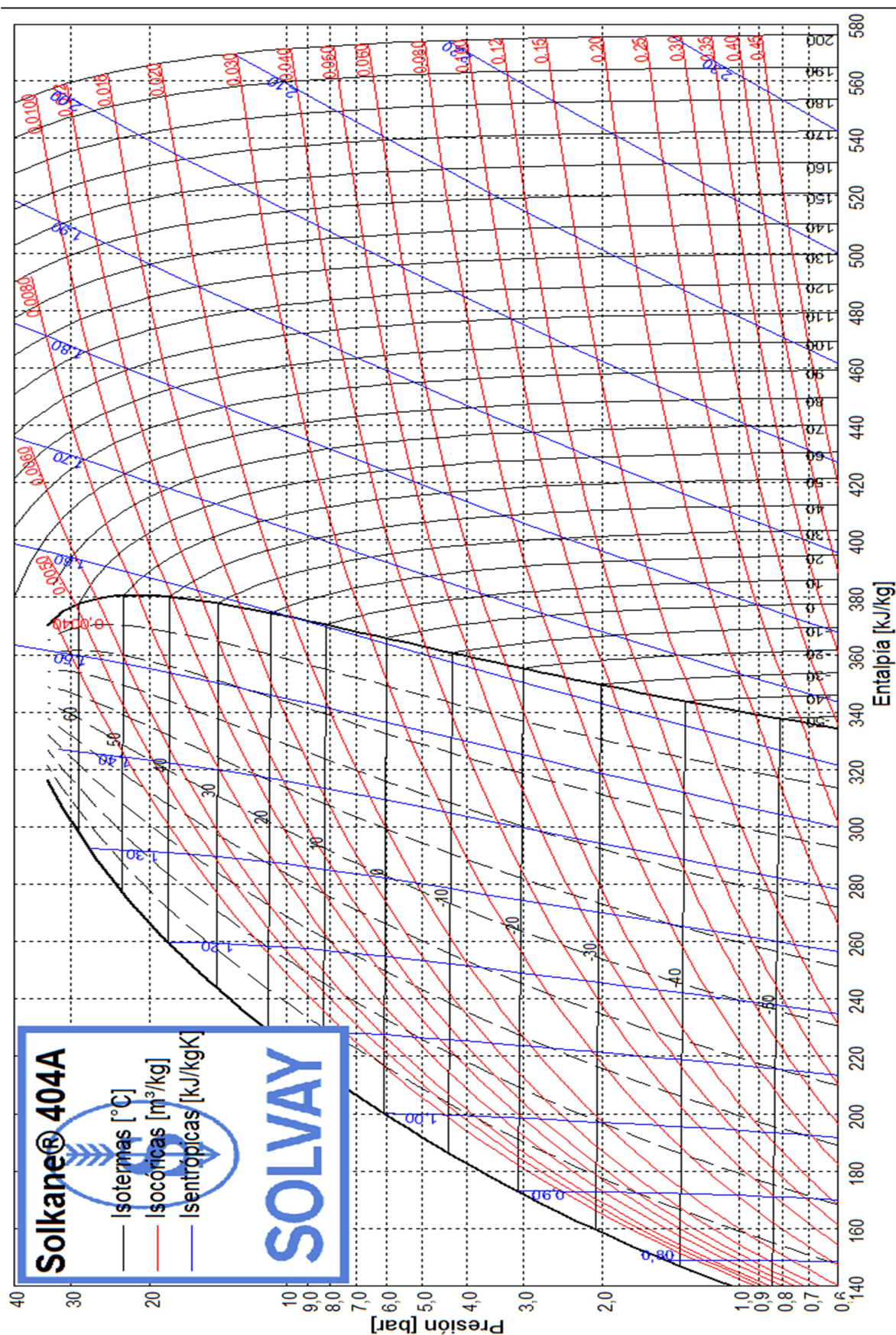
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	DEPARTAMENTO DE:		CREADO POR:		TÍTULO/SUBTÍTULO:		TIPO DE DOCUMENTO:	FECHA DE EDICIÓN:	
	Ingeniería Mecánica y Minera		MIGUEL ÁNGEL NAVAS SÁNCHEZ					18/07/2016	
			APROBADO POR:					4 HOJAS	
		FERNANDO ANTONIO CRUZ PERAGÓN						ESCALA:	
								N/A	
								HOJA Nº 4	

4. ESQUEMA ELÉCTRICO CHILLER

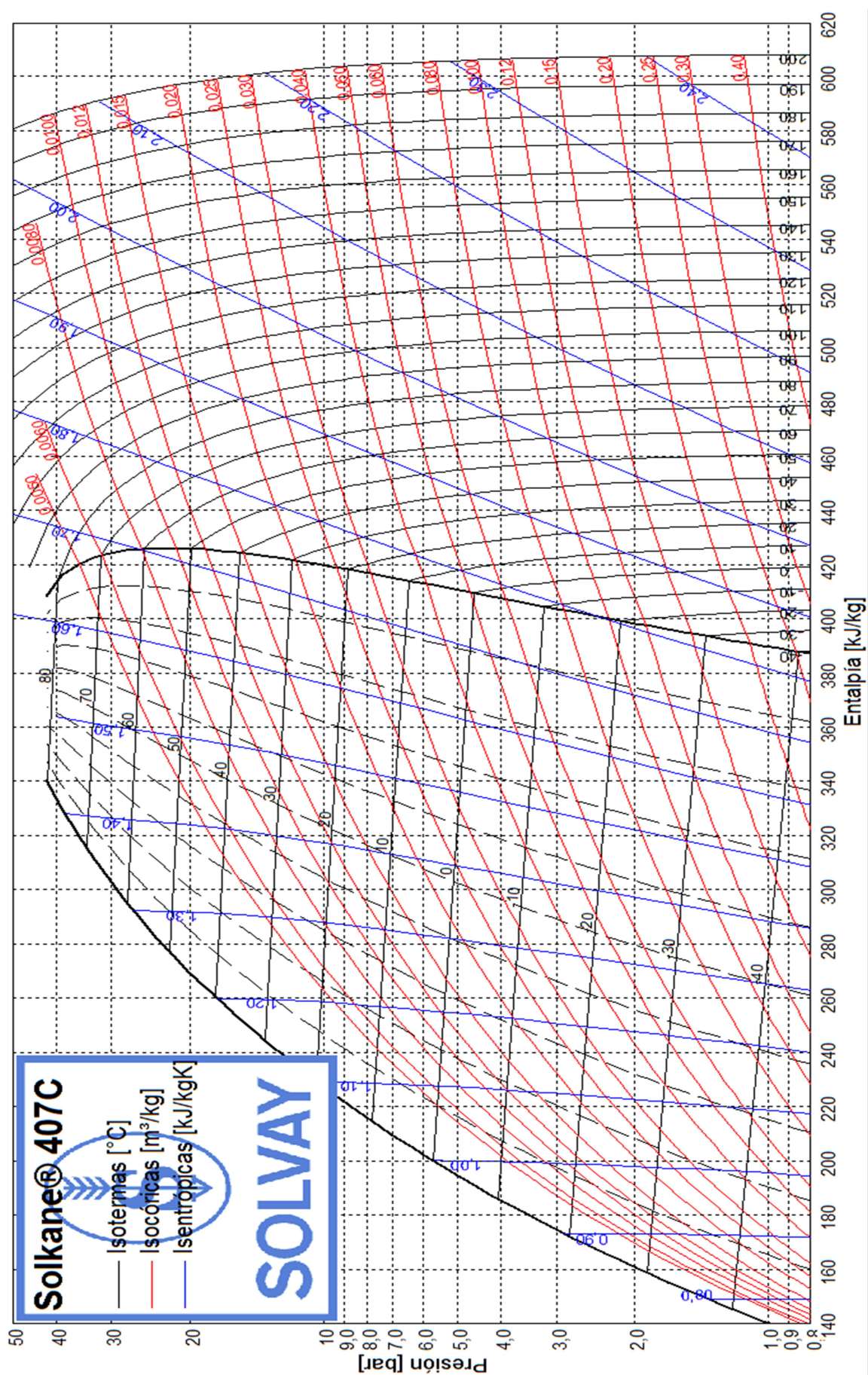


5. DIAGRAMAS P-H

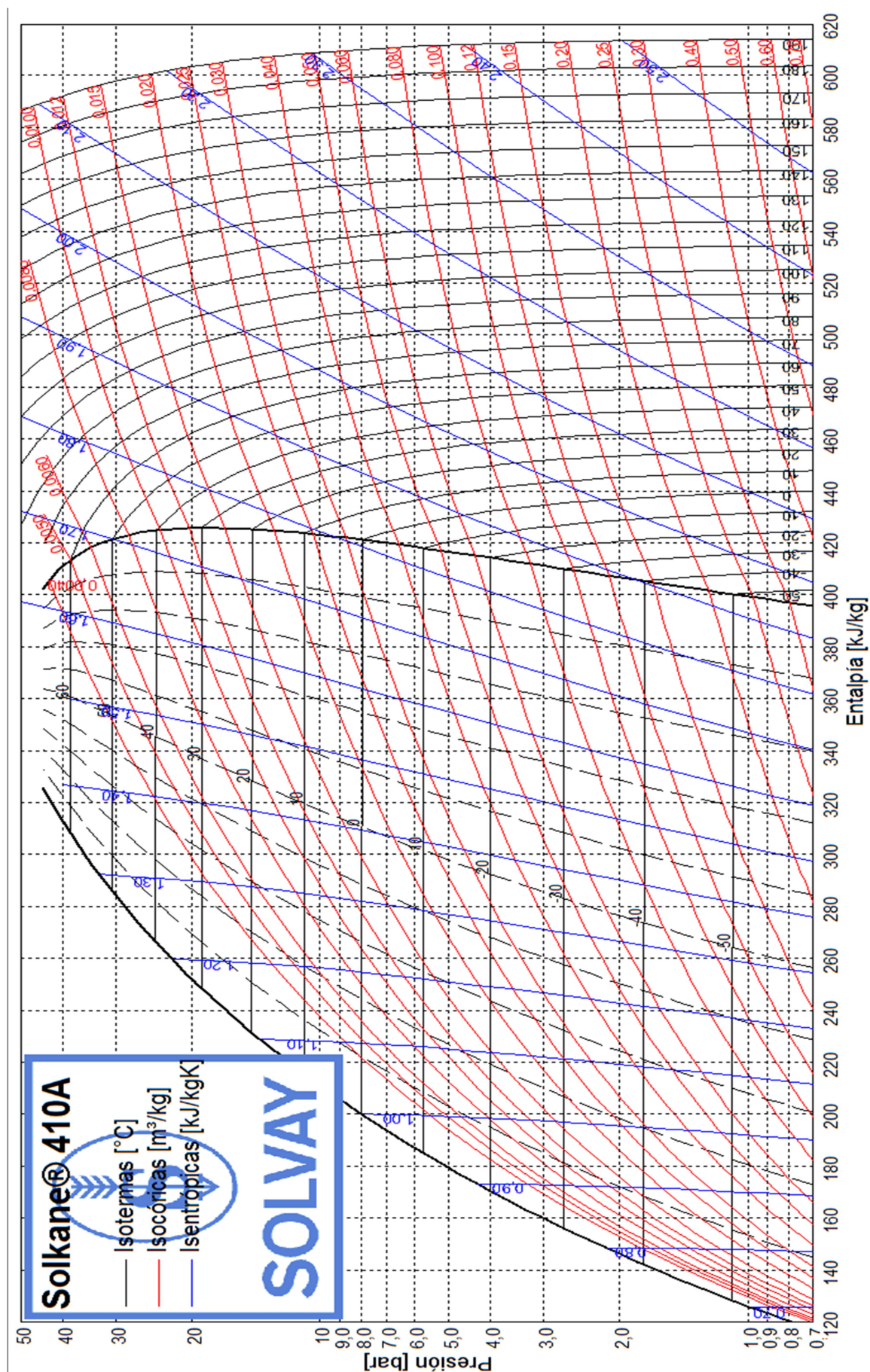
5.1 R-404a



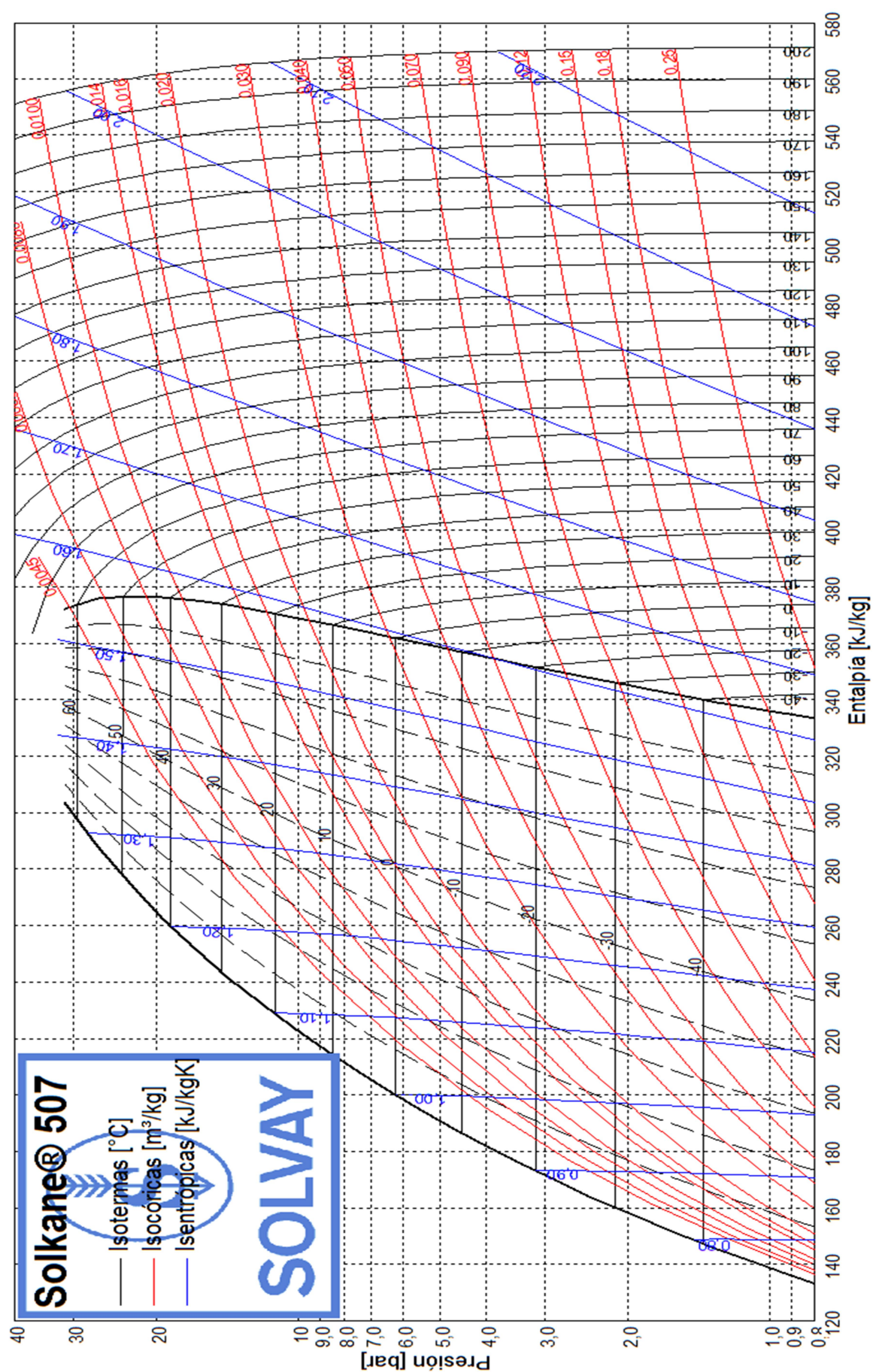
5.2 R-407c



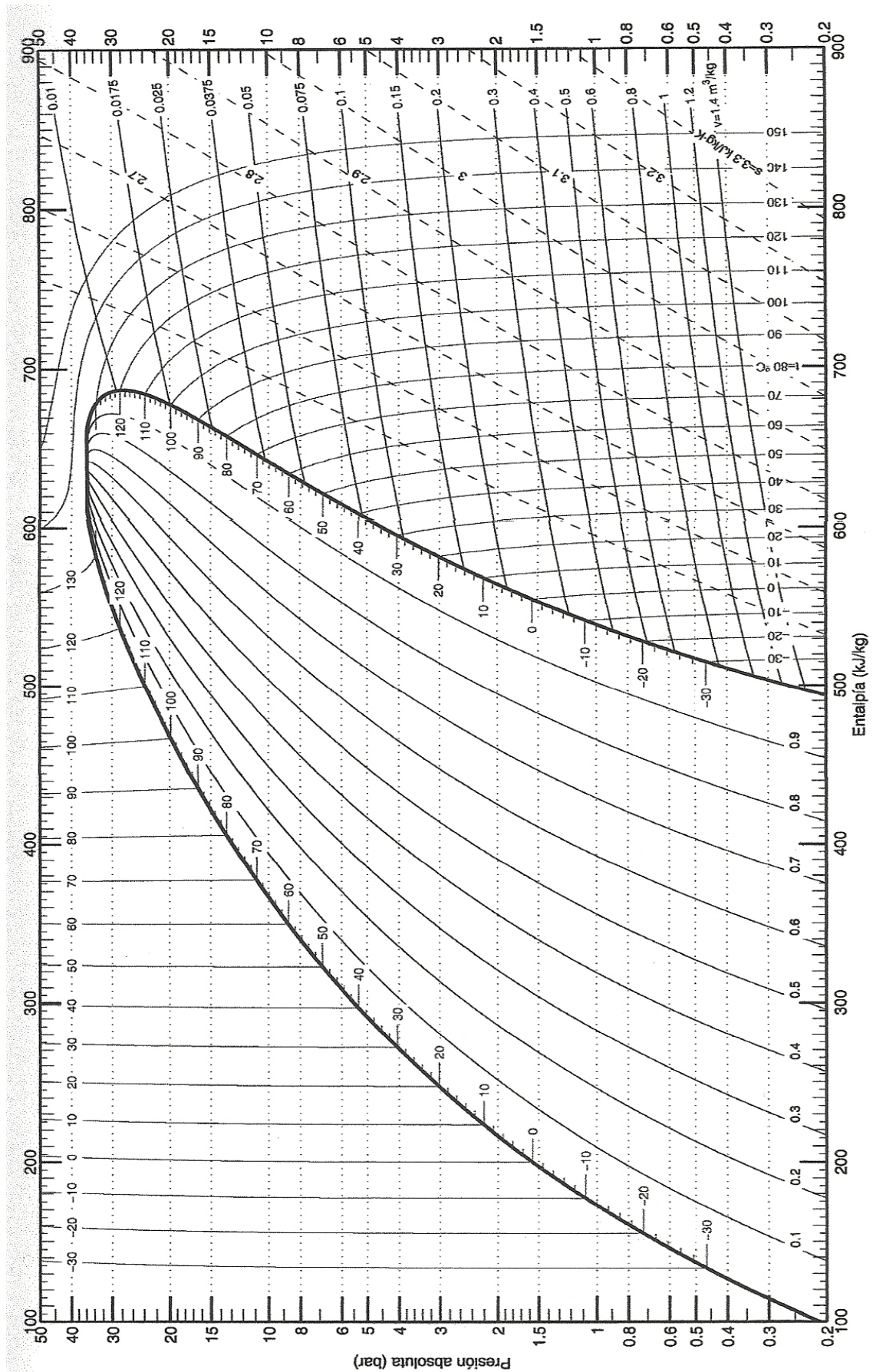
5.3 R-410a



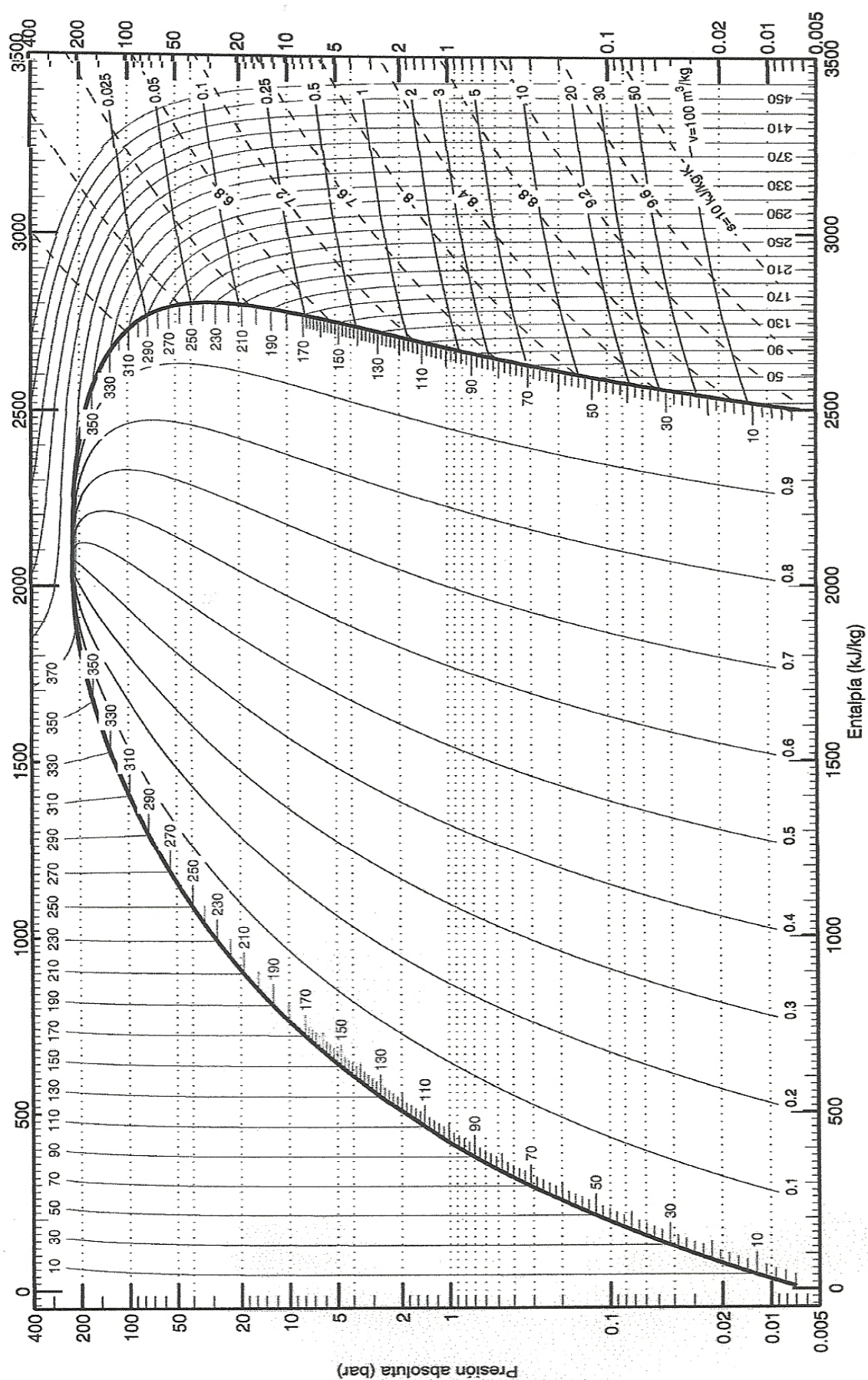
5.4 R-507a



5.5 R-600a



5.6 R-718



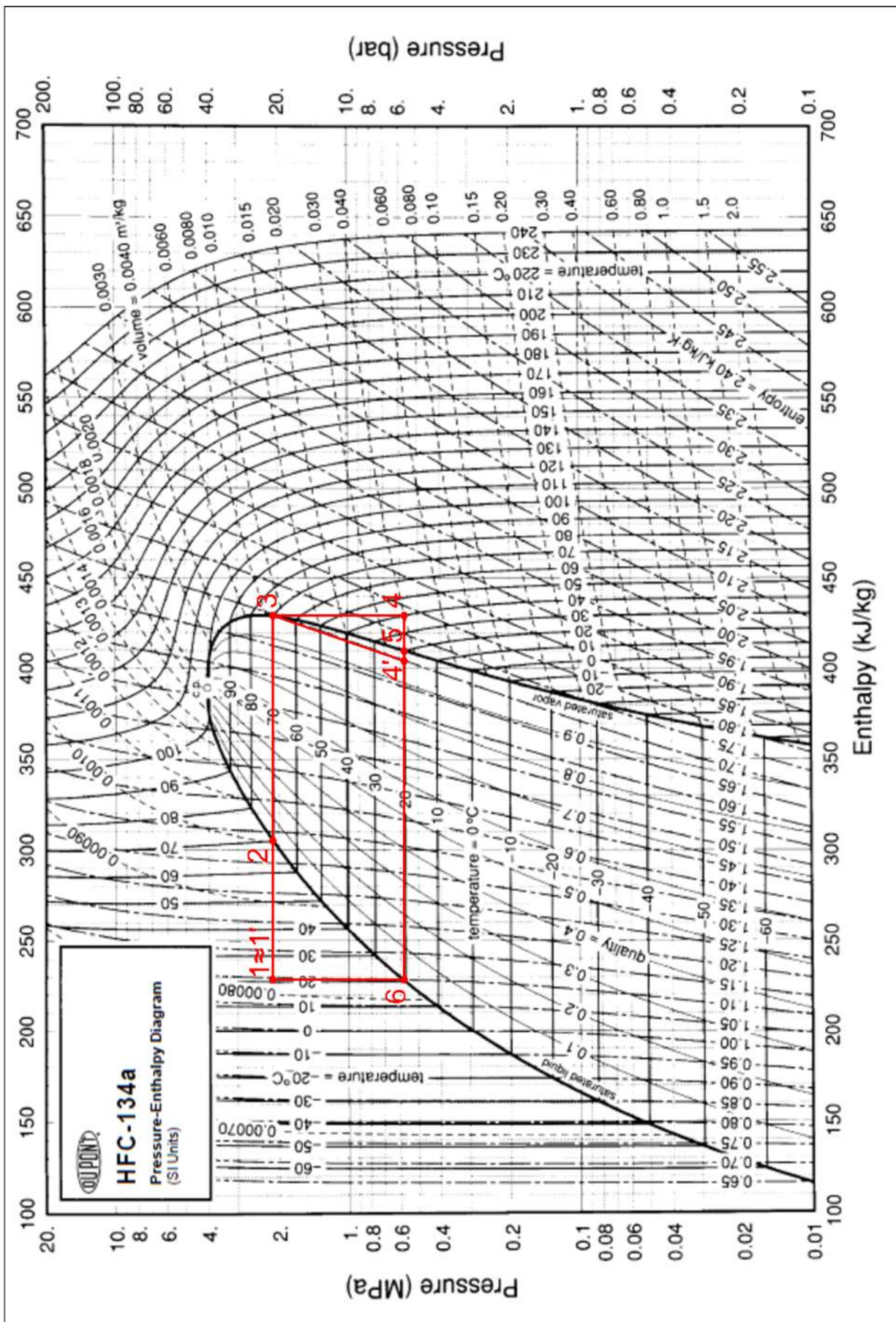
5.7 n-pentano

No disponible

5.8 RC318

No disponible

5.9 R-134a



5.10 R-245fa

30.24

2009 ASHRAE Handbook Fundamentals (SI)

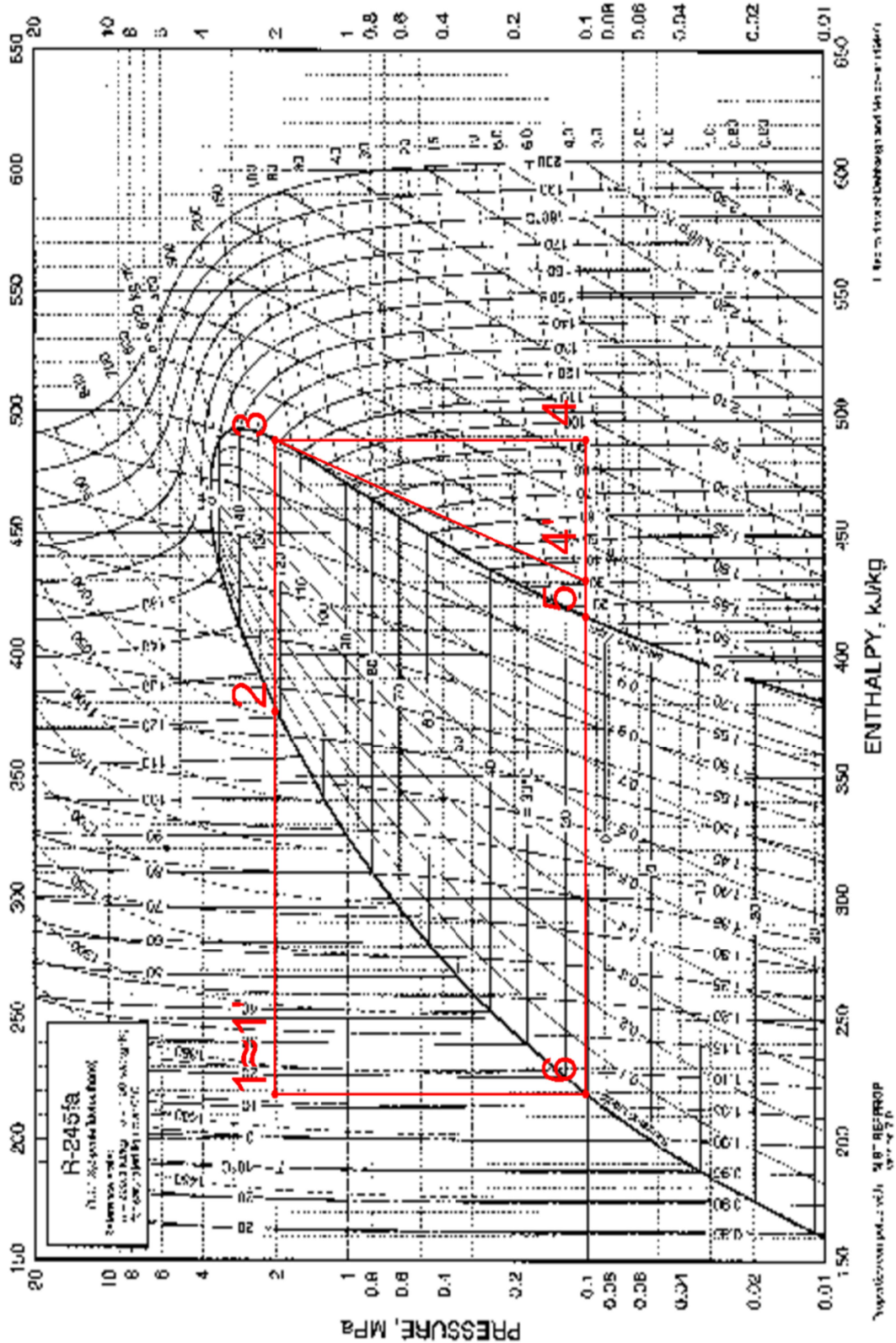
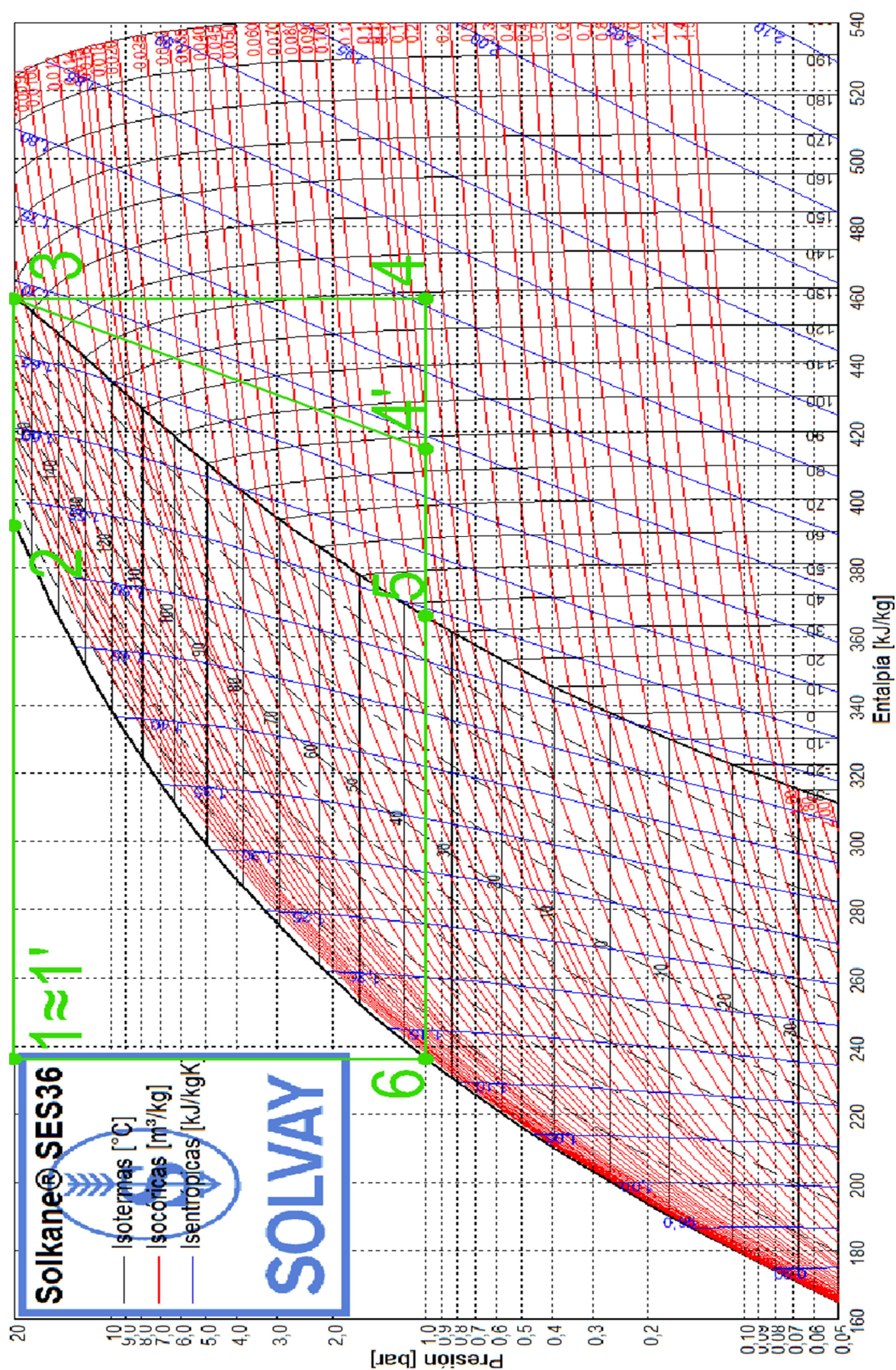


Fig. 11 Pressure-Enthalpy Diagram for Refrigerant 245fa

5.11 SES36



ANEXO 2: JUSTIFICACIÓN DEL FLUIDO REFRIGERANTE

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	BASES DE CÁLCULO	1
3.	RENDIMIENTO DEL CICLO DE DISEÑO	3
3.1	R-404a	3
3.2	R-407c	4
3.3	R-410a	4
3.4	R-507a	5
3.5	R-600a	6
3.6	R-718	6
3.7	Refrigerante n-pentano	7
3.8	Refrigerante RC318	8
3.9	R-134a	8
3.9.1	Evaporador	9
3.9.2	Tubo Capilar (Turbina)	10
3.9.3	Condensador	12
3.9.4	Bomba	12
3.9.5	Rendimiento Global del Ciclo	13
3.10	R-245fa	13
3.10.1	Evaporador	14
3.10.2	Tubo Capilar (Turbina)	15
3.10.3	Condensador	15
3.10.4	Bomba	15
3.10.5	Rendimiento Global del Ciclo	16
3.11	SES36	16
3.11.1	Evaporador	16
3.11.2	Tubo Capilar (Turbina)	17
3.11.3	Condensador	18
3.11.4	Bomba	18
3.11.5	Rendimiento Global del Ciclo	18
4.	SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE	19
4.1	R-407c	19
4.2	R-718	20
4.3	n-pentano	20

4.4	R-134a	20
4.5	R-245fa	20
4.6	SES36.....	21
5.	REFERENCIAS.....	21

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Gráfica comportamiento R-404a.....	3
Ilustración 2: Gráfica comportamiento R-407c.....	4
Ilustración 3: Gráfica comportamiento R-410 ^a	5
Ilustración 4: Gráfica comportamiento R-507 ^a	5
Ilustración 5: Gráfica comportamiento R-600a.....	6
Ilustración 6: Gráfica comportamiento R-718.....	7
Ilustración 7: Gráfica comportamiento n-pentano	7
Ilustración 8: Gráfica comportamiento RC318	8

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades del R-134a a 20 bares de presión	9
Tabla 2: Propiedades del R-134a a 20 °C de temperatura	10
Tabla 3: Tabla propiedades del R-245fa a alta presión.....	14
Tabla 4: Tabla propiedades del R-245fa a baja presión.....	15
Tabla 5: Propiedades del SES36 a 20 bares de presión.....	17
Tabla 6: Propiedades del SES36 a 1 bar de presión	17
Tabla 7: Comparativa refrigerantes.....	19

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este anexo será la justificación del refrigerante a utilizar en dicho circuito, para lo cual se partirá de varios fluidos y se seleccionará el que proporcione mejores características en cuanto a rendimiento del ciclo de trabajo, disponibilidad en el mercado y precio por kilogramo del mismo.

Para dicha selección se utilizará como fuente de comparación el trabajo de fin de grado “Evaluación de ciclos termodinámicos de baja potencia con refrigerantes orgánicos” del alumno Sergio Soria Zafra. En este trabajo se hace una comparación de los fluidos R-404a, R-407c, R-410a, R-507a, R-600a, R-718, refrigerante n-pentano y RC318, a parte de estos fluidos refrigerantes también se estudiarán el R-134a, R-245fa y el SES36.

2. BASES DE CÁLCULO

Los parámetros que se utilizarán para hacer la comparativa entre todos los fluidos refrigerantes serán:

- Rendimiento de la turbina (η_T), el cual se fijará un valor de 0,7.
- Rendimiento de la bomba (η_B), el cual se fijará un valor de 0,5.
- Presión de evaporación, que tendrá un valor de 20 bares.
- Presión de condensación atmosférica (1 bar) a excepción del refrigerante R-134a que por su naturaleza, le corresponde una temperatura de -26,36 °C, temperatura muy por debajo de la ambiente. Por lo que para este refrigerante, R-134a, se fijará la temperatura de condensación igual a 20 °C, temperatura ambiente.

Con estos cuatro parámetros se evaluará el rendimiento del ciclo termodinámico, el cual será uno de los motivos de comparación. Como ya se ha comentado, las gráficas de rendimiento para las condiciones fijadas de todos los fluidos refrigerantes estudiados exceptuando el R-134a, R-245fa y el SES36 se pueden consultar en el trabajo de fin de grado de Sergio Soria Zafra.

Los rendimientos del ciclo de los fluidos R-134a, R-245fa y SES36 se calcularán partiendo del ciclo de diseño presente en los diagramas P-h que se adjuntan en el “**Anexo 1. Esquemas y diagramas**”.

Los rendimientos de los demás refrigerantes se consultarán en las gráficas de la primera configuración, ciclo ORC sin regenerador, y como estas gráficas consideran recalentamiento, habrá que interpolar a la temperatura de recalentamiento de 0 °C (Sin recalentamiento).

3. RENDIMIENTO DEL CICLO DE DISEÑO

Los rendimientos de los ciclos para los diferentes fluidos refrigerantes, se hallaran con las gráficas anteriormente mencionadas, en las cuales aparecen los siguientes parámetros:

- Rendimiento de la turbina de 0,7.
- P_{cal} : Correspondiente a la presión que se encuentra el fluido refrigerante en el evaporador, es decir la zona donde adquiere calor por parte del túnel de secado del laboratorio. Se ha fijado 20 bares.
- $T_{recalentamiento}$: Correspondiente a la temperatura de recalentamiento, las gráficas no parten de 0 K de recalentamiento por lo que tendremos que interpolar los datos a este valor, ya que el ciclo en cuestión no posee recalentamiento.

3.1 R-404a

Haciendo la interpolación a 0 K de recalentamiento y 20 bares de presión se obtiene un rendimiento de 3%, véase en la Ilustración 1

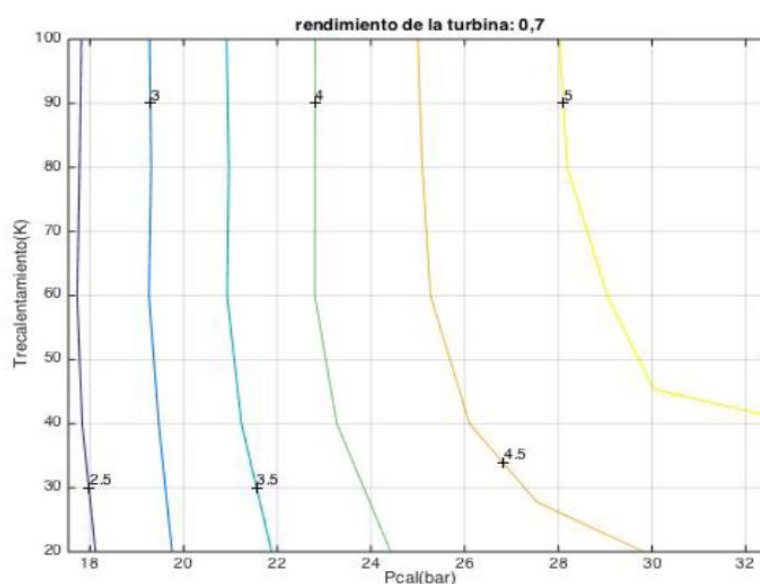


Ilustración 1: Gráfica comportamiento R-404a

3.2 R-407c

Haciendo la interpolación a 0 K de recalentamiento y 20 bares de presión se obtiene un rendimiento de 22%, véase en la Ilustración 2.

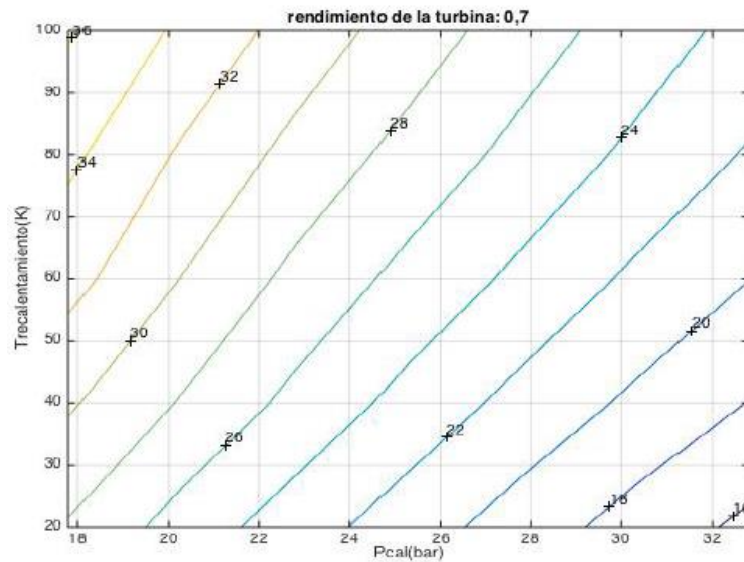


Ilustración 2: Gráfica comportamiento R-407c

3.3 R-410a

Partiendo de las mismas premisas que en los apartados anteriores se obtiene un rendimiento del ciclo de 2%, véase en la Ilustración 3.

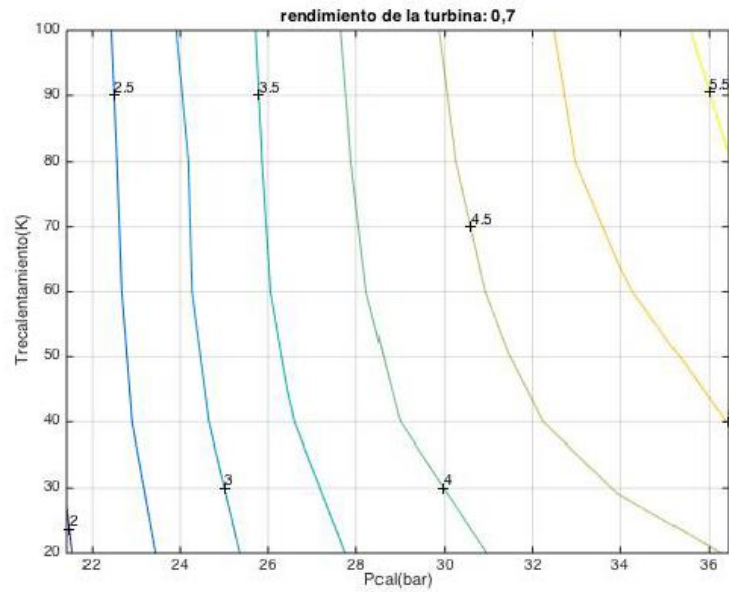


Ilustración 3: Gráfica comportamiento R-410a

3.4 R-507a

Rendimiento del ciclo de 2,8%, véase en la Ilustración 4.

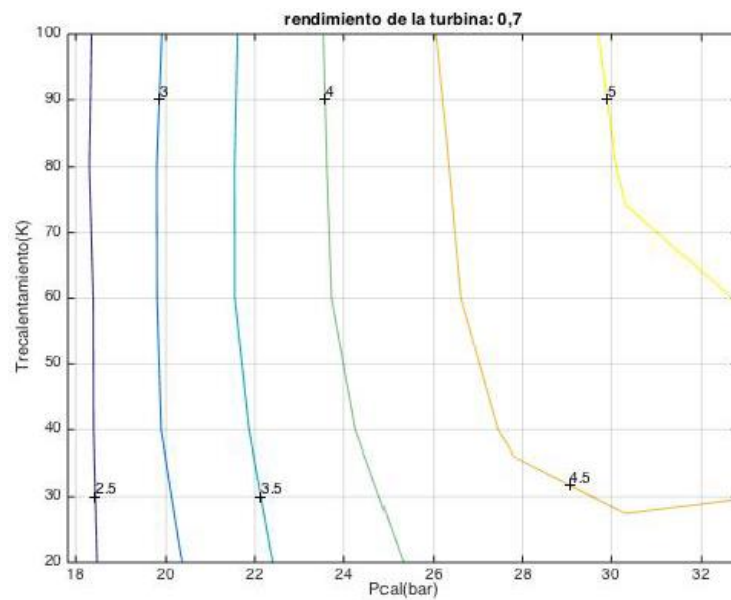


Ilustración 4: Gráfica comportamiento R-507a

3.5 R-600a

Rendimiento global del ciclo de 9,8%, véase en la Ilustración 5.

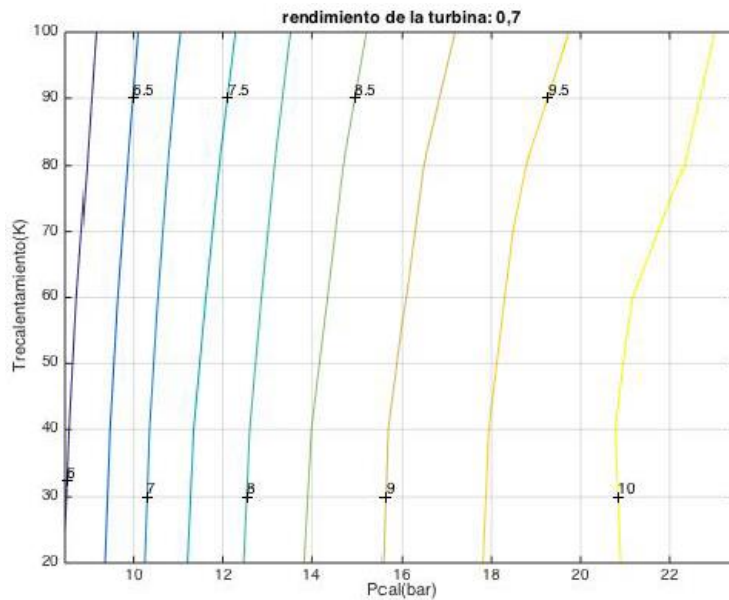


Ilustración 5: Gráfica comportamiento R-600a

3.6 R-718

El rendimiento del ciclo es 14,5%, véase en la Ilustración 6.

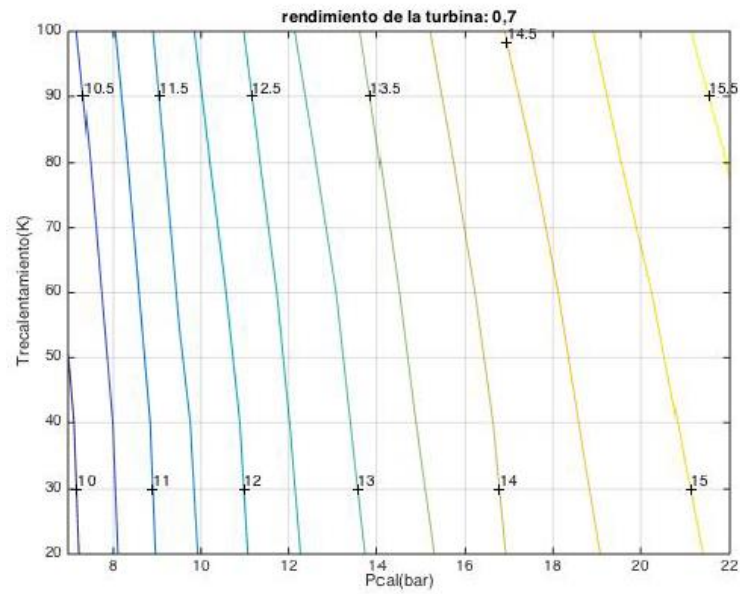


Ilustración 6: Gráfica comportamiento R-718

3.7 Refrigerante n-pentano

Rendimiento del ciclo del 14%, véase en la Ilustración 7.

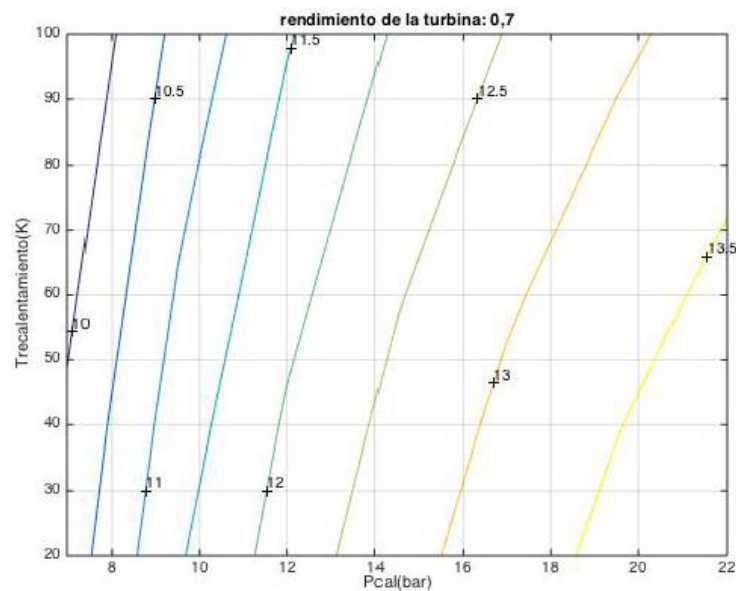


Ilustración 7: Gráfica comportamiento n-pentano

3.8 Refrigerante RC318

Rendimiento del 8,8%, Ilustración 8.

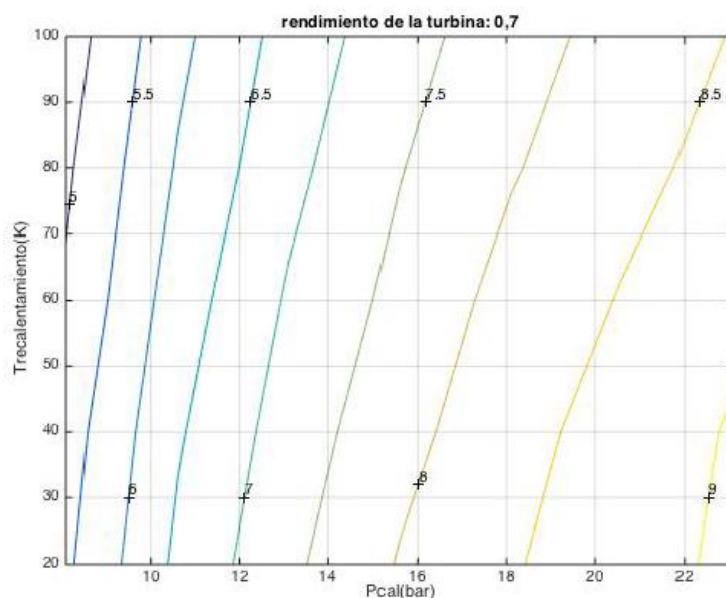


Ilustración 8: Gráfica comportamiento RC318

(Soria Zafra, 2015)

3.9 R-134a

Para este refrigerante se realizan los cálculos tal y como se muestra a continuación, para ello se toma como base de estudio el ciclo de diseño que se encuentra en los diagramas P-h del **“Anexo 1. Esquemas y diagramas”**.

Se parte de que el evaporador absorba 5 kW, la presión de evaporación es de 20 bares, además la presión de condensación será de 5,72 bares que equivale a 20 °C, temperatura ambiente. Con esta información se puede calcular el rendimiento del ciclo, por lo que se procede al análisis individual de los cuatro elementos principales del ciclo ORC.

3.9.1 Evaporador

$$\dot{Q}_{evap} = \dot{m} \cdot (h_3 - h_1)$$

Dónde:

- $\dot{Q}_{evap} \equiv$ Calor que absorbe el evaporador [kW].
- $\dot{m} \equiv$ Flujo másico del fluido [kg/s].
- $h \equiv$ Entalpía específica del punto del ciclo de diseño que se especifica en el subíndice [kJ/kg].

Para obtener las propiedades necesarias en los cálculos se recurre al software “SolKane 8.0.0”, muy útil para generación de tablas de propiedades y visualización de diagramas (Tabla 1) (Tabla 2).

SOLKANE®

134a

t_c 101,06 °C
 p_c 40,59 bar
 v_c 1,954 dm³/kg

Datos de materiales

☐ Temperatura

t °C

67,48

☒ Presión

p bar

20,00

Inicio

$t_s = 67,48^\circ\text{C}$

Zona de vapor húmedo

p	t	ρ'	ρ''	v'	v''	h'	h''	r	s'	s''
bar	°C	kg/dm³	kg/m³	dm³/kg	dm³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK
20,00	67,48	1,011	107,49	0,989	9,30	299,81	428,32	128,51	1,3212	1,6977

Tabla 1: Propiedades del R-134a a 20 bares de presión

t_c 101,06 °C

p_c 40,59 bar

v_c 1,954 dm³/kg

Datos de materiales

☒ Temperatura

t °C

☐ Presión

p bar

$p_s = 5,72\text{bar}$

Inicio

Zona de vapor húmedo

t	p	ρ'	ρ''	v'	v''	h'	h''	r	s'	s''
°C	bar	kg/dm³	kg/m³	dm³/kg	dm³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK
20,00	5,72	1,225	27,78	0,816	35,99	227,59	409,61	182,02	1,0960	1,7176

Tabla 2: Propiedades del R-134a a 20 °C de temperatura

Sustituyendo los valores oportunos y despejando el flujo másico se tiene.

$$5 = \dot{m} \cdot (428,32 - 227,59)$$

$$\dot{m} = 0,0249 \text{ kg/s}$$

3.9.2 Tubo Capilar (Turbina)

Una de las bases de cálculo era establecer un rendimiento de turbina igual a 0,7, valor que relaciona la potencia real e ideal generada por la turbina.

La potencia real generada por la turbina se define como la caída de presión, de alta a baja, mediante una línea isoentálpica (Línea vertical generada entre el punto 3 y el punto 4). Así mismo, la potencia ideal generada por la turbina se define como la caída de presión mediante una línea isoentrópica (Línea oblicua generada entre el punto 3 y el punto 4').

$$\eta_T = \frac{\dot{W}_{Treal}}{\dot{W}_{Tideal}} = 0,7$$

Para obtener la potencia máxima generada por la turbina según el ciclo de diseño habría que realizar el siguiente cálculo:

$$\dot{W}_{Treal} = \eta_T \cdot \dot{W}_{Tideal} = \dot{m} \cdot (h_4 - h_{4'})$$

Como el punto de entropía constante se encuentra dentro de la campana, para averiguar el valor de entalpía antes debemos obtener el título.

$$s_{4'} = s'' \cdot x + (1 - x) \cdot s'$$

Dónde:

- $s_{4'}$ ≡ Entropía específica del Punto 4' que es la misma que la del Punto 3 [kJ/kgK].
- s'' ≡ Entropía específica de vapor saturado, Punto 5 [kJ/kgK].
- x ≡ Título (Adimensional).
- s' ≡ Entropía específica de líquido saturado, Punto 6 [kJ/kgK].

$$1,6977 = 1,7176x + (1 - x)1,0960$$

$$x = 0,9689$$

Una vez conocido el título, se puede calcular el valor de la entalpía del Punto 4'.

$$h_{4'} = h'' \cdot x + (1 - x) \cdot h'$$

Dónde:

- $h_{4'} \equiv$ Entalpía específica del Punto 4' [kJ/kg].
- $h'' \equiv$ Entalpía específica de vapor saturado, Punto 5 [kJ/kg].
- $x \equiv$ Título (Adimensional).
- $h' \equiv$ Entalpía específica de líquido saturado, Punto 6 [kJ/kg].

$$h_{4'} = 409,61 \cdot 0,9689 + (1 - 0,9689) \cdot 227,59 = 403,9492 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{W}_{Treal} = 0,7 \dot{W}_{Tideal} = 0,0249 \cdot (428,32 - 403,9492) = 0,6068 \text{ kW}$$

La turbina será capaz de generar aproximadamente 0,6 kW reales.

3.9.3 Condensador

$$\dot{Q}_{cond} = \dot{m} \cdot (h_4 - h_6)$$

$$\dot{Q}_{cond} = 0,0249 \cdot (428,32 - 227,59) = 4,9982 \text{ kW}$$

3.9.4 Bomba

Nótese que se estableció un rendimiento de bomba de 0,5, valor que relaciona la potencia real e ideal de bombeo.

$$\eta_B = \frac{\dot{W}_{Breal}}{\dot{W}_{Bideal}} = 0,5$$

Como la potencia ideal consumida por la bomba sigue la línea isoentrópica, entre el Punto 6 y el Punto 1', que es prácticamente vertical, y la potencia real consumida por la bomba es la línea vertical isoentálpica, entre el Punto 6 y el Punto 1, puede ser perfectamente despreciable esta potencia.

$$\dot{W}_{Bomba} = 0 \text{ kW}$$

3.9.5 Rendimiento Global del Ciclo

$$\eta_{ciclo} = \frac{\dot{W}_{Treal} - \dot{W}_B}{\dot{Q}_{evap}} = \frac{0,6068 - 0}{5} = 0,1214$$

Se tiene un rendimiento de ciclo del 12,14 %.

3.10 R-245fa

Para este refrigerante se realizan los cálculos exactamente igual que en el apartado anterior, R-134a, y bajo las mismas premisas del apartado 2. Bases de cálculo. De nuevo en el “**Anexo 1. Esquemas y diagramas**” se encuentra el diagrama P-h con el ciclo de diseño.

Potencia absorbida del evaporador 5 kW, la presión de evaporación es de 20 bares, además la presión de condensación será de 1 bar que equivale a unos 14,81 °C.

Para este elemento, se recurre al software “Genetron Properties 1.2” en lugar de usar el “Solkane 8.0.0” debido a la inexistencia de esta sustancia en su biblioteca. El “Genetron Properties 1.2” posee una mayor variedad de sustancias, además de ofrecer mayor cantidad de propiedades.

3.10.1 Evaporador

$$\dot{Q}_{evap} = \dot{m} \cdot (h_3 - h_1)$$

$$5 = \dot{m} \cdot (485,12 - 219,08)$$

$$\dot{m} = 0,0188 \text{ kg/s}$$

A continuación se muestra la Tabla 3 y Tabla 4 donde se obtienen las propiedades necesarias para realizar el estudio.

Presión de líquido	Temperatura de líquido	Densidad de líquido	Densidad del vapor	Volumen de líquido	Volumen del vapor	Entalpía de líquido	Entalpía del vapor	Entropía de líquido	Entropía del vapor
bar	°C	kg/m³	kg/m³	m³/kg	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg-K	kJ/kg-K
20	121,85	989,07	125,31	0,001	0,008	375,83	485,12	1,5228	1,7995
21	124,33	975,09	133,56	0,001	0,0075	380,16	486,02	1,5334	1,7998
22	126,71	961	142,16	0,001	0,007	384,4	486,8	1,5438	1,7999
23	129,01	946,74	151,16	0,0011	0,0066	388,57	487,45	1,554	1,7998

Tabla 3: Tabla propiedades del R-245fa a alta presión

Presión de líquido	Temperatura de líquido	Densidad de líquido	Densidad del vapor	Volumen de líquido	Volumen del vapor	Entalpía de líquido	Entalpía del vapor	Entropía de líquido	Entropía del vapor
bar	°C	kg/m³	kg/m³	m³/kg	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg-K	kJ/kg-K
1	14,81	1365,76	5,89	0,0007	0,1698	219,08	415,31	1,0679	1,7494
2	33,35	1315,55	11,38	0,0008	0,0879	243,59	428,88	1,1501	1,7546
3	45,59	1280,51	16,81	0,0008	0,0595	260,2	437,75	1,203	1,7601

Tabla 4: Tabla propiedades del R-245fa a baja presión

3.10.2 Tubo Capilar (Turbina)

$$\eta_T = \frac{\dot{W}_{Treal}}{\dot{W}_{Tideal}} = 0,7$$

$$\dot{W}_{Treal} = \eta_T \cdot \dot{W}_{Tideal} = \dot{m} \cdot (h_4 - h_{4'})$$

$$\dot{W}_{real} = 0,7 \dot{W}_{ideal} = 0,0188 \cdot (485,12 - 430,08) = 1,0348 \text{ kW}$$

La turbina será capaz de generar aproximadamente 1,0348 kW reales.

3.10.3 Condensador

$$\dot{Q}_{cond} = \dot{m} \cdot (h_4 - h_6)$$

$$\dot{Q}_{cond} = 0,0188 \cdot (485,12 - 219,08) = 5,0016 \text{ kW}$$

3.10.4 Bomba

De nuevo, por las mismas razones que en el apartado 3.9, la potencia consumida por la bomba es despreciable.

$$\dot{W}_B = 0 \text{ kW}$$

3.10.5 Rendimiento Global del Ciclo

$$\eta_{ciclo} = \frac{\dot{W}_{Treal} - \dot{W}_B}{\dot{Q}_{evap}} = \frac{1,0348 - 0}{5} = 0,207$$

Se tiene un rendimiento de ciclo del 20,7 %.

3.11 SES36

Para consultar el diagrama P-h con el ciclo de diseño acudir al “Anexo 1. Planos, esquemas y diagramas”.

Potencia absorbida del evaporador 5 kW, la presión de evaporación es de 20 bares, además la presión de condensación será de 1 bar que equivale a unos 35,26 °C (Tabla 5) (Tabla 6).

3.11.1 Evaporador

$$\dot{Q}_{evap} = \dot{m} \cdot (h_3 - h_1)$$

$$5 = \dot{m} \cdot (459,27 - 236,31)$$

$$\dot{m} = 0,0224 \text{ kg/s}$$

SOLKATHERM®

SES36

t_c 177,55 °C
 p_c 28,49 bar
 v_c 1,859 dm³/kg

Datos de materiales

☐ Temperatura
☒ Presión

t °C 157,05
 p bar 20,00

$t_s = 157,05^\circ\text{C}$

Inicio

Zona de vapor húmedo

p	t	ρ'	ρ''	v'	v''	h'	h''	r	s'	s''
bar	°C	kg/dm³	kg/m³	dm³/kg	dm³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK
20,00	157,05	0,948	184,03	1,054	5,43	393,23	459,27	66,04	1,5351	1,6886

Tabla 5: Propiedades del SES36 a 20 bares de presión

SOLKATHERM®
SES36

t_c 177,55 °C
 p_c 28,49 bar
 v_c 1,859 dm³/kg

Datos de materiales

☐ Temperatura
☒ Presión

t °C 35,26

p bar 1,00

Inicio

$t_s = 35,26^\circ\text{C}$

Zona de vapor húmedo

p	t	ρ'	ρ''	v'	v''	h'	h''	r	s'	s''
bar	°C	kg/dm³	kg/m³	dm³/kg	dm³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK
1,00	35,26	1,340	7,60	0,746	131,66	236,31	365,71	129,41	1,1224	1,5420

Tabla 6: Propiedades del SES36 a 1 bar de presión

3.11.2 Tubo Capilar (Turbina)

$$\eta_T = \frac{\dot{W}_{Treal}}{\dot{W}_{Tideal}} = 0,7$$

$$\dot{W}_{Treal} = \eta_T \cdot \dot{W}_{Tideal} = \dot{m} \cdot (h_4 - h_{4'})$$

$$\dot{W}_{real} = 0,7 \dot{W}_{ideal} = 0,0224 \cdot (459,27 - 414,77) = 0,9968 \text{ kW}$$

La turbina será capaz de generar aproximadamente 0,9968 kW reales.

3.11.3 Condensador

$$\dot{Q}_{cond} = \dot{m} \cdot (h_4 - h_6)$$

$$\dot{Q}_{cond} = 0,0224 \cdot (459,27 - 236,31) = 4,9943 \text{ kW}$$

3.11.4 Bomba

Al igual que en los dos casos anteriores y por las mismas razones, la potencia consumida por la bomba es despreciable.

$$\dot{W}_B = 0 \text{ kW}$$

3.11.5 Rendimiento Global del Ciclo

$$\eta_{ciclo} = \frac{\dot{W}_{Treal} - \dot{W}_B}{\dot{Q}_{evap}} = \frac{0,9968 - 0}{5} = 0,1994$$

Se tiene un rendimiento de ciclo del 19,94 %.

4. SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE

A continuación se muestra para cada refrigerante estudiado, su rendimiento, precio y disponibilidad.

Refrigerante	Rendimiento ciclo (%)	Precio (€/kg)	Disponibilidad
R404a	3	5,95	ALTA
R407c	22	5,55	ALTA
R410a	2	5,55	ALTA
R507a	2,2	5,55	ALTA
R600a	9,8	9,50	ALTA
R718	14,5	ND	BAJA
n-pentano	14	ND	BAJA
RC318	8,8	ND	BAJA
R134a	12,14	14,9	ALTA
R245fa	20,7	28,70	MEDIA/BAJA
SES36	19,94	ND	BAJA

Tabla 7: Comparativa refrigerantes

*ND: Precios no disponibles debido a la baja disponibilidad de comercialización y uso de estos refrigerantes.

En la Tabla 7, puede verse los distintos rendimientos para el ciclo de diseño que ofrecen los refrigerantes estudiados.

Como se observa tanto el R-407c, R-718, n-pentano, R-134a, R-245fa y SES36 poseen un rendimiento relativamente bueno, unos mejores que otros pero buenos. Los demás se descartan automáticamente por poseer un rendimiento demasiado bajo.

4.1 R-407c

Se empieza analizando el refrigerante R-407c, y como puede observarse en su diagrama P-h, a la presión atmosférica (Presión de condensación) se tiene una temperatura de -40 °C. Temperatura muy baja, por lo que no existe o habría que

invertir muchísimo dinero en el elemento que enfriara el refrigerante en el condensador, o trabajar a una presión superior y por lo tanto disminuir el rendimiento del ciclo. Queda descartado.

4.2 R-718

El problema de este refrigerante es que a la presión atmosférica, se tiene una temperatura de 95 °C, valor de temperatura para el condensador muy alta. Si se decidiera a trabajar a temperatura ambiente en el condensador (20 °C), habría que trabajar a una presión de 0,02 bares, valor muy bajo de nuevo. Por esto, queda descartado.

4.3 n-pentano

Se descarta automáticamente por la baja disponibilidad.

4.4 R-134a

En principio, pudiera ser un buen candidato para la aplicación en cuestión, aunque su rendimiento es el más bajo de los seis preseleccionados. Sin embargo, es uno de los refrigerantes más extendidos y usados actualmente en el mercado junto con otros, esto se resume a una mayor facilidad para encontrar elementos compatibles con este refrigerante.

4.5 R-245fa

Refrigerante muy adaptado a las condiciones de diseño que se pretende obtener, es decir, quizás el mejor candidato para ser seleccionado. Sin embargo, uno de los problemas del R-245fa es que se encuentra en desuso y no se prevé la salida al mercado de un sustituto, por lo que se descarta. No se va a construir la

máquina con un refrigerante que cabe la posibilidad de no disponer suministro del mismo en poco tiempo.

4.6 SES36

Es un refrigerante con unas prestaciones bastante buenas aunque su disponibilidad es muy limitada, no se comercializa normalmente y en consecuencia es más difícil encontrar elementos compatibles para esta sustancia.

En resumen, y después de valorar todas las sustancias, se elegiría el refrigerante R-245fa si no fuese por su desuso. Esto nos lleva a seleccionar el refrigerante R-134a sacrificando el rendimiento del ciclo de diseño, en contrapartida se tiene la gran oferta de elementos, disponibilidad inmediata y menor precio para todos los elementos que se puedan necesitar en la instalación frigorífica, como válvulas, intercambiadores, elementos de control, tuberías, etc.

(Palomar Carnicero, Montoro Montoro, & Cruz Peragón, 2014)

(Honeywell, 2016)

(Servei, 2016)

5. REFERENCIAS

Honeywell. (2016). *Refrigerants, Honeywell* . Obtenido de <https://www.honeywell-refrigerants.com/europe/product/tag/all-refrigerants/>

Palomar Carnicero, J. M., Montoro Montoro, V., & Cruz Peragón, F. (2014). *Apuntes de Ingeniería Térmica*. Jaén: Universidad de Jaén.

Servei, G. (2016). *Gas Servei*. Obtenido de <http://www.gas-servei.com/es/componentes/sustitutos-directos-del-r-22/r-134a>

Soria Zafra, S. (2015). Evaluación de ciclos termodinámicos de baja potencia con refrigerantes orgánicos. *Escuela Politécnica Superior de Jaén*.

ANEXO 3: JUSTIFICACIÓN DEL EVAPORADOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. BASES DE CÁLCULO	3
2.1 Evaporador	5
2.2 Túnel de secado	6
2.3 Salto térmico en el evaporador (ΔT_g)	7
2.4 Temperatura de salida del aire en el evaporador (T_A, S, E)	8
2.5 Temperatura de entrada del aire en el evaporador (T_A, E, E)	8
2.6 Potencia aportada por el túnel de secado (Q_{sec})	8
3. REFERENCIAS	11

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Diagrama de temperaturas del evaporador 1 paso por carcasa y dos por tubos.....	5
Ilustración 2: Diagrama de temperaturas en el túnel de secado	6
Ilustración 3: Especificaciones técnicas del túnel de secado	6

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Potencias del túnel de secado	9
Tabla 2: Características técnicas extractores SODECA	10
Tabla 3: Potencia del secadero con extractor	10
Tabla 4: Características técnicas ONDA MPE.	11

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este anexo será la justificación del equipo evaporador del circuito refrigerante. Para comenzar se expone una pequeña introducción del equipo.

El evaporador es un elemento cuya función es la de vaporizar un fluido refrigerante con el propósito de enfriar otro medio, en el caso de este proyecto el aire caliente expulsado proveniente del túnel de secado de muestras existente en el laboratorio.

El evaporador se encuentra ubicado entre la bomba y el capilar, que hace las veces de turbina. Su misión es, como ya se ha comentado, la de absorber calor a través de las paredes del mismo, del aire y transmitir ese calor al fluido refrigerante.

Este elemento presenta problemáticas asociadas, como por ejemplo dificultades de elección del tipo adecuado para la instalación en cuestión así como la determinación de su emplazamiento en la misma.

Las características principales que debe reunir un evaporador son:

- La mayor parte de la superficie del evaporador debe estar en contacto con vapor saturado húmedo y, si es posible, con líquido refrigerante en ebullición, mejorando así el coeficiente de transmisión de calor.
- La vaporización del fluido debe de hacerse preferentemente por ebullición, condición que ratifica la anterior.
- El vapor debe salir saturado seco hacia el capilar, en caso negativo se colocará un separador de líquido.
- El fluido circulará por el evaporador produciendo una pérdida de carga mínima, pero con velocidad suficiente para originar una buena transferencia de calor.
- Su construcción debe ser sencilla, simple de ejecución y de modo de operación, siendo su precio bajo.
- Debe ser resistente a la corrosión.

En cuanto al mantenimiento del mismo, deberá ser de fácil limpieza e inspección, repercutiendo en costes bajos de mantenimiento.

Un evaporador que reúna estas características funcionará correctamente siempre que tenga una buena alimentación de fluido frigorífico. La velocidad de alimentación depende de la velocidad de vaporización del refrigerante, la cual aumenta con la carga térmica.

2. BASES DE CÁLCULO

Para seleccionar el evaporador que se utilizará, se deben tener en cuenta las siguientes premisas:

- Presión de evaporación 20 bares
- Fluido refrigerante que circulará R134a
- Flujo másico de refrigerante
- Flujo másico de humos
- Potencia de 5 kW
- Temperaturas de refrigerante y aire tanto a la entrada como a la salida del mismo

La naturaleza del evaporador atendiendo a su construcción es de tubos lisos, la construcción de estos tubos se realiza en cobre ya que va destinado a evaporadores pequeños y para el uso de refrigerantes distintos al amoníaco.

En cuanto a la justificación frente a la aplicación, se utiliza un evaporador de circuito cerrado multitubular, también llamados de carcasa y tubos. Generalmente este tipo de evaporadores se disponen en horizontal.

Se pueden distinguir dos tipos de evaporadores de carcasa y tubos:

a) El refrigerante circulará por el interior de los tubos, y entre éstos y la carcasa lo hará el aire caliente procedente del túnel de secado de muestras del laboratorio.

b) El otro tipo, es cuando el refrigerante circula entre los tubos y la carcasa y el aire por dentro de los tubos. A esta familia de intercambiadores de calor se denominan pirotubulares o inundados.

En el caso a) el mantenimiento es muy sencillo, simplemente retirando las tapas de los tubos, se garantiza el acceso a los tubos por donde circulará el fluido a calentar, al objeto de realizar inspecciones y limpiezas mecánicas.

En el caso b) dichas operaciones resultan más tediosas y la limpieza ha de hacerse mediante un tratamiento químico. Por otra parte, la configuración interna de los tubos es diferente, los tubos están situados hasta dos filas por encima de la mitad de la carcasa actuando el resto de la misma como un separador de líquidos.

Si la carcasa presenta unas dimensiones reducidas entonces los tubos ocupan todo el interior de la misma, siendo necesario construir un separador de líquidos exterior encima del evaporador.

Una vez descritos los dos tipos de evaporadores, se va a indicar la nomenclatura utilizada para comenzar con la justificación de este elemento:

- $T_{R,E,E} \equiv$ Temperatura del refrigerante a la entrada en el evaporador
- $T_{R,S,E} \equiv$ Temperatura de salida del refrigerante en el evaporador
- $T_{A,E,E} \equiv$ Temperatura de entrada del aire en el evaporador
- $T_{A,S,E} \equiv$ Temperatura del aire a la salida del evaporador
- $T_{A,S,S} \equiv$ Temperatura del aire a la salida del secadero
- $T_o \equiv$ Temperatura ambiente

Se comienza dibujando los diagramas de temperaturas tanto en el evaporador como en el túnel de secado para facilitar los cálculos:

2.1 Evaporador

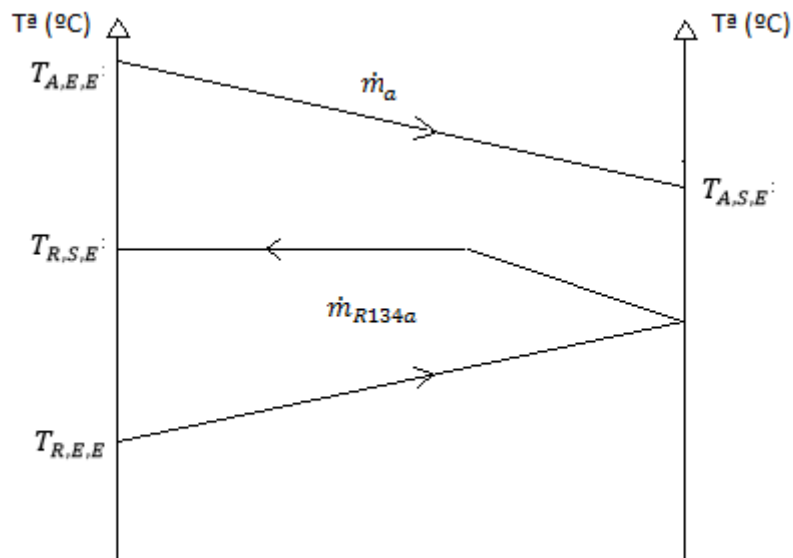


Ilustración 1: Diagrama de temperaturas del evaporador 1 paso por carcasa y dos por tubos

Como se puede observar en la Ilustración 1, este tipo de diagrama corresponde a un evaporador de un paso por carcasa y dos por tubos, que va a ser el modelo utilizado en la instalación experimental.

2.2 Túnel de secado

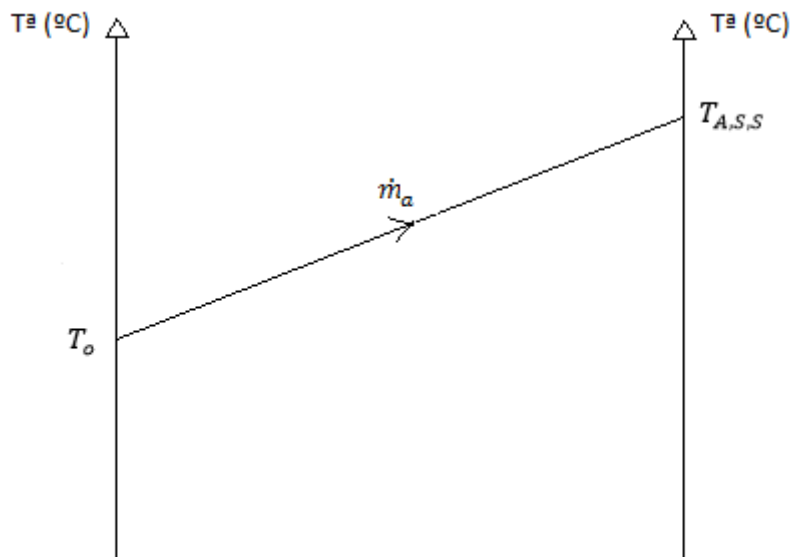


Ilustración 2: Diagrama de temperaturas en el túnel de secado

Las especificaciones técnicas del túnel de secado son las siguientes:



Ilustración 3: Especificaciones técnicas del túnel de secado

Como se puede ver en las especificaciones técnicas del túnel de secado (Ilustración 3: Especificaciones técnicas del túnel de secado), es capaz de aportar aire a una velocidad máxima de 1,2 m/s por una sección S de 0,01 m², con estos datos se calcula el flujo másico máximo de aire que circulará por el evaporador.

$$\dot{m}_{aire\ maximo} = \rho_{aire} \cdot v_{aire\ max} \cdot S$$

Dónde:

- $\dot{m}_{aire\ maximo} \equiv$ Flujo másico máximo de aire proporcionado por el túnel de secado [kg/s].
- $\rho_{aire} \equiv$ Densidad del aire [kg/m³].
- $v_{aire\ max} \equiv$ Velocidad máxima del aire [m/s].
- $S \equiv$ Sección de salida del túnel de secado [m²].

$$\dot{m}_{aire\ maximo} = 0,946 \frac{kg}{m^3} \cdot 1,2 \frac{m}{s} \cdot 0,01 m^2 = 0,01135 kg/s$$

Una vez calculado el flujo másico máximo, se podrá construir una tabla para un rango de flujos de cero al máximo anteriormente calculado, con el fin de hallar los siguientes datos de importancia para la selección del evaporador.

2.3 Salto térmico en el evaporador (ΔT_g)

Se calcula para cada valor de flujo mediante la expresión de la potencia en el evaporador.

$$-Q_{ev} = \dot{m}_{aire} \cdot C_{p\ aire} \cdot \Delta T_g$$

Dónde:

- $-Q_{ev} \equiv$ Potencia cedida del aire en el evaporador [kW].
- $\dot{m}_{aire} \equiv$ Flujo de aire [kg/s].
- $C_{p\ aire} \equiv$ Calor específico del aire a presión constante [J/g·K].
- $\Delta T_g \equiv$ Diferencia de temperatura [K].

2.4 Temperatura de salida del aire en el evaporador ($T_{A,S,E}$)

Esta temperatura viene dada como la suma de la temperatura de evaporación que en este caso es de 67,48 °C y el Punto de Pinzamiento (P.P), que se fija en 15 °C.

$$T_{A,S,E} = T_{evaporacion} + P.P. = 355,48\ K$$

2.5 Temperatura de entrada del aire en el evaporador ($T_{A,E,E}$)

$$T_{A,E,E} = \Delta T_g + T_{A,S,E}$$

2.6 Potencia aportada por el túnel de secado ($\dot{Q}_{sec}$)

$$Q_{sec} = \dot{m}_{aire} \cdot C_{p\ aire} \cdot (T_{A,S,S} - T_o)$$

Siendo $T_{A,S,S} = T_{A,E,E}$ calculada anteriormente y $C_{p\text{ aire}}$ calor específico del aire.

Finalmente se obtiene la tabla de potencias del túnel de secado en función de un rango de flujos de aire posibles:

Flujo aire (m³/h)	Flujo aire (kg/s)	ΔT_g (K)	$T_{A,E,E}$ (K)	$T_{A,S,E}$ (K)	Q_{sec} (kW)
11,41649049	0,003	1646,904	2002,384	355,48	5,189689
14,84143763	0,0039	1266,849	1622,329	355,48	5,246596
18,26638478	0,0048	1029,315	1384,795	355,48	5,303503
21,69133192	0,0057	866,7915	1222,271	355,48	5,36041
25,11627907	0,0066	748,5926	1104,073	355,48	5,417316
28,54122622	0,0075	658,7615	1014,242	355,48	5,474223
31,96617336	0,0084	588,1799	943,6599	355,48	5,53113
35,39112051	0,0093	531,2593	886,7393	355,48	5,588037
38,81606765	0,0102	484,3835	839,8635	355,48	5,644944
42,2410148	0,0111	445,1091	800,5891	355,48	5,70185
43,2	0,011352	435,2283	790,7083	355,48	5,717784

Tabla 1: Potencias del túnel de secado

Llegados a este punto, se puede observar como el túnel de secado es capaz de proporcionar una potencia ligeramente superior a la que se necesita en el evaporador, lo cual nos beneficia para sustentar las pérdidas de calor. Sin embargo, las temperaturas del aire a la entrada del evaporador que se necesitan son muy elevadas y el túnel de secado solo es capaz de suministrar aire a 450 °C.

A medida que va aumentando el caudal, va reduciéndose esta temperatura, por lo que se decide instalar un extractor de humos para aumentar dicho caudal. El modelo de extractor es SODECA CA/LINE-15 en chapa de acero resistente a alta temperatura y con un caudal de 537 m³ /h, con las características técnicas que aparecen en la Tabla 2.

Características técnicas

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible 230V (A)	Potencia absor- bida eléctrica (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)
CA/LINE-10	2460	0,35	0,074	260	33	2,8
CA/LINE-12	2350	0,35	0,075	350	35	2,8
CA/LINE-15	2420	0,44	0,095	537	41	4,8
CA/LINE-20	2600	0,64	0,137	980	36	6,2
CA/LINE-25	2390	0,72	0,157	1008	38	6,6
CA/LINE-31	2378	0,86	0,189	1596	37	6,9
CA/LINE-355	2098	1,56	0,357	2098	39	12,0

Tabla 2: Características técnicas extractores SODECA

Si se realizan de nuevo los cálculos para las temperaturas, salto térmico y potencia del túnel de secado se obtienen los datos recogidos en la Tabla 3.

Flujo aire (m³/h)	Flujo aire (kg/s)	ΔT_g (K)	$T_{A,E,E}$ (K)	$T_{A,S,E}$ (K)	Q_{sec} (kW)
537	0,1411	35,01567	390,4957	355,48	13,92172

Tabla 3: Potencia del secadero con extractor

Con este caudal que proporciona el extractor se reduce la temperatura de entrada de aire al evaporador a 390,4957 K, la cual sí está dentro de la temperatura máxima que es capaz de aportar el túnel de secado. Por lo que se selecciona el evaporador del fabricante italiano ONDA modelo MPE 35 con las características técnicas de la Tabla 4

MODELLO / MODEL		MPE	17	26	35	45	55	70	87	95
Potenza totale*	kW		17	26	35	45	55	70	87	95
Total capacity*	Tons (RT)		4,8	7,4	10,0	12,8	15,6	19,9	24,7	27,0
Portata / Flow rate	m ³ /h		2,9	4,5	6,0	7,7	9,4	12,0	15,0	16,3
Perdite di carico/ Pressure drop	kPa		13	24	31	25	20	27	22	24
Volume di gas	L		3	4	5	6	8	9	11	12
Volume H ₂ O			9	10	12	13	17	19	22	23

Tabla 4: Características técnicas ONDA MPE.

3. REFERENCIAS

Cruz Peragón, F., & Palomar Carnicero, J. (2015). *Apuntes Ingeniería Térmica II*. Jaén: Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera. Universidad de Jaén.

Onda. (2016). *Evaporadores de carcasa y tubos*. Obtenido de <http://www.onda-it.com/ita/prodotti/shell-tube>

Sánchez y Pineda de las Infantas, M. T. (2001). *Ingeniería del frío: Teoría y Práctica*. AMV Ediciones, Mundi-Prensa.

Sodeca. (2014). *Ventiladores centrífugos y extractores en línea para conductos*. Obtenido de http://www.sodeca.com/upload/imgCatalogos/ES/CT01_centrifugo_enlinea_2014ES.pdf

ANEXO 4: JUSTIFICACIÓN DE LA LONGITUD DEL CAPILAR

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. BASES DE CÁLCULO	7
3. SELECCIÓN DE CAPILAR	11
4. REFERENCIAS	11

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Diagrama de Moody	5
--	---

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Longitud necesaria para diferentes diámetros de capilar.....	9
---	---

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este anexo será la justificación de la longitud del capilar a colocar para reducir la presión de 20 bares a la salida del evaporador a unos 5,72 bares, presión del circuito a la entrada del condensador.

Para ello se recurre a la teoría de Flujo Turbulento en Conductos de fluidomecánica.

Primero se hará referencia al flujo laminar y flujo turbulento. Se considera el movimiento de un fluido de densidad “ ρ ” y viscosidad “ μ ” en un conducto cilíndrico de longitud mucho mayor que su tamaño transversal característico. En los experimentos se observa que el carácter del flujo que aparece depende de forma fundamental del número de Reynolds.

$$Re = \frac{\rho v_m D}{\mu}$$

Dónde:

- $Re \equiv$ Número de Reynolds [Adimensional].
- $\rho \equiv$ Densidad del refrigerante [kg/m^3].
- $v_m = Q/A$. Velocidad media basada en el caudal Q que circula por el conducto y en el área de su sección transversal A , siendo $A = \pi D^2/4$ para conductos de sección circular [m/s].
- $D \equiv$ Diámetro interno del tubo capilar [m].
- $\mu \equiv$ Viscosidad del refrigerante [$\text{Pa}\cdot\text{s}$].

En aplicaciones ingenieriles, donde las perturbaciones son inevitables, se considera que el flujo en el conducto es laminar si $Re < 2300$ y que este es turbulento

si $Re > 4000$. Para valores intermedios el flujo es transicional y cambia de laminar a turbulento y viceversa intermitentemente.

El balance de cantidad de movimiento para el flujo en un conducto de área transversal A permite relacionar la caída de presión a lo largo del conducto con los esfuerzos cortantes en las paredes del mismo.

Es sabido que para el conducto circular, $A = \pi D^2/4$, el valor del diámetro hidráulico coincide con el diámetro del conducto (Capilar).

$$D_h = \frac{4 \cdot A}{P}$$

Dónde:

- $D_h \equiv$ Diámetro hidráulico [m].
- $A \equiv$ Área mojada del conducto [m²].
- $P \equiv$ Perímetro del área mojada del conducto [m].

El efecto de la rugosidad de la pared, se caracteriza a través del tamaño de las protuberancias del material del que este hecho el conducto “ ϵ ”, en este caso cobre. Gracias a este parámetro se consigue reducir la presión del fluido.

La ecuación que se muestra a continuación permite calcular la diferencia de presión entre dos secciones separadas una longitud “ L ” a lo largo de un conducto en el que existe un flujo desarrollado, esto es, cuyo perfil de velocidad promedio no varía a lo largo del conducto. Se hará uso de ella para el cálculo de la caída de presión entre la entrada y salida del tubo capilar en cuestión, en el que existe un flujo turbulento. Esta ecuación corresponde al cálculo de las pérdidas primarias en conductos.

$$\left(\frac{\rho \cdot v^2}{2} + p + \rho g z \right)_e - \left(\frac{\rho \cdot v^2}{2} + p + \rho g z \right)_s = \frac{1}{2} \rho v_m^2 \left(\frac{\lambda L}{D_h} + \sum K_s \right)$$

Siendo:

- $\rho \equiv$ Densidad del fluido refrigerante [kg/m³].
- $v \equiv$ Velocidad del fluido [m/s].
- $p \equiv$ Presión [Pa].
- $g \equiv$ Aceleración de la gravedad [m/s²].
- $z \equiv$ Altura [m].
- $v_m \equiv$ Velocidad media [m/s].
- $\lambda \equiv$ Coeficiente de Darcy [Adimensional].
- $L \equiv$ Longitud [m].
- $D_h \equiv$ Diámetro hidráulico [m].
- $\sum K_s \equiv$ Suma de los coeficientes de pérdidas de todos los elementos dispuestos a lo largo del conducto [Adimensional].

Los subíndices “e” y “s” se refieren a las propiedades de entrada del tubo capilar y salida respectivamente.

Se desprecia el término gravitacional $\rho g z$, el coeficiente de pérdidas secundarias, $\sum K_s$, y el término cinemático $\frac{\rho \cdot v^2}{2}$ debido a que estos términos son mucho menores que el término principal.

El valor del coeficiente de Darcy es función del número Reynolds (Re) y de la rugosidad relativa (ϵ/D_h). La expresión es sencilla para el caso del movimiento laminar, cuyo campo de velocidad es independiente de la rugosidad. Siendo ésta para un conducto circular:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

En el caso del flujo turbulento, λ pasa a ser función tanto del número de Reynolds como de la rugosidad relativa, dando lugar a la variación que se muestra en el diagrama de Moody.

El diagrama de Moody, véase en la Ilustración 1: Diagrama de Moody, revela que la dependencia de λ con el número de Reynolds se va haciendo menor conforme este aumenta, debido a que el espesor de la subcapa viscosa, donde el efecto de la viscosidad es dominante, se va haciendo menor al aumentar Re . Cuando este espesor se hace mucho menor que ε , el movimiento cerca de la pared pasa a estar enteramente dominado por la rugosidad, y se hace independiente de μ , con lo que en este régimen λ es solo función de ε/D_h . Nótese también que el número de Reynolds a partir del cual esto ocurre es menor cuanto mayor es la rugosidad relativa.

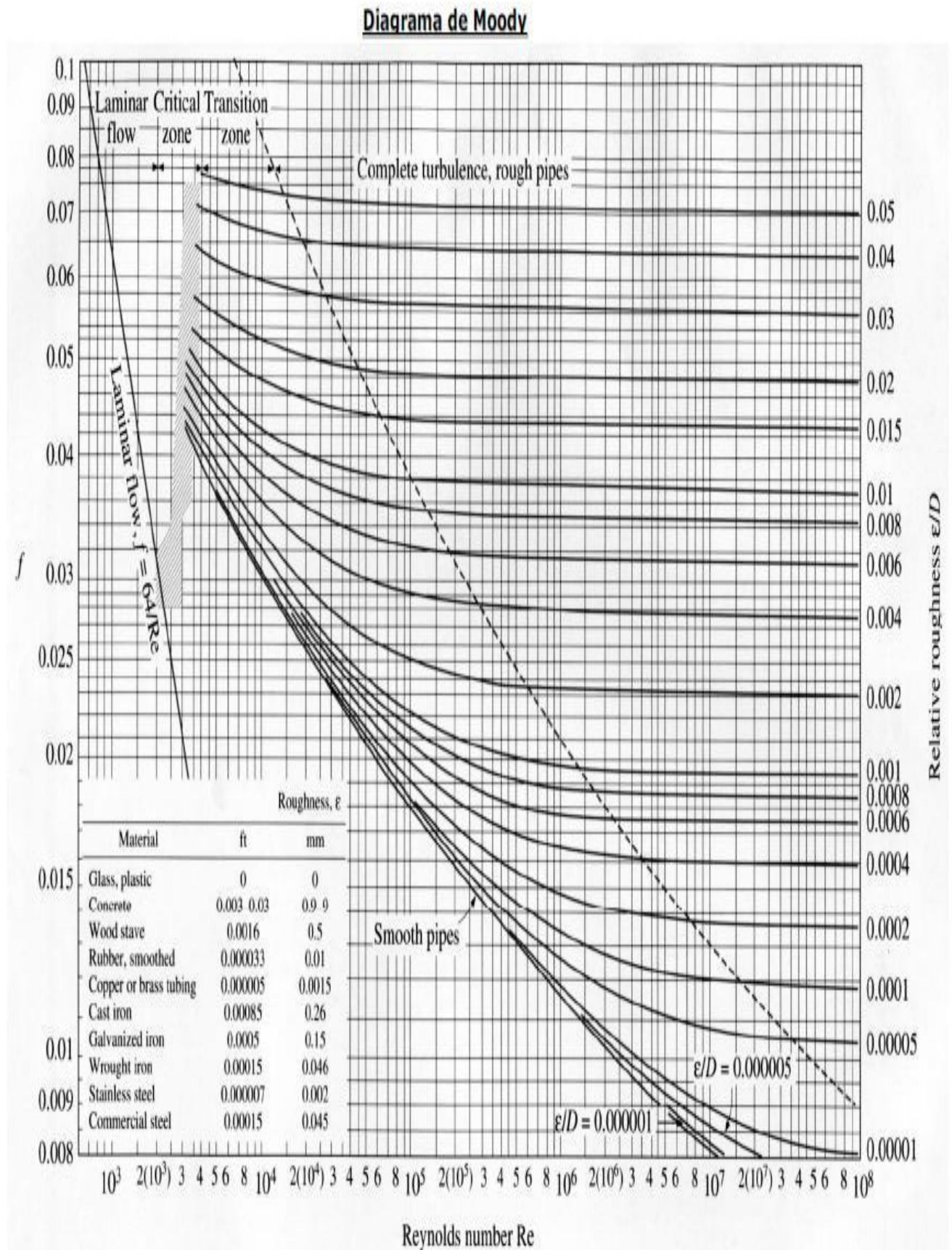


Ilustración 1: Diagrama de Moody

Una alternativa al diagrama de Moody está en la fórmula aproximada más comúnmente utilizada para el cálculo de λ , y es la denominada correlación de Colebrook, la cual es válida para todo el rango de flujo turbulento ($Re > 4000$).

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\frac{\varepsilon}{D_h}}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} \right)$$

No es objeto de estudio en este análisis las pérdidas secundarias debido a válvulas, codos, curvas, contracciones, expansiones, filtros o cualquier otro elemento que introduzca pérdidas localizadas de presión reducida. Tan solo nos centraremos en el cálculo de la longitud y sección del tubo capilar para reducir dicho valor de presión.

2. BASES DE CÁLCULO

A modo de resumen, se explica a continuación el procedimiento a seguir para poder calcular la longitud de capilar necesaria para generar una caída de presión de 14 bares. Esta caída de presión puede consultarse en el diagrama P-h situado en el **“Anexo 1. Esquemas y diagramas”** como la diferencia de presiones entre la parte de alta (20 bares) y baja presión (5,72 bares).

Para comenzar se ha de obtener el valor de densidad a la salida del evaporador, del ciclo de diseño se obtiene que se tiene un volumen de 9,30 dm³/kg y a la parte baja del ciclo le corresponde un valor de volumen de 35,99 dm³/kg, lo que corresponde a una densidad de 107,49 kg/m³ y 27,78 kg/m³ respectivamente. Haciendo la media para realizar los cálculos se obtiene un valor de densidad promedio de 67,635 kg/m³. En cuanto al valor de viscosidad, se establece de nuevo un valor promedio entre el valor de la viscosidad a alta presión (20 bares) y baja presión (5,72 bares), 14,22 μPa·s y 11,49 μPa·s respectivamente, obteniendo un promedio de 12,855 μPa·s.

Ahora se construye una tabla con diferentes valores de diámetro de capilar con el fin de obtener el valor de longitud que se debe utilizar del mismo para obtener una caída de presión de aproximadamente 14 bares.

A partir del valor del diámetro se fija el valor máximo de caudal que es capaz de proporcionar la bomba, siendo éste de 112 l/h o 3,111·10⁻⁵ m³/s, a continuación se calcula el valor del flujo máximo, que se obtiene como:

$$\dot{m} = Q \cdot \rho_{med}$$

Dónde:

- $\dot{m} \equiv$ Flujo másico [kg/s].
- $Q \equiv$ Caudal máximo que proporciona la bomba de refrigerante [m³/s].

- $\rho_{med} \equiv$ Densidad media del refrigerante entre la parte de alta y baja presión del ciclo de diseño [kg/m^3].

Se obtiene como flujo másico un valor de 0,0021042 kg/s. Acto seguido se procede a calcular el valor de velocidad del fluido refrigerante.

$$v_m = \frac{\dot{m}}{\rho_{med} \cdot A} = \frac{\dot{m}}{\rho_{med} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}}$$

Dónde:

- $v_m \equiv$ Velocidad media del refrigerante [m/s].
- $\dot{m} \equiv$ Flujo másico [kg/s].
- $\rho_{med} \equiv$ Densidad media del refrigerante entre la parte de alta y baja presión del ciclo de diseño [kg/m^3].
- $\pi \equiv$ Número Pi [Adimensional].
- $D \equiv$ Diámetro interno del capilar [m].

Seguidamente se obtiene el valor del número de Reynolds como

$$Re = \frac{\rho_{med} v_m D}{\mu_{med}}$$

Como el material a utilizar es el cobre, se busca el valor de la rugosidad, siendo de 0,0015 mm. A partir de este valor se obtiene la rugosidad relativa como

$$\varepsilon_R = \frac{\varepsilon}{D_h}$$

Y a continuación con la ayuda del diagrama de Moody o mediante la correlación de Colebrook que es más preciso, en el valor de la rugosidad relativa y en el valor de Reynolds, se obtiene el coeficiente de Darcy (λ).

Obteniendo ahora el valor de la altura a partir de la caída de 14,28 bares se puede hallar el valor de la longitud necesaria.

$$\left(\frac{\rho \cdot v^2}{2} + p + \rho g z \right)_e - \left(\frac{\rho \cdot v^2}{2} + p + \rho g z \right)_s = \frac{1}{2} \rho v_m^2 \left(\frac{\lambda L}{D_h} + \sum K_s \right)$$

A continuación, en la Tabla 1 Tabla 1: Longitud necesaria para diferentes diámetros de capilar. se recogen los metros de capilar que se necesitan para cinco diámetros internos diferentes con el fin de tener una caída de presión de 14,28 bares.

φ Interior (mm)	L (m)
0,8	0,001168001
1	0,003718385
1,25	0,008021843
1,5	0,029812984
2	0,127759742

Tabla 1: Longitud necesaria para diferentes diámetros de capilar.

3. SELECCIÓN DE CAPILAR

En este apartado se pretende decidir de entre los cinco diámetros internos diferentes de capilar, cuál de ellos se instalará. Para consultar la longitud del mismo que se necesita para los diferentes tamaños de diámetros véase la Tabla 1: Longitud necesaria para diferentes diámetros de capilar..

Como puede apreciarse en la Tabla 1: Longitud necesaria para diferentes diámetros de capilar., no haría falta instalar el tubo capilar en la instalación para reducir la presión, se necesita muy poca longitud. Esto quiere decir que con el ramal de las tres válvulas de volante sería suficiente para conseguir la caída de presión necesaria, 14,28 bares.

A pesar de ello, se decide instalar un capilar para realizar pruebas del comportamiento de éste para reducir la presión, así como para estudios futuros que contemplen cambios en el banco de ensayos.

Por ello se selecciona el capilar de 0,8 y como el rollo más pequeño se suministra en 15 metros, se instalan íntegros.

4. REFERENCIAS

Martinez Bazán, C. (s.f.). *Ingeniería Fluidomecánica*. Ediciones Paraninfo.

Pecomark. (2016). *Catálogo 2016*. Obtenido de <http://www.pecomark.com/cataleg/latest/>

Servei, G. (2016). *Gas Servei*. Obtenido de <http://www.gas-servei.com/es/componentes/sustitutos-directos-del-r-22/r-134a>

ANEXO 5: JUSTIFICACIÓN DEL CONDENSADOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Condensadores enfriados por aire	1
1.2 Condensadores enfriados por agua	2
1.3 Condensadores evaporativos	3
2. BASES DE CÁLCULO	5
3. REFERENCIAS	9

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Condensador enfriado por aire	2
Ilustración 2: Condensador de placas	2
Ilustración 3: Condensador de carcasa y tubos	3
Ilustración 4: Condensador evaporativo	4
Ilustración 5: Diagrama de temperaturas del condensador	6
Ilustración 6: Esquema ONDA CEV 15	8

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características ONDA CEV 15.....	9
---	---

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este anexo será la justificación del elemento condensador del circuito refrigerante. Para comenzar se añade una breve introducción sobre el funcionamiento de este elemento clave en el circuito.

El condensador es un elemento cuya finalidad es la de condensar un fluido refrigerante con el propósito de calentar el otro medio de intercambio de calor, en el caso de este proyecto, el agua circulará como fluido de intercambio de calor con el fluido refrigerante.

El condensador se encuentra ubicado en el lado de baja presión, entre la bomba y el tubo capilar.

Por tanto el vapor recalentado procedente del capilar entrará al condensador para su condensación a líquido saturado.

A continuación se hace una clasificación general de los condensadores existentes con sus respectivos tipos.

1.1 Condensadores enfriados por aire

Los condensadores enfriados por aire son los que se utilizan actualmente en el aire acondicionado, son un conjunto de tubos simples o aleteados encerrados en un armario metálico con rejillas, por las cuales va a ser introducido un determinado caudal de aire que producirá la condensación del gas refrigerante que circula por el interior de los tubos. Un ejemplo de estos se puede ver en la Ilustración 1.



Ilustración 1: Condensador enfriado por aire

1.2 Condensadores enfriados por agua

Los condensadores enfriados por agua, normalmente son del tipo carcasa y tubo o bien de placas.

El condensador de placas consiste en un bastidor de placas que pueden ser recambiables, según el tipo de fabricante, separadas por juntas de estanqueidad de caucho.

Cada placa dispone de 4 bocas por las que circulara el gas refrigerante y el agua, uno de ellos circulara por las placas pares y el otro por las impares para producir el mayor intercambio posible, existen casos en los que las placas se pueden presentar corrugadas para así mejorar el intercambio térmico. Véase en la Ilustración 2.



Ilustración 2: Condensador de placas

El condensador de carcasa y tubos tiene el mismo fin que el anterior, en este caso los fluidos portadores pueden circular por la carcasa o bien por el interior de los tubos, dicho contacto entre ambos producirá el intercambio térmico, Ilustración 3.

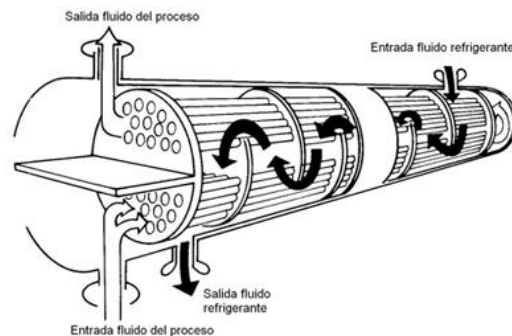


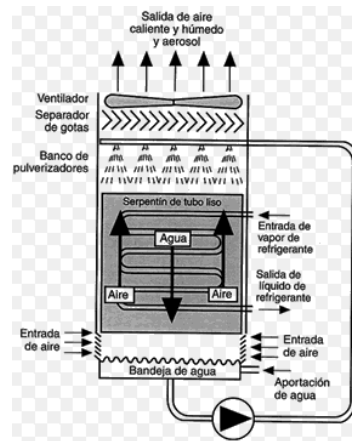
Ilustración 3: Condensador de carcasa y tubos

Hay que destacar que cuando se utilizan condensadores refrigerados por agua pueden suceder los siguientes problemas:

- Incrustaciones
- Corrosión
- Algas

1.3 Condensadores evaporativos

Los condensadores evaporativos son una mezcla de condensador con torre de refrigeración, están formados por tubos por los cuales circula el gas refrigerante, éstos son bañados por una lluvia de agua produciendo así la condensación, véase la Ilustración 4.

**Ilustración 4: Condensador evaporativo**

2. BASES DE CÁLCULO

Para el cálculo del elemento condensador habrá que prestar especial atención a los siguientes valores:

- Flujo másico de refrigerante R-134a que va a circular
- Potencia disipada por el condensador
- Flujo másico de agua que va a circular
- Presión máxima en el lado del refrigerante

En cuanto al caudal másico del refrigerante hay que indicar que ha sido calculado en el “**Anexo 3. Justificación del evaporador**” cuyo valor es:

$$\dot{m}_{R134a} = 0,0249 \text{ kg/s}$$

Se procede al cálculo de la potencia disipada por el condensador, para ello se emplea la siguiente expresión:

$$\dot{Q}_{Condensador} = \dot{m}_{R134a} \cdot (h_4 - h_7) = 0,0249 \cdot (428,32 - 227,59) = 4,9982 \text{ kW}$$

Dónde:

- $\dot{Q}_{Condensador} \equiv$ Calor que absorbe el condensador [kW].
- $\dot{m}_{R134a} \equiv$ Flujo másico del refrigerante R-134a [kg/s].
- $h \equiv$ Entalpía específica del punto en cuestión [kJ/kg].

Para el cálculo del flujo másico de agua que circula por el condensador se habrá de realizar un balance energético en el condensador, para ello se dibuja el diagrama de temperaturas de la Ilustración 5.

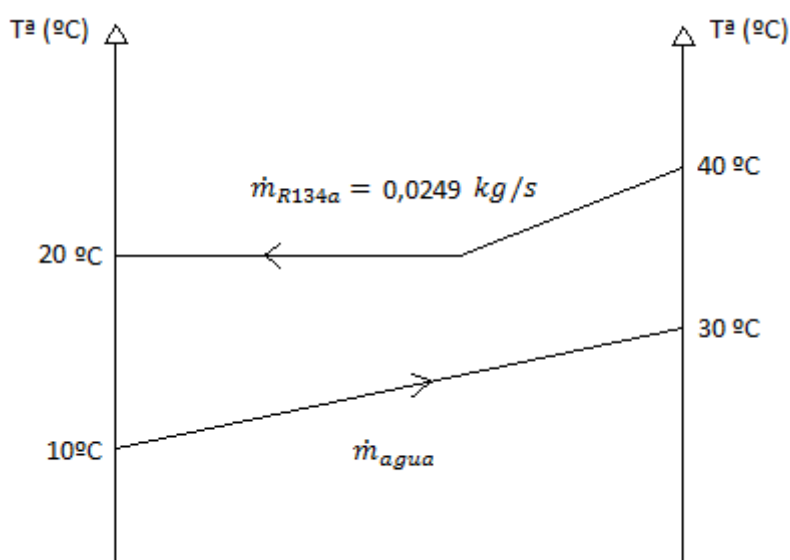


Ilustración 5: Diagrama de temperaturas del condensador

En cuanto a la línea de refrigerante, se conoce tanto la temperatura de entrada como la de salida del condensador, puntos 4 y 7 respectivamente del ciclo termodinámico del refrigerante recogido en el **“Anexo 1. Esquemas y diagramas”**.

En cuanto a la línea de agua, la temperatura de entrada es la que se seleccionará en la Chiller, la cual se establece un valor de 10°C y la temperatura de salida se considerará un valor estimado.

Se procede de la siguiente manera en el cálculo del balance energético:

$$\dot{Q}_{\text{Condensador}} = 4,9982 \text{ kW} = \dot{m}_{\text{agua}} \cdot C_{p,\text{agua}} \cdot \Delta T$$

Dónde:

- $\dot{m}_{agua} \equiv$ Flujo másico del agua [kg/s].
- $C_{p,agua} \equiv$ Calor específico del agua a presión constante [J/g·K].
- $\Delta T \equiv$ Diferencia de temperaturas del agua entre la entrada y salida del condensador [°C].

$$4,998 = \dot{m}_{agua} \cdot 4,18 \cdot (30 - 10);$$

$$\dot{m}_{agua} = 0,05978 \text{ kg/s}$$

Realizando una conversión de unidades a l/min para facilitar la búsqueda en los catálogos de fabricantes.

$$\dot{m}_{agua} = 0,0598 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ kg}} \cdot \frac{1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 3,588 \text{ l/min}$$

Por último, la presión del lado del refrigerante se obtiene del ciclo termodinámico del refrigerante recogido en el “**Anexo 1. Esquemas y diagramas**”, el cual posee un valor aproximado de 6 bar máximo.

Una vez calculados los datos de interés anteriormente citados, se selecciona el condensador, para ello se acude al fabricante italiano de intercambiadores ONDA. Escogiendo el modelo CEV 15, de carcasa y tubos. A continuación se muestran características y esquema en la Ilustración 6 y la Tabla 1.

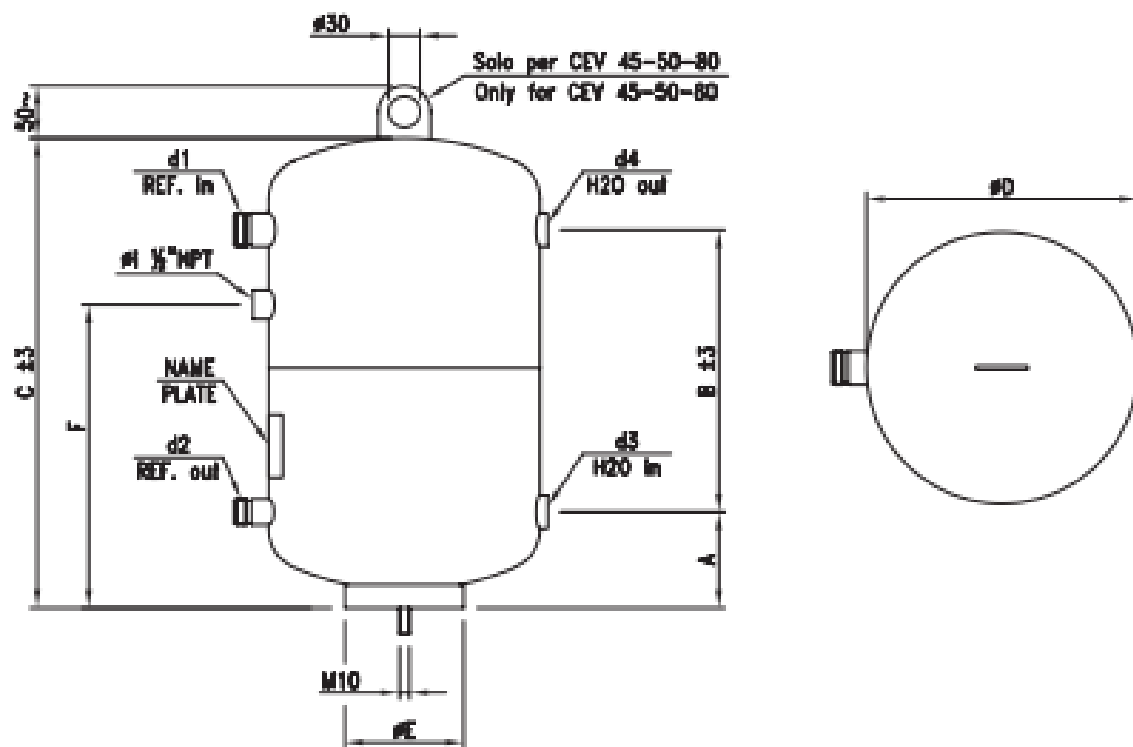


Ilustración 6: Esquema ONDA CEV 15

MODELLO / MODEL Codice articolo / Article code CE	CEV	15 F3900815
POTENZA / CAPACITY	kW	12,5
	Tons (RT)	3,6
PORTATA / Flow rate	m ³ /h	0,72
Aumento di temp. Acqua/ Water temp. gain	K	15
DP / Pressure drop	kPa	14,7
Volume lato refrigerante Refrigerant side volume	L	7,8
Volume lato acqua Water side volume		0,7
Dimensioni [mm] Dimensions	A	60
	B	210
	C	318
	D	200
	E	114
	F	208
Connessioni Connections	d1	RTLK 1"
	d2	RTLK 3/4"
	d3	G 1/2"
	d4	G 1/2"
Peso / Weight	kg	9

Tabla 1: Características ONDA CEV 15

3. REFERENCIAS

Cataluña, U. P. (2016). *Intercambiadores de calor*. Obtenido de http://www.epsem.upc.edu/intercanviadorsdecalor/castella/intercanviadors_calor.html

Comeval. (2006). *Intercambiadores de calor de placas*. Obtenido de http://www.comeval.es/pdf/cat_tec/intercambiadores/intercambiadores_A4_es p.pdf

Onda. (2016). *Evaporadores de carcasa y tubos*. Obtenido de <http://www.onda-it.com/ita/prodotti/shell-tube>

ANEXO 6: JUSTIFICACIÓN DE LA BOMBA DE REFRIGERANTE

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Desplazamiento positivo (Volumétricas).....	1
1.1.1 Bombas de émbolo	1
1.1.2 Bombas rotativas	2
1.1.3 Bombas de engranajes	2
1.1.4 Bombas de paletas	3
1.1.5 Bombas helicoidales	4
1.1.6 Bombas rotativas de émbolo.....	4
1.2 Rotodinámicas.....	5
1.2.1 Bombas centrífugas	5
2. BASES DE CÁLCULO	7
3. ELEMENTO SELECCIONADO	9
4. REFERENCIAS	11

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Bomba de émbolo.....	2
Ilustración 2: Bomba rotativa.....	2
Ilustración 3: Bomba de engranajes.....	3
Ilustración 4: Bomba de paletas.....	3
Ilustración 5: Bomba helicoidal.	4
Ilustración 6: Bomba rotativa de émbolo.....	5
Ilustración 7: Bomba rotativa de émbolo centrífuga.	5
Ilustración 8: Esquema bomba INJECTA VERSIÓN PISTÓN	10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características serie Taurus	9
---	---

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este anexo será la justificación de la bomba que hace circular al fluido refrigerante R134a.

Se define máquina hidráulica como una máquina que mueve o es movida por un fluido incompresible o que se comporta como tal. En el supuesto de que el fluido a mover sea un gas, mientras que la diferencia de presiones a la entrada y a la salida de la máquina no supere los 100 mbar se asegura que pertenece a una máquina hidráulica, en caso contrario estaríamos hablando de un compresor.

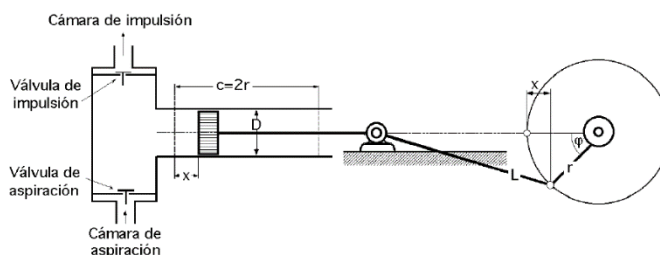
Las bombas pueden ser rotodinámicas o de desplazamiento positivo. La principal diferencia es la forma en la que bombean, las rotodinámicas generan el impulso a través de un movimiento rápido de rotación, es decir el fluido experimenta un cambio de velocidad variando su energía cinética. (Como las centrífugas), mientras que las de desplazamiento positivo generan el impulso a través de una compresión, el fluido queda retenido dentro de la bomba sufriendo un cambio de presión en su interior que será el causante del aumento de energía (Bombas de engranes, lóbulos, paletas. etc.). Estas últimas pueden generar presiones muchísimo mayores que las rotodinámicas.

Dentro de esta primera clasificación existen infinidad de tipos de bombas, a continuación se hace una breve descripción de alguna de ellas.

1.1 Desplazamiento positivo (Volumétricas)

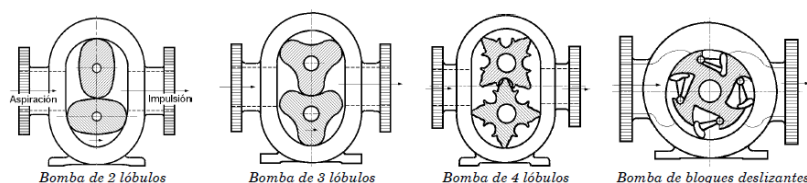
1.1.1 Bombas de émbolo

En las bombas de émbolo el líquido es desalojado de las cámaras de trabajo por el movimiento alternativo de un pistón, accionado por un mecanismo biela manivela, aunque también se pueden utilizar otros mecanismos, como levas, excéntricas, etc. Este tipo de bombas funcionan a bajas revoluciones, son capaces de elevar en gran medida la presión del fluido pero poseen caudales comedidos. Se diferencian en bombas de simple efecto y bombas de doble efecto, Ilustración 1.

**Ilustración 1: Bomba de émbolo.**

1.1.2 Bombas rotativas

El líquido se traslada en las cámaras de trabajo, debido al movimiento giratorio de los elementos móviles respecto a la parte fija o estator. En el estator se encuentran las cavidades de aspiración y de impulsión, el rotor es solidario al eje motriz. Además existen uno o varios elementos móviles que se desplazan realizando una serie de movimientos cíclicos respecto al rotor. Son reversibles, pudiendo trabajar como motor hidráulico si se le suministra líquido a presión. Trabajan a mayores revoluciones. Véase un ejemplo en la Ilustración 2.

**Ilustración 2: Bomba rotativa.**

1.1.3 Bombas de engranajes

Consisten en dos ruedas dentadas iguales ajustadas al cuerpo de la bomba o estator. El rotor es la rueda conductora mientras que el elemento desplazante es la conducida. Giran a elevada velocidad y pueden generar presiones de 100 y 150 atmosferas (Ilustración 3: Bomba de engranajes.).

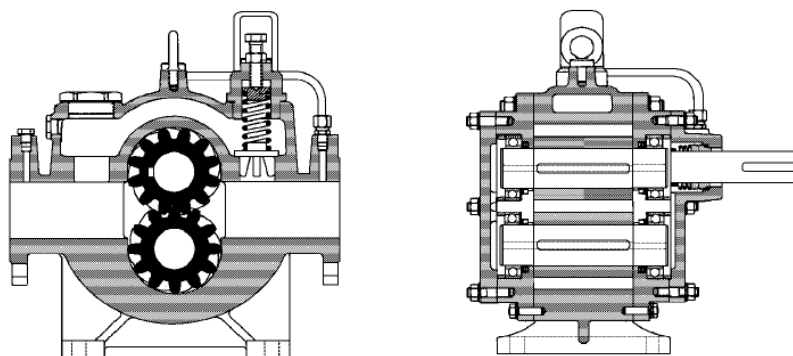


Ilustración 3: Bomba de engranajes.

1.1.4 Bombas de paletas

Consisten en un conjunto de cuatro o más aletas con cinemática plana radial, el rotor es un cilindro hueco con ranuras en las que oscilan o deslizan las aletas, que son los desplazadores. El rotor va dispuesto en forma excéntrica respecto a la superficie interior del estator que es cilíndrica, debido a lo cual, las aletas, durante la rotación del rotor, realizan movimientos alternativos o de vaivén respecto al rotor.

Bajo la acción de la fuerza centrífuga, las aletas se aprietan con sus extremos libres a la superficie interior del estator y deslizan por éste, al tiempo que los extremos interiores de dichas aletas se desplazan sobre el eje de giro. Permiten regular su volumen de trabajo modificando la excentricidad del rotor respecto al estator (Ilustración 4 Ilustración 4: Bomba de paletas.).

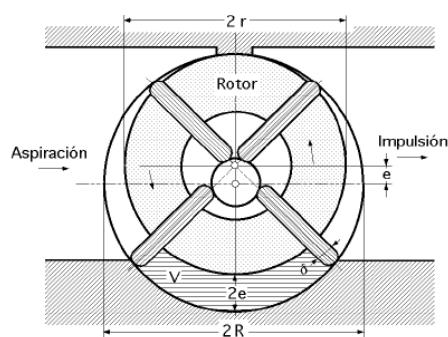


Ilustración 4: Bomba de paletas.

1.1.5 Bombas helicoidales

Este tipo pueden estar compuestas de uno o varios tornillos, el tornillo conductor posee un perfil convexo, mientras que en los conducidos es cóncavo. El perfil de los tornillos es tal que los conducidos se descargan completamente, accionados por el conductor que es el que realiza el trabajo de desplazamiento, actuando éste, al mismo tiempo, como rotor y como desplazador. Los tornillos conducidos desempeñan la misión de separar las cavidades de admisión e impulsión, pero sin desalojar al líquido. Estas bombas son capaces de generar presiones entre 100 y 200 atm y trabajan a revoluciones entre 3000 y 5000 rpm, véase un ejemplo en la Ilustración 5: Bomba helicoidal..

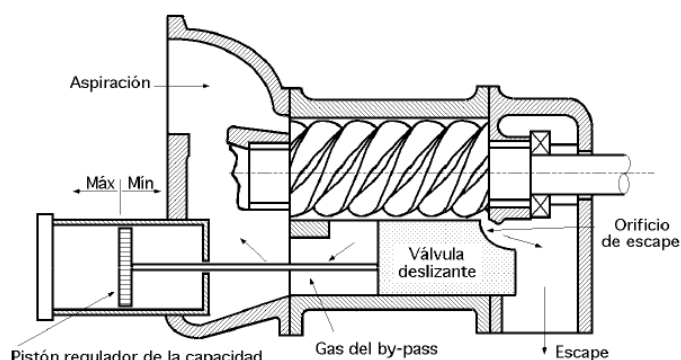
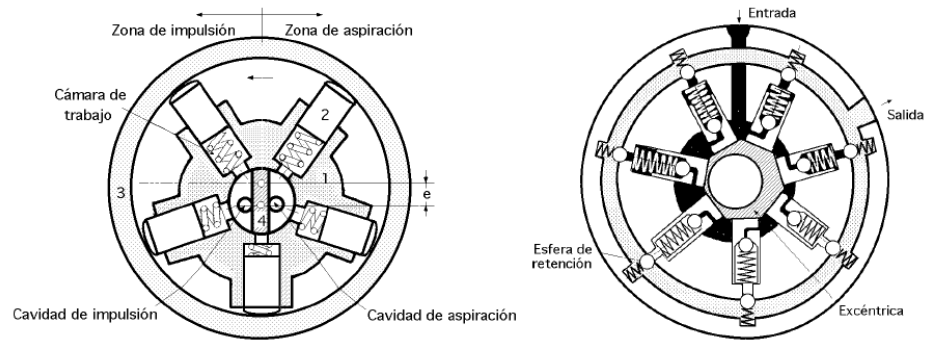


Ilustración 5: Bomba helicoidal.

1.1.6 Bombas rotativas de émbolo

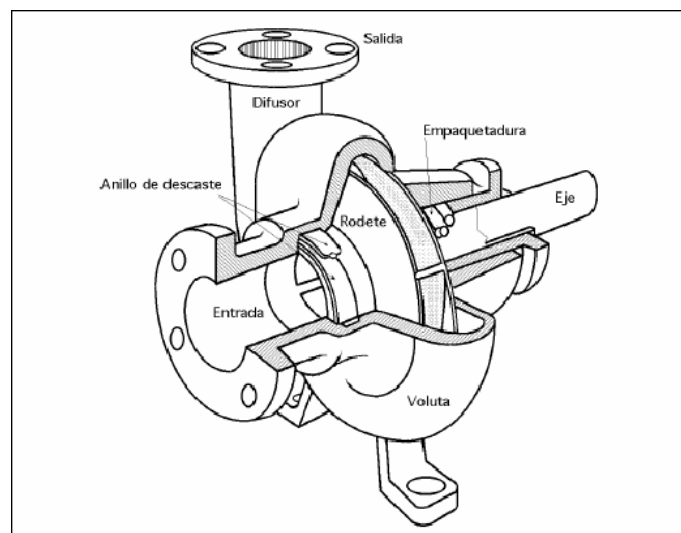
Se utilizan tanto con diseños de cinemática plana, con émbolos radiales, como con cinemática espacial, con émbolos axiales. Constan de un estator (Elemento 3), y un rotor (Elemento 1) que lleva una serie de alojamientos radiales cilíndricos, en los que encajan unos émbolos (Elemento 2) que desempeñan el papel de desplazadores, realizando a medida que gira el rotor, un movimiento de vaivén respecto a éste, al tiempo que sus extremos deslizan sobre la superficie interior del estator; a veces se sustituye el deslizamiento, por un balanceo de rodillos especiales, Ilustración 6 Ilustración 6: Bomba rotativa de émbolo.

**Ilustración 6: Bomba rotativa de émbolo**

1.2 Rotodinámicas

1.2.1 Bombas centrífugas

El agua entra por el centro y sale por la periferia casi radialmente, transforman la energía mecánica en energía cinética o de presión de un fluido incompresible. Actualmente son las bombas más utilizadas en el mercado, Ilustración 7.

**Ilustración 7: Bomba rotativa de émbolo centrífuga.**

2. BASES DE CÁLCULO

Para la instalación a la que va orientada esta selección de bomba se tendrán en cuenta las siguientes premisas.

- La bomba deberá soportar una presión entre 20 y 30 bares.
- El caudal de la misma tendrá que adaptarse al flujo de fluido refrigerante que circula por el ciclo.
- Deberá soportar medios agresivos tales como R134a.
- Estanqueidad suficiente para evitar fugas del refrigerante.

Las características del ciclo de diseño se pueden consultar en el **“Anexo 1. Esquemas y diagramas”**

Se procede al cálculo del caudal que deberá soportar la bomba. Se parte del flujo másico de refrigerante que circula por el ciclo.

$$\dot{m}_{R134a} = 0,0249 \text{ kg/s}$$

Para obtener el caudal basta multiplicar el flujo másico por la inversa de la densidad del fluido en las condiciones de aspiración de la misma. En este punto el flujo se encuentra en estado líquido saturado a 20 °C y la densidad correspondiente es:

$$\rho = 1225 \text{ kg/m}^3$$

Por lo tanto ya se puede calcular el caudal de la bomba sabiendo que el caudal $[m^3/s]$ es el producto del flujo de refrigerante $[kg/s]$ por la inversa de la densidad $[m^3/kg]$ del mismo en las condiciones de bombeo.

$$Q = \dot{m} \cdot \frac{1}{\rho} = 0,0249 \left[\frac{kg}{s} \right] \cdot \left(1,225 \left[\frac{kg}{dm^3} \right] \cdot \frac{10^3 dm^3}{1 m^3} \right)^{-1} = 2,0327 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

Pasando este valor a unidades de caudal (l/h) se queda

$$Q = 73,1755 \text{ l/h}$$

El caudal de la bomba es de 73,1755 l/h para las condiciones del ciclo de diseño, por lo que habrá que elegir una bomba con un caudal algo superior para asegurar el trabajo de la misma cuando se requiera caudales mayores. Además cabe destacar que se deberá elegir una bomba de pistón ya que es la más idónea para este caso, debido a que aporta alta presión y bajo caudal.

3. ELEMENTO SELECCIONADO

Una vez conocidos el caudal y la presión a la que tiene que elevar el fluido refrigerante, se procede a la selección de la bomba. Para ello se acude al fabricante italiano INJECTA y a la serie TAURUS, la cual posee una bomba modelo TP25030C. Entre otras características se trata de una bomba dosificadora de pistón (25 mm de recorrido), con cabezal en AISI 316 y que es capaz de ofrecer un caudal de 112 l/h. Para más información véase la Tabla 1. En la Ilustración 8 se puede ver el interior de la bomba seleccionada.

TP.25 VERSIÓN PISTÓN								
MODELOS	MODELOS	GOLPES/min	GOLPES/min	PRESIONES SS316	PVC	CONEXIONES	PESO SS316	PVC
TRIFÁSICO 0,18kW - MONOFÁSICO 0,25 kW								
TP25025A	25 mm	58	40,0 lt/h	20 bar	10 bar	3/8" g.f.	15,5 kg	14,1 kg
TP25025C	25 mm	116	80,0 lt/h	20 bar	10 bar	3/8" g.f.	15,5 kg	14,1 kg
TP25030A	30 mm	58	55,0 lt/h	20 bar	10 bar	3/8" g.f.	15,5 kg	14,1 kg
TP25030C	30 mm	116	112,0 lt/h	20 bar	10 bar	3/8" g.f.	15,5 kg	14,1 kg
TRIFÁSICO 0,37kW - MONOFÁSICO 0,55 kW								
TP25038A	38 mm	58	90,0 lt/h	20 bar	10 bar	1/2" g.f.	18,4 kg	15,6 kg
TP25038C	38 mm	116	180,0 lt/h	20 bar	10 bar	1/2" g.f.	18,4 kg	15,6 kg
TRIFÁSICO 0,55kW - MONOFÁSICO 0,75 kW								
TP25048A	48 mm	58	140,0 lt/h	20 bar	10 bar	1/2" g.f.	18,4 kg	15,6 kg
TP25048C	48 mm	116	284,0 lt/h	20 bar	10 bar	1/2" g.f.	18,4 kg	15,6 kg
TP25054A	54 mm	58	180,0 lt/h	15 bar	10 bar	1/2" g.f.	20,2 kg	15,6 kg
TP25054C	54 mm	116	365,0 lt/h	15 bar	10 bar	1/2" g.f.	20,2 kg	15,6 kg
TRIFÁSICO 0,75kW								
TP25064A	64 mm	58	250,0 lt/h	10 bar	10 bar	3/4" g.f.	21,3 kg	16,1 kg
TP25064C	64 mm	116	505,0 lt/h	10 bar	10 bar	3/4" g.f.	21,3 kg	16,1 kg
TP25076A	76 mm	58	365,0 lt/h	7 bar	7 bar	1" g.f.	28,2 kg	18,2 kg
TP25076C	76 mm	116	730,0 lt/h	7 bar	7 bar	1" g.f.	28,2 kg	18,2 kg
TP25089A	89 mm	58	495,0 lt/h	5 bar	5 bar	1" g.f.	30,4 kg	18,6 kg
TP25089C	89 mm	116	1000,0 lt/h	5 bar	5 bar	1" g.f.	30,4 kg	18,6 kg

Tabla 1: Características serie Taurus

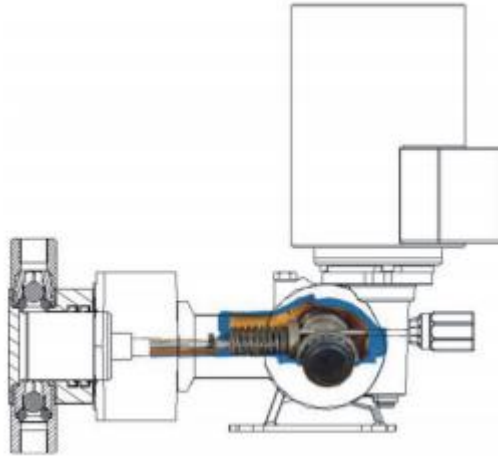


Ilustración 8: Esquema bomba INJECTA VERSIÓN PISTÓN

4. REFERENCIAS

- Fernández Díez, P. (s.f.). *Bombas Centrífugas y Volumétricas*. Obtenido de Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energetica. Universidad de Cantabria: http://www.ing.una.py/pdf_material_apoyo/bombas-centrifugas-y-volumetricas.pdf
- Injecta. (2016). *Bomba Dosificadora TP.25*. Obtenido de http://www.injecta.com/2.0/index.php?option=com_content&view=article&id=228&Itemid=248&lang=en
- Injecta. (s.f.). *Catalogo 2015*. Obtenido de <http://www.injecta.com/qrcode/ES/WaterTreatment.pdf>
- Luque Escamilla, P. L. (s.f.). *Apuntes de Máquinas e Instalaciones de Fluidos*. Universidad de Jaén.
- Zamora Parra, B., & Viedma Robles, A. (s.f.). *Problemas de Máquinas Hidráulicas*.

ANEXO 7: JUSTIFICACIÓN

MINI CHILLER

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. BASES DE CÁLCULO	3
2.1 Capacidad térmica.....	3
2.2 Temperatura.....	3
2.3 Caudal	3
3. MODELO SELECCIONADO	5
4. REFERENCIAS	7

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Elementos de una enfriadora.....	2
---	---

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este anexo será la justificación de la enfriadora de agua, o chiller. Este equipo es una máquina frigorífica cuyo objetivo consiste en enfriar un líquido, en este caso en particular agua. Esta agua ya enfriada pasará por el condensador del ciclo general consiguiendo un descenso de la temperatura y cambio de estado, de gas recalentado a líquido saturado, del refrigerante R-134a el cual también circulará por el condensador.

En cuanto a la descripción de los principales elementos que componen este aparato cabe destacar:

- **Compresor:** Se encarga de poner en circulación al refrigerante a través de los diferentes componentes del equipo. Éste succiona el gas refrigerante a baja temperatura y presión, comprimiéndolo, elevando así tanto la temperatura como la presión, hasta el punto de poder ser condensado.
- **Evaporador:** Proporciona una superficie para transferir calor del líquido a enfriar, agua, al refrigerante en condiciones de saturación, R-410a.
- **Condensador:** Extrae el calor del refrigerante y lo transfiere al ambiente. La pérdida de calor generada consigue que el refrigerante se condense.
- **Válvula termostática de expansión:** Controla el suministro del líquido refrigerante al evaporador. Además de vaporizar el refrigerante a la temperatura deseada.
- **Dispositivos y controles:** Conjunto de elementos encargados de dotar de las medidas de seguridad y control necesarias para proteger al equipo, además de poder configurar el mismo al funcionamiento deseado. Algunos de estos dispositivos y controles se nombran a continuación
 - Termostatos.
 - Presostatos de baja y alta presión.
 - Calefactor de Carter.

- Filtro deshidratador de succión y de líquido.
- Indicador de líquido.

A continuación se puede observar en la Ilustración 1 una imagen de una enfriadora de agua, más concretamente del modelo que se ha sido seleccionado.

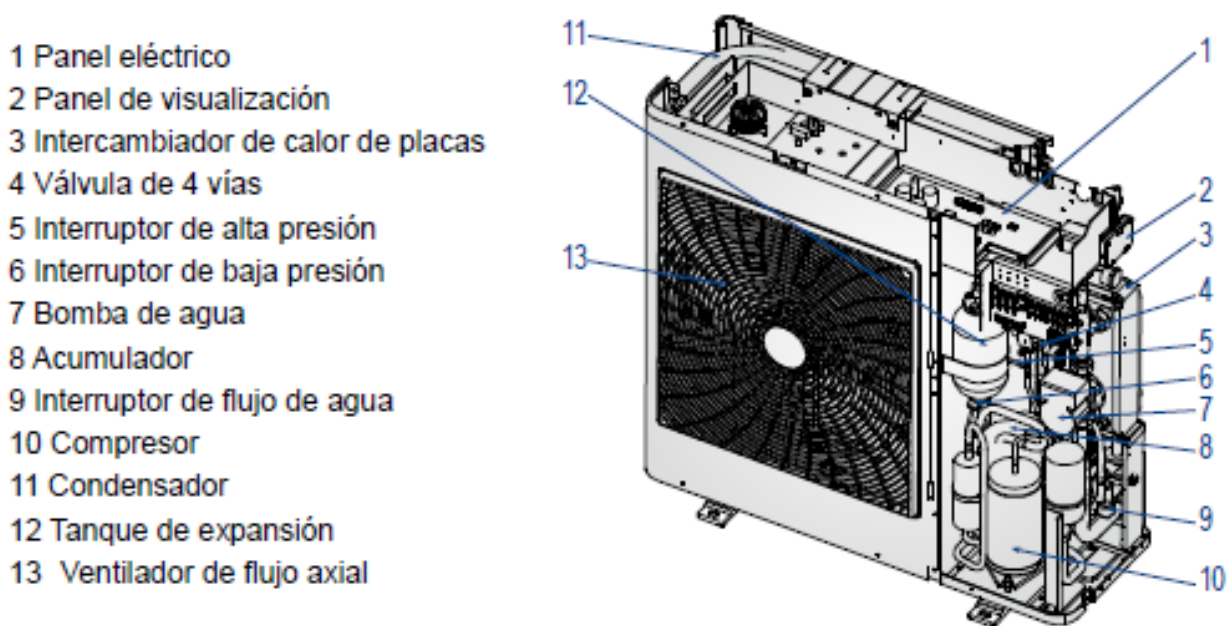


Ilustración 1: Elementos de una enfriadora

2. BASES DE CÁLCULO

Para el cálculo de las necesidades se deben de tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Capacidad térmica que se necesita.
- Temperatura a la cual es capaz de bajar el agua.
- Caudal que es capaz de circular por el circuito de agua de la instalación general.

A continuación se procede al cálculo detallado de los tres puntos comentados.

2.1 Capacidad térmica

La capacidad térmica que se necesita viene dada por el calor que ha de extraer el condensador, el cual es de 4,9982 kW, redondeando se ha de elegir un equipo con una capacidad térmica de 5 kW.

2.2 Temperatura

En cuanto a la temperatura del agua a la entrada de la chiller se fijará un valor de 30 °C aproximadamente, temperatura ambiente.

La temperatura de salida del agua de la Chiller puede variarse dentro de un rango indicado y por norma general llegan hasta 5°C antes de que la protección frente a congelación se active. Se fija un valor de 10 °C para realizar la selección.

2.3 Caudal

Se procede al cálculo y dimensionamiento necesario que ha de poseer la bomba circuladora instalada en la chiller. Para ello se parte del calor que ha de

extraer el condensador y a partir de este valor obtener el caudal del agua necesario conociendo la variación de temperatura que sufrirá el agua.

$$\dot{Q}_{Condensador} = \dot{m}_{agua} \cdot C_{p,agua} \cdot \Delta T$$

Siendo:

- $\dot{Q}_{Condensador} \equiv$ Calor del refrigerante, R-134a, que extrae el condensador [kW].
- $\dot{m}_{agua} \equiv$ Flujo de agua que necesita aportar la bomba de agua para mantener las condiciones de diseño [kg/s].
- $C_{p,agua} \equiv$ Calor específico del agua [J/g·K].
- $\Delta T \equiv$ Diferencial de temperatura que debe experimentar el agua entre la entrada y salida de la chiller [K].

Se fija un calor específico del agua de 4,1813 [J/g·K], valor correspondiente a 25 °C.

$$4,9982 [kW] = \dot{m}_{agua} \left[\frac{kg}{s} \right] \cdot 4,1813 \left[\frac{J}{g \cdot K} \right] \cdot \frac{1 kJ}{10^3 J} \cdot \frac{10^3 g}{1 kg} \cdot (30 - 10)[K];$$

$$\dot{m}_{agua} = 0,0598 kg/s$$

Se realiza una conversión de unidades a l/min para facilitar la búsqueda en los catálogos de fabricantes.

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad ; \quad \left[\frac{m^3}{s} \right] = \left[\frac{kg}{s} \right] \cdot \left[\frac{m^3}{kg} \right]$$

$$Q_{agua} = 0,0598 \frac{kg}{s} \cdot \frac{1 m^3}{1000 kg} \cdot \frac{1000 dm^3}{1 m^3} \cdot \frac{60 s}{1 min} = 3,588 l/min$$

3. MODELO SELECCIONADO

El modelo que más se aproxima a las necesidades descritas anteriormente coincide con la MINI ENFRIADORA INVERTER H4, MUENR-H4 5 kW del fabricante Mundoclima - Salvador Escoda.

Este modelo posee una capacidad térmica de 5 kW que coincide con la capacidad térmica más pequeña que se comercializa en catálogos de enfriadoras.

Por otra parte, el rango de caudal de agua que puede hacer circular la bomba de la enfriadora fluctúa entre 0,77 m³/h y 0,95 m³/h. El valor de caudal que se necesita es de 0,2153 m³/h por lo que se encuentra fuera del valor mínimo de caudal que es capaz de suministrar la bomba. Esto no es un problema ya que en todo caso circulará un caudal superior, dicho caudal disiparía el calor cedido por el refrigerante R-134a del condensador más rápidamente.

En modo refrigeración, la mínima temperatura a la cual se puede configurar el termostato para el arranque del compresor es de 10 °C, aunque ésta posee una histéresis de 3 °C por lo que se puede bajar la temperatura del agua de diez grados a 5 °C. No conviene llegar a temperaturas de 4 °C ya que la protección anticongelante del sistema (Pb) se activaría.

4. REFERENCIAS

Arkigráfico. (2016). *Los Chillers*. Obtenido de <http://www.arkigrafico.com/los-chillers-sistemas-de-enfriamiento-ideal-para-grandes-espacios/>

Celsius, R. C. (2014). *Chillers, Aspectos Técnicos*. Obtenido de <https://www.0grados.com/chillers-aspectos-tecnicos/>

Daikin. (2016). *Enfriadoras Condensadas por Agua*. Obtenido de <http://www.daikin.es/area-de-profesionales/climatizacion-industrial/enfriadoras/enfriadoras-condensadas-por-agua/>

Escoda, S. (s.f.). *Catálogo de Productos e Información Técnica*. Obtenido de <http://www.salvadorescoda.com/tecnico/mundoclima/>

**ANEXO 8: JUSTIFICACIÓN DE LA CARGA
DE REFRIGERANTE**

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. BASES DE CÁLCULO	1
2.1 Tramo 1	4
2.2 Tramo 2	5
2.3 Condensador	6
2.4 Tramo 3	7
2.5 Tramo 4	8
2.6 Evaporador	9
2.7 Resumen	10
3. CARGA EXPERIMENTAL	11
4. REFERENCIAS	11

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valor de secciones internas de tuberías, colectores y capilar.....	2
Tabla 2: Características de elementos en tramo 1.....	4
Tabla 3: Propiedades del refrigerante a 20 bares de presión.	5
Tabla 4: Características de elementos en tramo 2.....	6
Tabla 5: Características en el condensador.....	7
Tabla 6: Características de elementos en tramo 3.....	7
Tabla 7: Propiedades del refrigerante a 20 °C de temperatura.	8
Tabla 8: Características de elementos en tramo 4.....	8
Tabla 9: Características en el evaporador.	9
Tabla 10: Carga refrigerante por tramo.....	10

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anexo radica en el estudio de la carga de gas refrigerante que ha de contener el circuito para poder asegurar el funcionamiento óptimo de la máquina. Para ello se habrá de realizar un estudio del volumen interno que posee la instalación completa y a raíz de esto, asignar para cada tramo el valor de densidad correspondiente del refrigerante, obteniendo así mediante cálculos los kilogramos de gas refrigerante que se habrán de introducir en la máquina.

2. BASES DE CÁLCULO

Como ya se ha mencionado en la introducción, se divide la instalación de gas refrigerante en tramos en los que éste posea teóricamente las mismas características. Por lo que quedaría tal y como se muestra a continuación:

- Tramo 1: Salida evaporador – Salida capilar (Turbina)
- Tramo 2: Salida capilar (Turbina) -- Entrada condensador
- Condensador
- Tramo 3: Salida condensador – Aspiración bomba refrigerante
- Tramo 4: Impulsión bomba refrigerante – Entrada evaporador
- Evaporador

Antes de comenzar a analizar cada tramo se calcularán las secciones que poseen las tuberías de $\frac{1}{2}$ ", tubería de $\frac{3}{8}$ " y colectores. Puede consultarse en la Tabla 1.

Tubería de ½"

Los rollos de cobre de frío industrial de ½" poseen un diámetro exterior de 12,7 mm y un espesor de pared de 0,8 mm, por lo que el diámetro por donde circula el refrigerante posee un diámetro de 11,1 mm.

Tubería de 3/8"

De igual forma, la tubería de frío industrial instalada en la máquina de 3/8" tiene un diámetro exterior de 9,52 mm y el mismo espesor 0,8 mm, por lo que el diámetro interno es de 7,92 mm.

Capilar

El capilar posee una longitud de 15 metros y un diámetro interno de 0,8 mm y un espesor de pared de 2 mm.

Colector

Los colectores están contruidos con 30 cm, de longitud, de tubo 1-5/8" a excepción del colector del tramo 1 que posee una longitud de 35 cm e igual diámetro. Por lo que el diámetro exterior pasado a milímetros corresponde a 41,27 mm. Por lo tanto, sabiendo que el grueso de pared es de 1,25 mm se tiene un diámetro interno de 38,77 mm.

Elemento	Área (m²)
Tubería ½"	$9,6769 \cdot 10^{-5}$
Tubería 3/8"	$4,9265 \cdot 10^{-5}$
Capilar	$5,0265 \cdot 10^{-7}$
Colector	$1,1805 \cdot 10^{-3}$

Tabla 1: Valor de secciones internas de tuberías, colectores y capilar.

Para calcular la sección recurriremos a la fórmula del área de un círculo:

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

Siendo:

- A : Área interna del elemento de estudio [m^2]
- π : Número Pi.
- d : Diámetro interior del elemento de estudio [m]

Una vez conocida la sección, multiplicando por la longitud se halla el volumen de refrigerante que ha de circular por los diferentes tramos.

$$V = A \cdot L$$

Siendo:

- V : Volumen del tramo de estudio [m^3].
- A : Sección interna del elemento de estudio [m^2].
- L : Longitud del elemento de estudio [m].

Conociendo ahora la densidad que ha de poseer el refrigerante en cada tramo y multiplicando por el volumen de dicho tramo se tiene la masa de refrigerante que ha de poseer este tramo de la instalación:

$$m = \rho \cdot V$$

Siendo:

- m : Masa de refrigerante a introducir en el tramo de estudio [kg].
- ρ : Densidad del refrigerante en el tramo de estudio. Dicha densidad se obtiene como la inversa del volumen del diagrama P-h del refrigerante R-134a que se encuentra en el **“Anexo 1. Esquemas y diagramas”** $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$.
- V : Volumen del tramo de estudio [m^3].

Realizando el estudio de todos los tramos descritos anteriormente se puede conocer la carga de refrigerante que se ha de introducir para el funcionamiento correcto de la máquina.

2.1 Tramo 1

A continuación en la Tabla 2 Tabla 2: Características de elementos en tramo 1., se recogen para cada elemento del tramo 1 las secciones internas, longitud y volumen.

En este tramo se tiene en cuenta el ramal con las tres llaves de paso así como del ramal que posee el capilar.

Elemento	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)
Tubería ½"	$9,6769 \cdot 10^{-5}$	2,3	$2,2257 \cdot 10^{-4}$
Capilar	$5,0265 \cdot 10^{-7}$	15	$7,5398 \cdot 10^{-6}$
Colector	$1,1805 \cdot 10^{-3}$	0,35	$4,1318 \cdot 10^{-4}$
TOTAL			$6,4329 \cdot 10^{-4}$

Tabla 2: Características de elementos en tramo 1.

Las propiedades del refrigerante oscilan entre el punto de vapor saturado (Punto 3 en diagrama) y el punto de salida del capilar (Punto 4 en diagrama). Por lo que el valor de densidad que se establecerá para realizar los cálculos será la media de ésta entre ambos puntos.

En la Tabla 3: Propiedades del refrigerante a 20 bares de presión. se recoge el valor de la densidad del punto 3 según el diagrama de refrigerante, que posee un valor de $107,49 \text{ kg/m}^3$. La densidad en el punto 4 posee un valor de 20 kg/m^3 (Inversa del volumen específico $0,05 \text{ m}^3/\text{kg}$ en el punto 4). Por lo que haciendo una media se obtiene un valor de densidad de $63,745 \text{ kg/m}^3$ para realizar los cálculos en este tramo.

SOLKANE®

134a

t_c 101,06 °C

p_c 40,59 bar

v_c 1,954 dm³/kg

Datos de materiales

☐ Temperatura

t °C

67,48

Inicio

☒ Presión

p bar

20,00

$t_s = 67,48^\circ\text{C}$

Zona de vapor húmedo

p	t	ρ'	ρ''	v'	v''	h'	h''	r	s'	s''
bar	°C	kg/dm³	kg/m³	dm³/kg	dm³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK
20,00	67,48	1,011	107,49	0,989	9,30	299,81	428,32	128,51	1,3212	1,6977

Tabla 3: Propiedades del refrigerante a 20 bares de presión.

$$m = \rho \cdot V = 63,745 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot 6,4329 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3] = 0,041 \text{ kg}$$

En este primer tramo se necesita 0,041 kg de refrigerante R-134a.

2.2 Tramo 2

A continuación en la Tabla 4: Características de elementos en tramo 2. se recogen para cada elemento del tramo 2 las secciones internas, longitud y volumen.

Elemento	Área (m²)	Longitud (m)	Volumen (m³)
Tubería 3/8"	$4,9265 \cdot 10^{-5}$	2,6	$1,2809 \cdot 10^{-4}$
Colector	$1,1805 \cdot 10^{-3}$	0,6	$7,083 \cdot 10^{-4}$
TOTAL			$8,3639 \cdot 10^{-4}$

Tabla 4: Características de elementos en tramo 2.

En este tramo de instalación el valor de densidad es la que corresponde al punto 4 del ciclo de diseño y posee un valor de 20 kg/m^3 (Inversa del volumen específico $0,05 \text{ m}^3/\text{kg}$ en el punto 4).

$$m = \rho \cdot V = 20 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot 8,3639 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3] = 0,0167 \text{ kg}$$

Se necesitan $0,0167 \text{ kg}$ en esta parte de la instalación. Estos dos primeros tramos necesitan muy poca cantidad de refrigerante ya que se encuentra en estado gas.

2.3 Condensador

En el condensador, el refrigerante entra con una densidad de 20 kg/m^3 (Punto 4 del ciclo de diseño en el diagrama P-h) y sale con una densidad de $1,225 \text{ kg/dm}^3$ (Punto 6), por lo que obteniendo el valor promedio de densidad ($622,5 \text{ kg/m}^3$) y realizando los cálculos se obtiene la masa de refrigerante que ha de circular por el

mismo. Así con este procedimiento, se obtiene de una forma aproximada la carga que se necesita sin entrar en un cálculo tedioso.

El condensador posee unos 7,8 litros de capacidad entre la carcasa y los tubos, puede consultarse en el **“Anexo 5. Justificación del condensador”**.

<i>Densidad (kg/m³)</i>	<i>Volumen (m³)</i>	<i>Carga de refrigerante (kg)</i>
622,5	$7,8 \cdot 10^{-3}$	4,856
TOTAL		4,856

Tabla 5: Características en el condensador.

2.4 Tramo 3

En la Tabla 6 se recogen las características de los elementos para el tramo 3.

<i>Elemento</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Volumen (m³)</i>
Tubería 3/8"	4,9265·10 ⁻⁵	2,2	1,0838·10 ⁻⁴
Colector	1,1805·10 ⁻³	0,3	3,5415·10 ⁻⁴
Depósito			7,5·10 ⁻³
TOTAL			7.9625·10 ⁻³

Tabla 6: Características de elementos en tramo 3.

En este tramo de la instalación se encuentra instalado el depósito de 15 litros de capacidad, la misión de éste es asegurar un caudal de líquido constante a la aspiración de la bomba por lo que no es necesario llenar de refrigerante la totalidad del mismo, se introducirá justo hasta la mitad de su capacidad, $7,5 \text{ dm}^3$.

Gracias al visor de líquido instalado en el depósito se podrá comprobar el nivel del mismo una vez realizada la carga completa de la instalación.

De nuevo, mediante el programa Solkane se obtienen las propiedades del refrigerante fijando en este caso la temperatura de condensación que según el ciclo de diseño representado en el diagrama P-h sería de 20 °C, véase Tabla 7: Propiedades del refrigerante a 20 °C de temperatura..

t_c 101,06 °C
 p_c 40,59 bar
 v_c 1,954 dm³/kg

Datos de materiales

☒ Temperatura

t °C

20,00

$p_s =$ 5,72bar

Inicio

☐ Presión

p bar

5,72

Zona de vapor húmedo

t	p	ρ'	ρ''	v'	v''	h'	h''	r	s'	s''
°C	bar	kg/dm³	kg/m³	dm³/kg	dm³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK
20,00	5,72	1,225	27,78	0,816	35,99	227,59	409,61	182,02	1,0960	1,7176

Tabla 7: Propiedades del refrigerante a 20 °C de temperatura.

El valor de densidad a tener en cuenta es de 1,225 kg/dm³.

$$m = \rho \cdot V = 1,225 \left[\frac{kg}{dm^3} \right] \cdot \frac{10^3 dm^3}{1 m^3} \cdot 7,9625 \cdot 10^{-3} [m^3] = 9,7541 kg$$

9,7541 kg es la carga de refrigerante que se necesita en este tramo, es una carga tan grande porque el refrigerante en esta parte se encuentra en estado líquido.

2.5 Tramo 4

Elemento	Área (m²)	Longitud (m)	Volumen (m³)
Tubería ½"	$9,6769 \cdot 10^{-5}$	2,97	$2,874 \cdot 10^{-4}$
Colector	$1,1805 \cdot 10^{-3}$	0,6	$7,083 \cdot 10^{-4}$
TOTAL			$9,8893 \cdot 10^{-4}$

Tabla 8: Características de elementos en tramo 4.

La densidad aquí es la misma que en el tramo 3 debido a que la línea de densidad constante en el diagrama P-h del refrigerante R-134a es prácticamente vertical, por lo que no existe variación de ésta antes ni después de ser bombeado el refrigerante. Para consultar las propiedades ir a la Tabla 7: Propiedades del refrigerante a 20 °C de temperatura..

$$m = \rho \cdot V = 1,225 \left[\frac{kg}{dm^3} \right] \cdot \frac{10^3 dm^3}{1 m^3} \cdot 9,8893 \cdot 10^{-4} [m^3] = 1,2114 kg$$

Se necesitan 1,2114 kg de refrigerante R-134a.

2.6 Evaporador

Para hallar la carga de refrigerante que necesita el evaporador, bastará con conocer el volumen interno de los tubos que lo componen, por los que circulará el gas refrigerante. Para ello, se toma dicho valor de la tabla 4 del “**Anexo 3. Justificación del evaporador**”, sabiendo que el modelo es el ONDA MPE 35. Se tiene un volumen de 5 litros.

A continuación, es sabido que el refrigerante entra al evaporador con una densidad de 1,225 kg/dm³ y sale con una densidad de 107,49 kg/m³. De nuevo utilizando el valor promedio se realiza un cálculo trivial, Tabla 9.

Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Carga de refrigerante (kg)
666,245	5·10 ⁻³	3,331
TOTAL		3,331

Tabla 9: Características en el evaporador.

Se necesitan 3,331 kg de refrigerante para este elemento del circuito.

2.7 Resumen

En la Tabla 10 Tabla 10: Carga refrigerante por tramo. se recogen los valores de la carga necesaria por tramos a introducir en la instalación, así como la carga total.

<i>Elemento</i>	<i>Carga refrigerante (kg)</i>
Tramo 1	0,041
Tramo 2	0,0167
Condensador	4,856
Tramo 3	9,7541
Tramo 4	1,2114
Evaporador	3,331
TOTAL	19,2102

Tabla 10: Carga refrigerante por tramo.

3. CARGA EXPERIMENTAL

Según los cálculos anteriores, la carga total de refrigerante que ha de introducirse en la máquina para su funcionamiento es de 19,2102 kg. Sin embargo, como los cálculos del evaporador y condensador se han realizado con un valor promedio de densidad, ya que se desconoce el punto exacto donde deja de haber líquido y pasa a ser vapor en el evaporador y viceversa en el condensador, se procede a introducir refrigerante hasta que el visor del depósito marca la mitad de la capacidad, punto en el cual se tiene 15,43 kg.

Se procede a realizar los ensayos correspondientes, y si en un caso no se consiguieran que los diferentes elementos de control muestren los valores deseados, según ciclo de diseño, se seguirá introduciendo más refrigerante.

Quizás esta cantidad pueda resultar algo excesiva si es comparada con la carga que incorporan los equipos de refrigeración, los cuales siguen un ciclo de refrigeración por compresión, pero la diferencia radica en que en éstos se comprime gas mediante un compresor y en el ciclo ORC se bombea líquido con lo cual existe una gran diferencia en los kilogramos de carga de refrigerante.

4. REFERENCIAS

Pecomark. (2016). *Catálogo 2016*. Obtenido de <http://www.pecomark.com/cataleg/latest/>

ANEXO 9: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 INTERRUPTOR GENERAL	1
1.2 INTERRUPTOR DIFERENCIAL (ID)	1
1.3 INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO	2
1.4 GUARDAMOTOR	2
1.5 FUENTE DE ALIMENTACIÓN	2
1.6 VARIADOR DE FRECUENCIA	3
1.7 CONTACTOR	3
1.8 RELÉ DE MANIOBRA	3
1.9 ELEMENTOS VARIOS DE MONTAJE	3
2. SELECCIÓN DE ELEMENTOS	5
2.1 Interruptor general	5
2.2 Interruptor diferencial	6
2.3 Interruptor magnetotérmico	6
2.4 Guardamotor	6
2.5 Fuente de alimentación	6
2.6 Variador de frecuencia	7
2.7 Contactor	7
2.8 Relé de maniobra	7
2.9 Sección de cables	7
3. FUNCIONAMIENTO DE COMPONENTES	9
4. INTERPRETACIÓN DE ESQUEMAS	11
5. REFERENCIAS	11

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Receptores eléctricos	5
Tabla 2: Secciones de cables.....	8

1. INTRODUCCIÓN

En este anexo, se aborda toda la instalación eléctrica necesaria para el funcionamiento de la máquina, así como el diseño del cuadro eléctrico.

Para comenzar se hablará de los diferentes elementos que se han de instalar con el fin de comprender mejor el funcionamiento y la necesidad de introducir dichos componentes en la instalación.

1.1 INTERRUPTOR GENERAL

Es un dispositivo que tiene como finalidad controlar que la demanda de la potencia de los aparatos eléctricos conectados a la instalación no supere la potencia calculada.

Cuando los aparatos conectados a la instalación demandan una potencia superior a la calculada, éste se desconecta automáticamente dejando dicha instalación sin servicio.

1.2 INTERRUPTOR DIFERENCIAL (ID)

Un interruptor diferencial es un dispositivo electromecánico cuya finalidad radica en proteger a las personas de los contactos directos e indirectos provocados por el contacto con partes activas de la instalación (contacto directo) o con elementos sometidos a potencial debido, por ejemplo, a una derivación por falta de aislamiento de partes activas de la instalación (contacto indirecto).

El interruptor diferencial desconectará el circuito en cuanto exista una derivación o defecto a tierra mayor que su sensibilidad.

1.3 INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO

El interruptor magnetotérmico es un dispositivo que protege la instalación contra sobrecargas y cortocircuitos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

1.4 GUARDAMOTOR

Un guardamotor es un interruptor magnetotérmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobreintensidades transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores. Su curva característica se denomina D o K.

Las características principales de los guardamotores son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas, cortocircuitos y falta de fases del motor. Además, los guardamotores son regulables en cuanto a intensidad se refiere.

1.5 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación es un dispositivo que convierte la corriente alterna en corriente continua con posibilidad de fijar diferentes valores de tensión, que alimentan circuitos del aparato electrónico al que se conecta.

1.6 VARIADOR DE FRECUENCIA

Un variador de frecuencia es un elemento cuya finalidad radica en el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna, actuando sobre la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

1.7 CONTACTOR

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente en circuitos de potencia, en función de si se alimenta o no la bobina.

1.8 RELÉ DE MANIOBRA

El relé es un dispositivo electromagnético, funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Éstos se utilizan en circuitos de maniobra.

1.9 ELEMENTOS VARIOS DE MONTAJE

En la ejecución de la instalación eléctrica además de los elementos anteriormente descritos se necesita otros elementos como pueden ser:

- Armario eléctrico
- Placa de montaje
- Canaleta eléctrica
- Cables de diferentes secciones
- Manetas de maniobra
- Pilotos luminosos de señalización
- Seta de emergencia
- Canaleta ciega

- Clemas de conexión
- Maguito de rotulación
- Conexión macho CETAC 3F+N+T 16 A
- Etc.

2. SELECCIÓN DE ELEMENTOS

Para seleccionar los elementos eléctricos se ha de realizar un estudio previo de la potencia máxima prevista para esta instalación.

Los receptores eléctricos que se instalan en la máquina se recogen en la Tabla 1.

<i>Elemento</i>	<i>Tensión (V)</i>	<i>Intensidad (I)</i>	<i>Número de fases</i>	<i>Potencia (kW)</i>
Bomba refrigerante	230/400	1.26/0,73	3 (Triángulo)	0,25
Enfriadora o chiller	220-240	14,6	1N	2,8
Llave cortafuegos	230	0,013	1N	0,003
Potencia total				3,053

Tabla 1: Receptores eléctricos

Una vez conocida la potencia total, 3,053 kW, se procede a la selección de todos los elementos.

A parte de los elementos anteriormente mencionados, se han de instalar un presostato de alta, otro presostato de baja, un termostato y un futuro caudalímetro. A continuación se entra en detalle en cada uno de estos elementos.

2.1 Interruptor general

Se selecciona el interruptor automático modelo ABB SH 203-C 25 NA con capacidad para 16500 W, en previsión de futuras ampliaciones del banco de ensayos y por trabajar con cargas monofásicas que en el caso de la chiller asciende a 14,6 A por fase.

2.2 Interruptor diferencial

Para el interruptor diferencial se fija el modelo ABB F204 AC-40/0,03. Siendo la intensidad nominal de 40 A y la sensibilidad de 30 mA, la recomendada por el reglamento electrotécnico de baja tensión. Como norma, el interruptor diferencial se selecciona de una intensidad nominal igual o superior a la del interruptor general.

2.3 Interruptor magnetotérmico

Para el circuito de maniobra se selecciona un magnetotérmico de 6 A, suficiente para la alimentación de los elementos de maniobra y control, así como la fuente de alimentación instalada para acoplar un futuro caudalímetro. Siendo el modelo ABB SH201-NA.

2.4 Guardamotor

En base a los datos de la Tabla 1, se seleccionan los guardamotores de la bomba de refrigerante y de la chiller. Para el primer caso se selecciona el modelo ABB MS116-2.5, con regulación de 1.6 a 2.5 A. Para la chiller se escoge el ABB MS116-20, el cual permite un rango de ajuste frente a intensidad entre 16 y 20 A.

2.5 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación se instala de 24 V y 5 A ya que la mayoría de los caudalímetros consultados trabajan en estos rangos.

El modelo de ésta es ABB CP-E 24/5.0.

2.6 Variador de frecuencia

Para poder conseguir diferentes caudales en el circuito de refrigerante se instala un variador de frecuencia acorde a la potencia de la bomba para poder realizar diferentes ensayos.

El modelo es ABB ACS-150 (0,37 a 4 kW)

2.7 Contactor

Contactor modelo ABB AF09-30-10-13 con bobina de 100-250 V. Con intensidad nominal suficiente para los receptores a alimentar.

2.8 Relé de maniobra

Relé de maniobra con juegos de contactos conmutados con arreglo a las necesidades de la instalación. Modelo ABB CR-M Range.

2.9 Sección de cables

A continuación en la Tabla 2 se puede consultar las secciones de cables requeridos para la instalación de los diferentes elementos eléctricos.

<i>Elemento</i>	<i>Sección</i>	<i>Intensidad (A)</i>
Motor bomba refrigerante	4x1,5 mm ²	13,5
Presostatos	2x1 mm ²	10
Termostato	3x1,5 mm ²	13
Enfriadora o chiller	3x4 mm ²	23
Llave cortafuegos	3x1,5 mm ²	13
Alimentación general	5x6 mm ²	36

Tabla 2: Secciones de cables

La intensidad que se refleja en la Tabla 2 corresponde a la intensidad admisible (A) al aire a 40 °C que establece el ITC-BT-19.

(ABB)

(Tecnología, pág. 4)

3. FUNCIONAMIENTO DE COMPONENTES

En este apartado se pretende explicar la maniobra que realizan los elementos eléctricos.

El variador de frecuencia regula la velocidad del pistón de la bomba de refrigerante, modificando así el caudal que es capaz de hacer circular por la instalación. Esto se consigue cambiando la frecuencia del motor.

El presostato de alta actúa parando la bomba de refrigerante cuando la presión en el colector 1, salida del evaporador, supera los 20 bares fijados. El fin radica en no superar valores máximos admitidos por las tuberías ni la presión de trabajo máxima de la bomba, ya que ésta como máximo puede trabajar a 20 bares. Este presostato es de rearme automático para que en el momento en que la presión baje del punto fijado vuelva a arrancar la bomba automáticamente.

El presostato de baja funciona parando todos los elementos cuando la presión en la instalación sea inferior a 2 bares, su fin es detectar si se ha producido una fuga de refrigerante evitando que la bomba funcione en vacío. Este presostato es de rearme manual, con objeto de impedir el funcionamiento de la instalación hasta que se subsane el problema que ocasionó la pérdida de refrigerante.

El termostato existente en el colector 1, salida del evaporador, aparte de facilitar el valor de la temperatura en dicho punto, controla la llave cortafuegos cuando la temperatura supere el valor de consigna asignado, derivando el flujo de aire caliente, proveniente en este caso del túnel de secado, directamente al exterior sin pasar por el evaporador. Cuando la temperatura descienda de este valor, automáticamente se cerrará y el flujo de aire pasará de nuevo por el interior del evaporador. La llave es todo o nada, por lo que solo posee dos estados abierta o cerrada.

El funcionamiento de la chiller es bastante complejo, ya que posee muchos tipos de protecciones, por lo que para consultar más en detalle dicho funcionamiento, así como alarmas y configuración se aconseja leer la ficha técnica correspondiente.

4. INTERPRETACIÓN DE ESQUEMAS

Los esquemas eléctricos se dividen en dos, circuito de potencia y circuito de maniobra y control. Los esquemas se componen de cuatro hojas, la primera corresponde al circuito de potencia y el resto al circuito de maniobra y control.

En las hojas correspondientes al circuito de maniobra y control, se disponen diez columnas ordenadas del cero al nueve para facilitar la identificación de los conductores.

Como norma para la rotulación de los cables en el circuito de maniobra se ha seguido el siguiente procedimiento:

- Primer dígito: Hace referencia al número de hoja del esquema situado en la esquina inferior derecha del cajetín.
- Segundo dígito: Localiza el cable en cuestión en la columna correspondiente.
- Tercer dígito: Asigna el orden descendente dentro de cada columna.

A modo de ejemplo si se quisiera identificar el cable con numeración 462, éste queda recogido dentro de la hoja número 4, columna 6 y en la segunda posición (2) en orden descendente dentro de la columna en cuestión.

5. REFERENCIAS

ABB. (s.f.). Obtenido de <http://new.abb.com/es>

Tecnología, M. d. (s.f.). *ITC-BT-19 Instalaciones interiores o receptoras*.

**ANEXO 10: MANUAL DE
FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO**

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. DESCRIPCION DE COMPONENTES	1
1.1 Evaporador	1
1.2 Capilar	2
1.3 Condensador	3
1.4 Depósito	3
1.5 Bomba de refrigerante	4
1.6 Mini chiller	4
1.7 Cuadro eléctrico	5
1.8 Llave cortafuegos	5
1.9 Extractor	6
1.10 Válvula de bola con Obús	6
1.11 Válvula de seguridad	7
1.12 Tapón de cierre	7
1.13 Tapón de cierre	8
1.14 Presostato de alta	8
1.15 Termostato/Termómetro 1	9
1.16 Manómetro 1	9
1.17 Válvula de bola	10
1.18 Válvula de bola	10
1.19 Válvula de volante	10
1.20 Válvula de volante	10
1.21 Válvula de volante	10
1.22 Válvula de volante	10
1.23 Válvula de volante	10
1.24 Manómetro 2	11
1.25 Termómetro 2	12
1.26 Tapón de cierre	12
1.27 Tapón de cierre	12
1.28 Válvula de bola	12
1.29 Manómetro 3	12
1.30 Termómetro 3	12

1.31	Tapón de cierre	12
1.32	Tapón de cierre	12
1.33	Válvula Rotalock 2 vías y 2 Obús	13
1.34	Válvula Rotalock 2 vías y 2 Obús	13
1.35	Manómetro 4	13
1.36	Termómetro 4	13
1.37	Tapón de cierre	13
1.38	Tapón de cierre	13
1.39	Válvula de bola	13
1.40	Válvula Rotalock 2 vías y 1 Obús	13
1.41	Visor de líquido depósito	14
1.42	Válvula Rotalock 2 vías y 2 Obús	14
1.43	Presostato de baja	14
1.44	Válvula de bola	15
1.45	Obús	15
1.46	Visor líquido aspiración bomba	15
1.47	Regulación caudal bomba	16
1.48	Visor nivel aceite bomba	16
1.49	Válvula de bola	17
1.50	Válvula antirretorno	17
1.51	Tapón de cierre	17
1.52	Tapón de cierre	17
1.53	Termómetro 5	17
1.54	Manómetro 5	17
1.55	Válvula de bola	17
1.56	Tapón de cierre	17
1.57	Tapón de cierre	17
1.58	Termómetro 6	17
1.59	Manómetro 6	17
1.60	Válvula de bola	17
1.61	Válvula Mariposa Carga/Desagüe Chiller	18
1.62	Caudalímetro agua de impulsos	18
1.63	Válvula de bola	19

1.64	Válvula de bola	19
1.65	Tapón	19
1.66	Manómetro/Termómetro 7	20
1.67	Tapón	20
1.68	Purgador aire.....	21
1.69	Manómetro/Termómetro 8.....	21
1.70	Tapón	21
1.71	Tapón	21
1.72	Válvula de bola.....	21
1.73	Válvula de bola.....	21
1.74	Display Chiller	22
1.75	Manómetro Chiller	22
2.	DIMENSIONES DEL BANCO DE ENSAYO	23
3.	CONEXIONES HIDRAULICAS	23
3.1	Recarga de la instalación de refrigerante	23
3.2	Descarga de la instalación de refrigerante	28
3.3	Recarga de la instalación de agua	29
3.4	Descarga de la instalación de agua	33
4.	CONEXIONES ELÉCTRICAS.....	35
5.	ARRANQUE DE LA MÁQUINA.....	43
6.	PARO DE LA MÁQUINA.....	49
7.	MANUAL DE MANTENIMIENTO	51
7.1	Carga de refrigerante	51
7.2	Evaporador	52
7.3	Condensador.....	54
7.4	Mini Chiller.....	55
7.5	Bomba de refrigerante.....	55
7.6	Cuadro eléctrico	57
7.6.1	Funcionamiento componentes	57
7.6.2	Interpretación de esquemas eléctricos	58
7.7	Esquemas eléctricos	58
7.8	Esquema instalación	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Evaporador.....	1
Ilustración 2: Tubo capilar.....	2
Ilustración 3: Condensador.....	3
Ilustración 4: Depósito de refrigerante.....	3
Ilustración 5: Bomba de refrigerante.....	4
Ilustración 6: Mini Chiller.....	4
Ilustración 7: Cuadro eléctrico	5
Ilustración 8: Llave cortafuegos	5
Ilustración 9: Extractor	6
Ilustración 10: Válvula de bola con obús	6
Ilustración 11: Válvula de seguridad y tapón de cierre	7
Ilustración 12: Tapón de cierre	8
Ilustración 13: Presostato de alta	8
Ilustración 14: Termostato/Termómetro 1.....	9
Ilustración 15: Manómetro 1	9
Ilustración 16: Válvula de volante	10
Ilustración 17: Manómetro de baja	11
Ilustración 18: Termómetro 2.....	12
Ilustración 19: Válvula Rotalock.....	13
Ilustración 20: Visor de líquido depósito	14
Ilustración 21: Presostato de baja	14
Ilustración 22: Obús.....	15
Ilustración 23: Visor líquido bomba refrigerante	15
Ilustración 24: Regulación caudal bomba.....	16
Ilustración 25: Visor nivel aceite bomba	16
Ilustración 26: Válvula antirretorno	17
Ilustración 27: Válvula mariposa carga/desagüe chiller.....	18
Ilustración 28: Caudalímetro agua de impulsos.....	18
Ilustración 29: Válvula de bola (Agua).....	19
Ilustración 30: Tapón (Agua)	19
Ilustración 31: Manómetro/Termómetro (Agua).....	20
Ilustración 32: Purgador de aire.....	21
Ilustración 33: Display y manómetro Chiller.....	22
Ilustración 34: Localización válvula de obús 10.....	24
Ilustración 35: Localización obús 45.....	24
Ilustración 36: Válvulas 17 y 18.....	25
Ilustración 37: Válvula de bola cerrada.....	26
Ilustración 38: Válvula de bola abierta.....	26
Ilustración 39: Posiciones válvula Rotalock.....	27
Ilustración 40: Situación válvulas 17 y 18.....	28

Ilustración 41: Localización obús 45	29
Ilustración 42: Localización válvulas 63, 73, 64 y 72	30
Ilustración 43: Situación válvula 61	31
Ilustración 44: Manómetros 7 y 8 (66 y 69).....	32
Ilustración 45: Localización purgador de aire	33
Ilustración 46: Toma trifásica 16 A	35
Ilustración 47: Interruptor general y diferencial.....	36
Ilustración 48: MAG II, RtBR Y RtCH	36
Ilustración 49: Cuadro eléctrico	37
Ilustración 50: Seta de emergencia	38
Ilustración 51: Posición automático para chiller y bomba	39
Ilustración 52: Válvula de seguridad, número 11	40
Ilustración 53: Regulación presostato.....	41
Ilustración 54: Presostato de alta y Termostato.....	42
Ilustración 55: Presostato de baja	43
Ilustración 56: Cuadro eléctrico túnel de secado	44
Ilustración 57: Cuadro eléctrico túnel de secado	45
Ilustración 58: Regulación temperatura Chiller	46
Ilustración 59: Visor de refrigerante.....	46
Ilustración 60: Válvula de volante 21 y tubo capilar.....	47
Ilustración 61: Localización Manómetro 1.....	48
Ilustración 62: Posición Cero bomba	49
Ilustración 63: Resistencias Túnel de secado.....	50
Ilustración 64: Posición Cero chiller.....	50
Ilustración 65: Interruptor general, MAG II y guardamotores bomba y chiller	51
Ilustración 66: Tapa de cierre	53
Ilustración 67: Evaporador MPE 35	53
Ilustración 68: Vista perfil ONDA MPE 35	54
Ilustración 69: Esquema ONDA CEV 15	54
Ilustración 70: Dimensiones Mini Chiller.....	55
Ilustración 71: Tapón aceite bomba.....	56
Ilustración 72: Esquema bomba INECTA VERSIÓN PISTÓN.....	56

1. DESCRIPCION DE COMPONENTES

En este apartado se describirán cada uno de los elementos que componen esta instalación con su respectivo funcionamiento, a cada elemento se le designará con un número, el cual se encuentra físicamente con un adhesivo en la instalación.

1.1 Evaporador



Ilustración 1: Evaporador

1.2 Capilar



Ilustración 2: Tubo capilar

1.3 Condensador



Ilustración 3: Condensador

1.4 Depósito



Ilustración 4: Depósito de refrigerante

1.5 Bomba de refrigerante



Ilustración 5: Bomba de refrigerante

1.6 Mini chiller

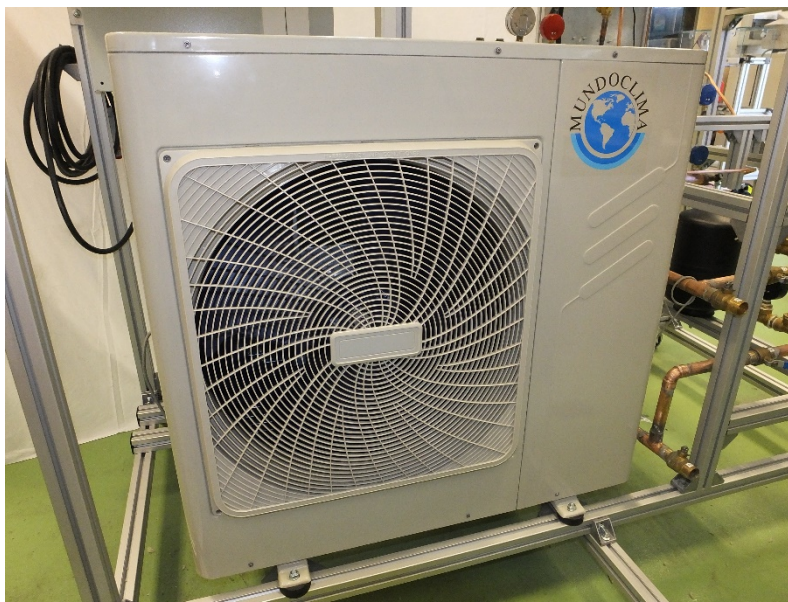


Ilustración 6: Mini Chiller

1.7 Cuadro eléctrico



Ilustración 7: Cuadro eléctrico

1.8 Llave cortafuegos

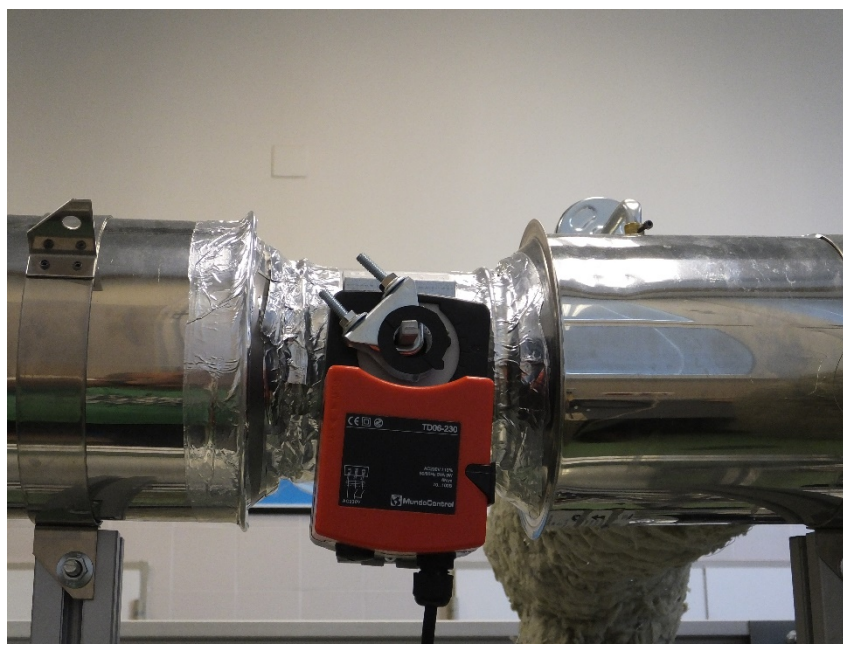


Ilustración 8: Llave cortafuegos

1.9 Extractor



Ilustración 9: Extractor

1.10 Válvula de bola con Obús



Ilustración 10: Válvula de bola con obús

1.11 Válvula de seguridad

1.12 Tapón de cierre

A continuación, se muestra en la Ilustración 11 una fotografía que recoge el bloque válvula de seguridad, número 11, y tapón de cierre, número 12.

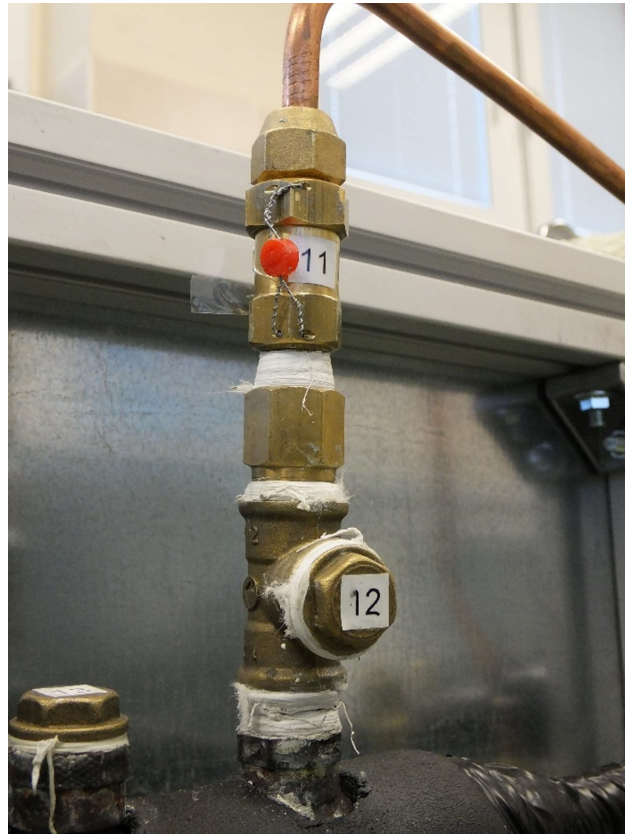


Ilustración 11: Válvula de seguridad y tapón de cierre

1.13 Tapón de cierre



Ilustración 12: Tapón de cierre

Debido al número elevado de tapones de cierre, solo se incluirá la Ilustración 12 ya que todos son del mismo modelo.

1.14 Presostato de alta



Ilustración 13: Presostato de alta

1.15 Termostato/Termómetro 1



Ilustración 14: Termostato/Termómetro 1

1.16 Manómetro 1

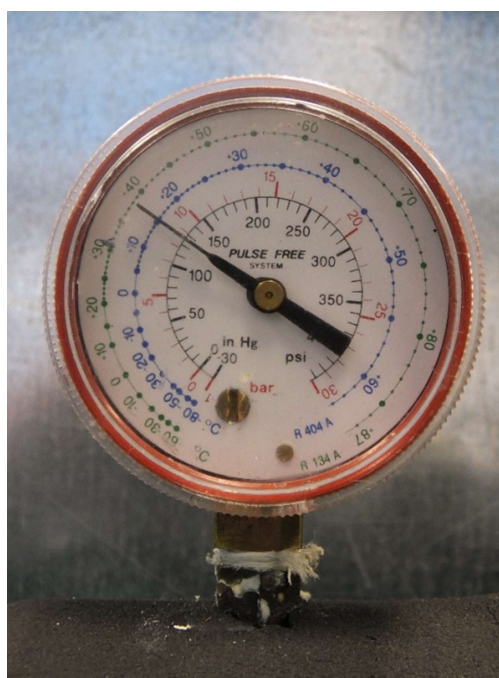


Ilustración 15: Manómetro 1

Al igual que los tapones de cierre, todos los manómetros de alta instalados son del mismo modelo, por lo que no se volverá a incluir la Ilustración 15 posteriormente.

1.17 Válvula de bola

1.18 Válvula de bola

1.19 Válvula de volante



Ilustración 16: Válvula de volante

De igual forma, todas las válvulas de volante instaladas son del mismo modelo.

1.20 Válvula de volante

1.21 Válvula de volante

1.22 Válvula de volante

1.23 Válvula de volante

1.24 Manómetro 2

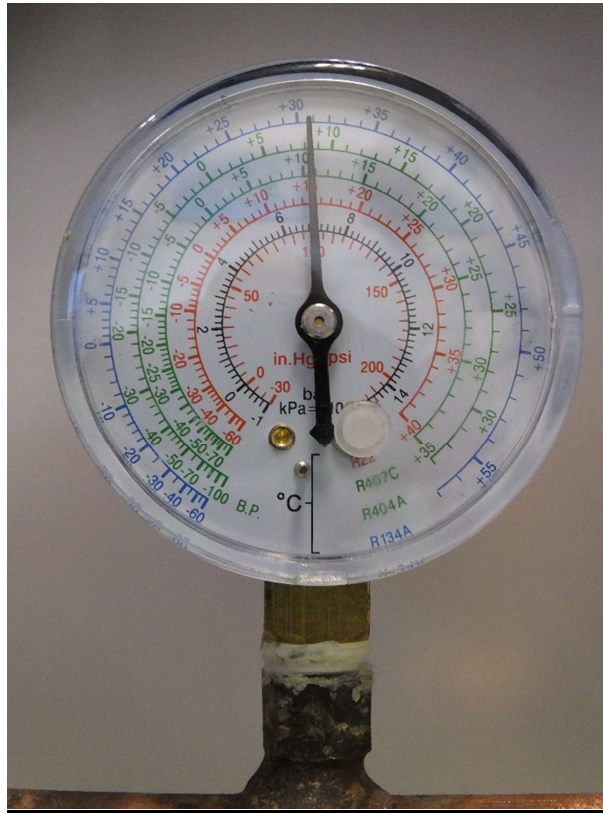


Ilustración 17: Manómetro de baja

Los manómetros de baja instalados en el banco de ensayos son del mismo modelo al de la Ilustración 17.

1.25 Termómetro 2

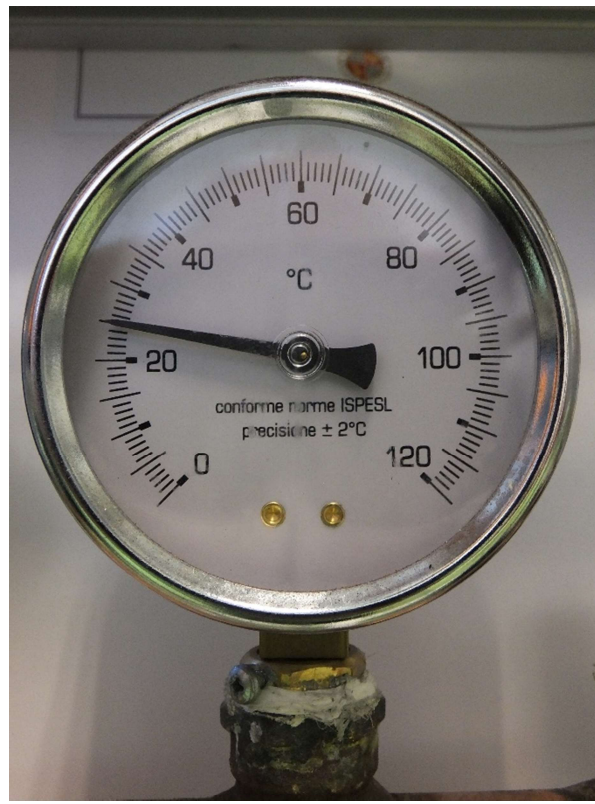


Ilustración 18: Termómetro 2

1.26 Tapón de cierre

1.27 Tapón de cierre

1.28 Válvula de bola

1.29 Manómetro 3

1.30 Termómetro 3

1.31 Tapón de cierre

1.32 Tapón de cierre

1.33 Válvula Rotalock 2 vías y 2 Obús

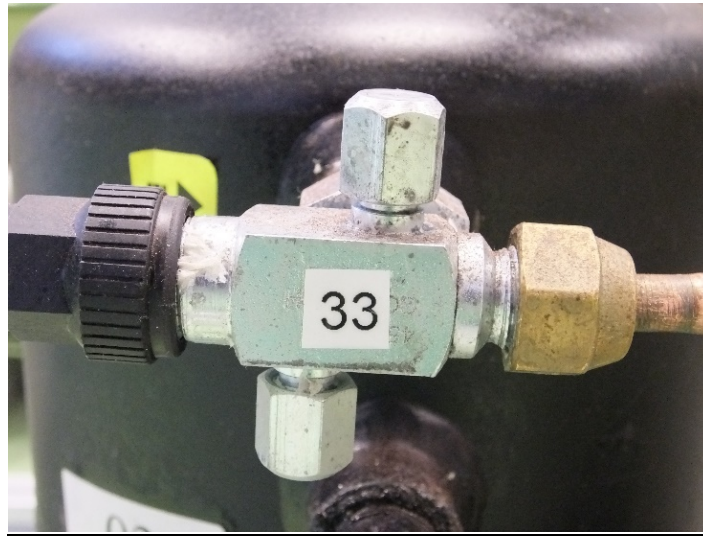


Ilustración 19: Válvula Rotalock

1.34 Válvula Rotalock 2 vías y 2 Obús

La válvula Rotalock, número 34 es completamente igual a la número 33, por lo que no se precisa incluir de nuevo la imagen, véase la Ilustración 19.

1.35 Manómetro 4

1.36 Termómetro 4

1.37 Tapón de cierre

1.38 Tapón de cierre

1.39 Válvula de bola

1.40 Válvula Rotalock 2 vías y 1 Obús

1.41 Visor de líquido depósito



Ilustración 20: Visor de líquido depósito

1.42 Válvula Rotalock 2 vías y 2 Obús

1.43 Presostato de baja



Ilustración 21: Presostato de baja

1.44 Válvula de bola

1.45 Obús



Ilustración 22: Obús

1.46 Visor líquido aspiración bomba



Ilustración 23: Visor líquido bomba refrigerante

1.47 Regulación caudal bomba

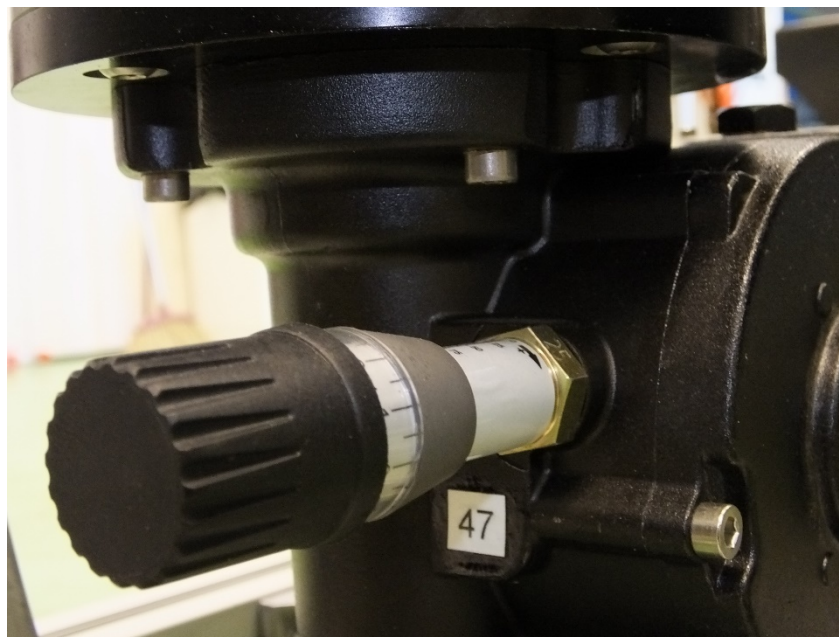


Ilustración 24: Regulación caudal bomba

1.48 Visor nivel aceite bomba



Ilustración 25: Visor nivel aceite bomba

1.49 Válvula de bola

1.50 Válvula antirretorno



Ilustración 26: Válvula antirretorno

1.51 Tapón de cierre

1.52 Tapón de cierre

1.53 Termómetro 5

1.54 Manómetro 5

1.55 Válvula de bola

1.56 Tapón de cierre

1.57 Tapón de cierre

1.58 Termómetro 6

1.59 Manómetro 6

1.60 Válvula de bola

1.61 Válvula Mariposa Carga/Desagüe Chiller



Ilustración 27: Válvula mariposa carga/desagüe chiller

1.62 Caudalímetro agua de impulsos



Ilustración 28: Caudalímetro agua de impulsos

1.63 Válvula de bola

Todas las válvulas de bola referentes al circuito de agua son del mismo modelo, Ilustración 29.



Ilustración 29: Válvula de bola (Agua)

1.64 Válvula de bola

1.65 Tapón



Ilustración 30: Tapón (Agua)

1.66 Manómetro/Termómetro 7

De la misma forma, los manómetros y termómetros referentes al circuito de agua son iguales, Ilustración 31.

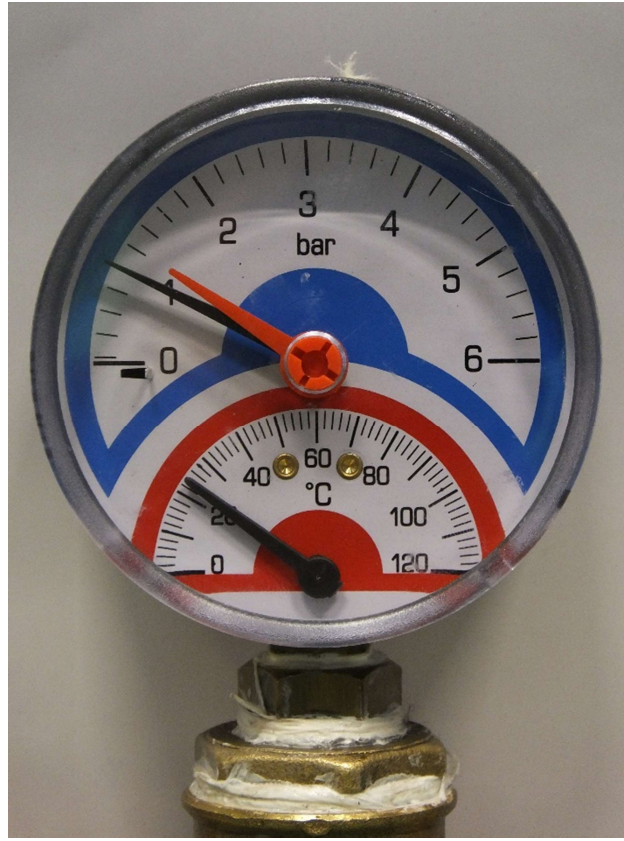


Ilustración 31: Manómetro/Termómetro (Agua)

1.67 Tapón

1.68 Purgador aire



Ilustración 32: Purgador de aire

1.69 Manómetro/Termómetro 8

1.70 Tapón

1.71 Tapón

1.72 Válvula de bola

1.73 Válvula de bola

1.74 Display Chiller

1.75 Manómetro Chiller

Por último se muestra el display de la chiller y su respectivo manómetro en la Ilustración 33.



Ilustración 33: Display y manómetro Chiller

2. DIMENSIONES DEL BANCO DE ENSAYO

El banco de ensayo consta de las siguientes dimensiones:

- Altura: 2,2 m
- Longitud: 2,1 m
- Ancho: 1,35 m

3. CONEXIONES HIDRAULICAS

3.1 Recarga de la instalación de refrigerante

Se puede realizar la carga de refrigerante mediante dos puntos existentes en la instalación:

- Válvula de bola con obús, elemento número 10, correspondiente a la parte del circuito de alta presión, véase Ilustración 34.



Ilustración 34: Localización válvula de obús 10

- Obús, elemento número 45, correspondiente a la parte del circuito de baja presión, Ilustración 35.



Ilustración 35: Localización obús 45

A continuación, antes de realizar la carga de refrigerante se asegurará que todas las válvulas del circuito de refrigerante (*No las del circuito de agua*) permanecerán abiertas salvo las válvulas de bola, elemento 17 y 18, véase la Ilustración 36.

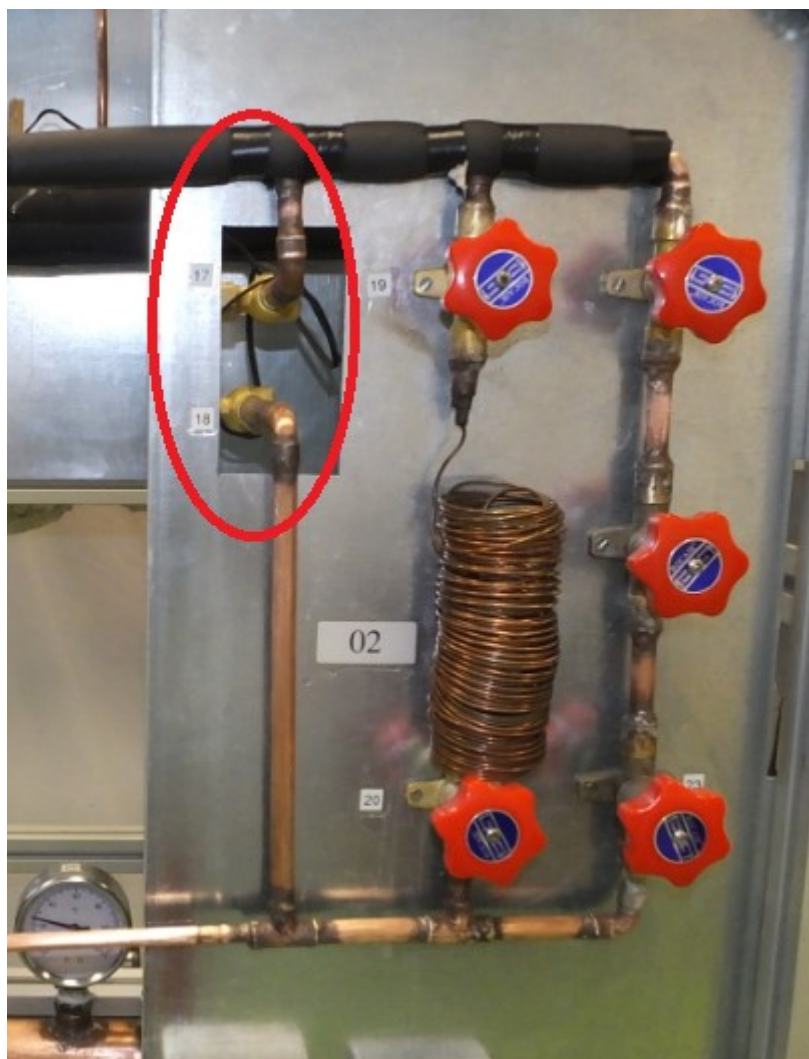


Ilustración 36: Válvulas 17 y 18

NOTA IMPORTANTE: VÁLVULA DE BOLA ABIERTA Y CERRADA. La válvula de bola se encontrará cerrada cuando el vástago se encuentre en dirección perpendicular a la dirección de la tubería y abierta en la misma dirección. Se muestran las siguientes imágenes de ambas posiciones (Ilustración 37) (Ilustración 38):



Ilustración 37: Válvula de bola cerrada



Ilustración 38: Válvula de bola abierta

NOTA IMPORTANTE: FUNCIONAMIENTO VÁLVULA ROTALOCK. La abertura de este tipo de válvulas se realiza quitando inicialmente el tapón roscado de plástico protector de la parte izquierda (Color negro), en su interior se encuentra un vástago metálico que dispone de tres posiciones, en la Ilustración 39 se muestran las distintas posiciones:

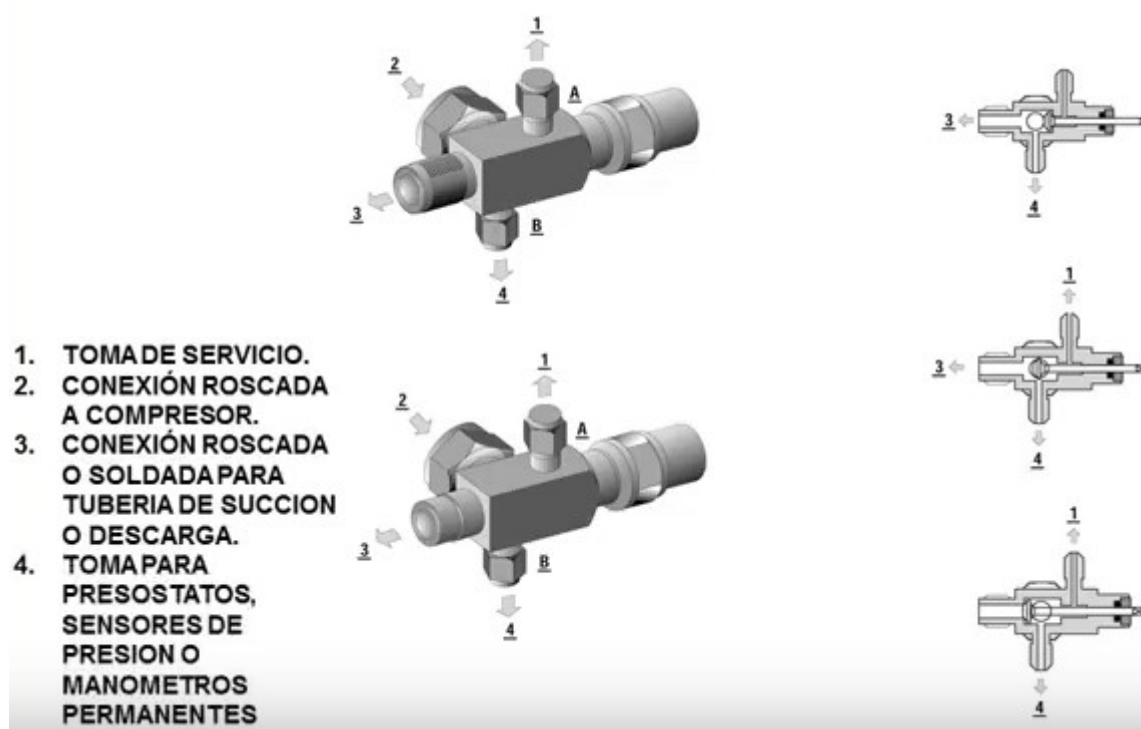


Ilustración 39: Posiciones válvula Rotalock

Se realizara una carga de 15,43 kg de refrigerante, para más información consultar “Anexo 8. Justificación carga de refrigerante”.

3.2 Descarga de la instalación de refrigerante

Para la recogida del gas refrigerante, se comprobará que todas las válvulas del circuito de refrigerante (No las del circuito de agua) permanecerán abiertas salvo las válvulas de bola, elemento 17 y 18, Ilustración 40.

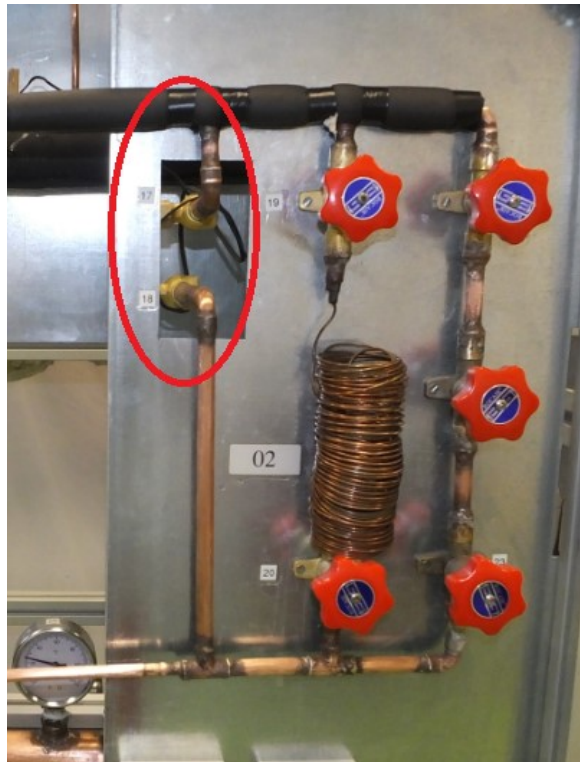


Ilustración 40: Situación válvulas 17 y 18

A continuación, en la llave obús, elemento número 45, se acoplará la máquina recuperadora de refrigerante, la cual extraerá dicho refrigerante a una botella recargable de refrigerante, Ilustración 41.



Ilustración 41: Localización obús 45

NOTA IMPORTANTE: BAJO NINGÚN CONCEPTO SE EXPULSARÁ GAS REFRIGERANTE A LA ATMÓSFERA.

Si la máquina permanece un período prolongado descargada, sería recomendable realizar una comprobación de fugas mediante gas Nitrógeno, para ello se procederá de igual forma que en la carga de refrigerante anteriormente descrita, permaneciendo el gas Nitrógeno al menos 24 horas en la instalación (A una presión de 25 bares), si transcurrido ese tiempo se mantiene la presión de carga de Nitrógeno, se extraerá y se procederá a la carga de gas refrigerante.

3.3 Recarga de la instalación de agua

Antes de la recarga de la instalación hay que verificar que la válvula 63 y 73 se encuentran cerradas así como 64 y 72 abiertas (Ilustración 42).



Ilustración 42: Localización válvulas 63, 73, 64 y 72

Se procede a la carga del circuito de agua a través de la válvula mariposa Carga/Desagüe Chiller número 61 (*asegúrese que la válvula permanezca abierta*) mediante una manguera que se conectará a una toma de agua potable, Ilustración 43.



Ilustración 43: Situación válvula 61

Se introducirá agua hasta que los manómetros 7 y 8 indiquen una **presión de 1,5 bares**, Ilustración 44.



Ilustración 44: Manómetros 7 y 8 (66 y 69)

Una vez concluida la carga de agua se cerrará la válvula 61, véase la Ilustración 43.

Una vez cargada y en funcionamiento la máquina, se procederá a la purga del mismo a través del elemento 68 (Ilustración 45).



Ilustración 45: Localización purgador de aire

3.4 Descarga de la instalación de agua

Antes del vaciado de la maquina asegúrese de que ésta se encuentra desenchufada de la red eléctrica, a continuación acople de nuevo manguera utilizada en la carga a válvula 61, (Véase Ilustración 43), realizándose la descarga en el sumidero más próximo a la instalación.

4. CONEXIONES ELÉCTRICAS

Para conectar la maquina acople el enchufe (color rojo/16 A) a la toma trifásica de la red más cercana al banco de ensayos (Ilustración 46).



Ilustración 46: Toma trifásica 16 A

Posteriormente el usuario tendrá que activar el interruptor general y el diferencial del cuadro eléctrico, ver Ilustración 47.



Ilustración 47: Interruptor general y diferencial

Seguidamente tendrá que asegurarse que el magnetotérmico de maniobra MAG.II y los guardamotores RtBR Y RtCH pertenecientes a la bomba de refrigerante y a la mini Chiller respectivamente, tienen que estar activados (Ilustración 48).

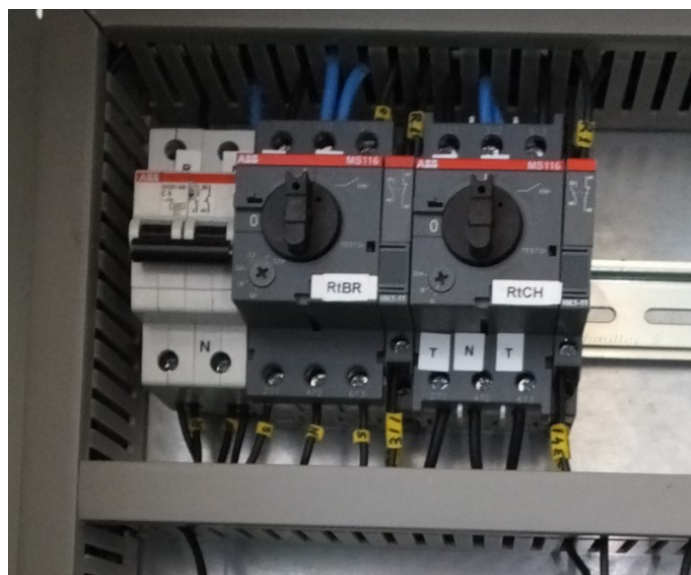


Ilustración 48: MAG II, RtBR Y RtCH

Una vez realizados estos pasos o comprobaciones, todos los elementos pertenecientes a este banco de ensayos disponen de alimentación eléctrica salvo la bomba de refrigerante y la mini chiller, los cuales se podrán poner en marcha mediante un selector (en la parte frontal externa del cuadro eléctrico) que dispone de tres posiciones (MANUAL, CERO Y AUTOMATICO).

Se hace distinción entre las distintas posiciones:

- **MANUAL:** El elemento arrancará independientemente de cómo se encuentre el resto de la instalación, salvo la seta general de emergencia.
- **CERO:** El elemento se encuentra sin funcionamiento
- **AUTOMATICO:** El elemento funcionará conforme a los condicionamientos impuestos en los esquemas eléctricos.



Ilustración 49: Cuadro eléctrico

Cuando estos elementos, tanto la bomba de refrigerante como la mini Chiller se encuentren con un correcto funcionamiento el piloto verde permanecerá iluminado, en caso contrario cuando el guardamotor detecte una anomalía, permanecerá rojo. Ambas luces permanecerán apagadas cuando dichos elementos no tengan alimentación eléctrica.

NOTA IMPORTANTE: EN CASO DE PELIGRO PULSAR LA SETA DE EMERGENCIA (SITUADA EN LA PARTE FRONTAL DEL CUADRO ELÉCTRICO), LA CUAL ANULARA LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA A TODOS LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA (Ilustración 50).

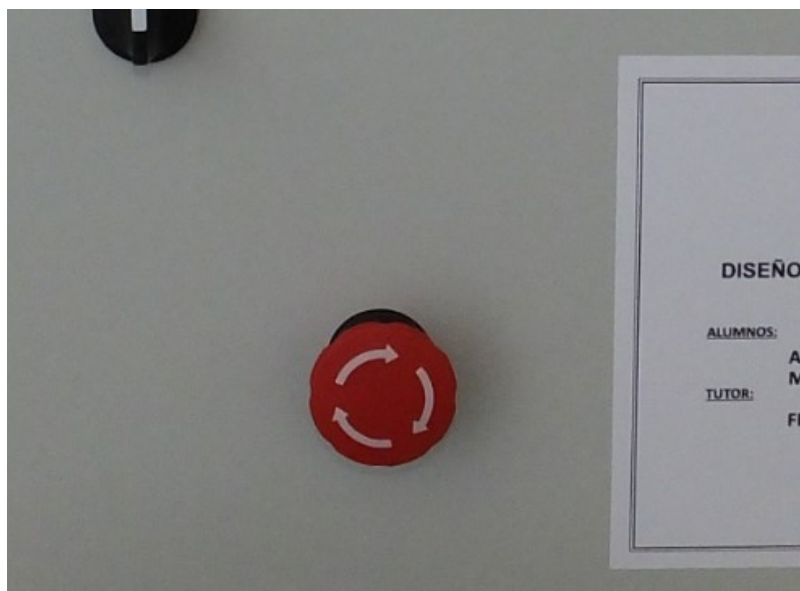


Ilustración 50: Seta de emergencia

Para el normal funcionamiento de la máquina, los selectores de la bomba de refrigerante y la mini Chiller se pondrán en modo automático (Ver Ilustración 51), de este modo el funcionamiento de dichos elementos se verán afectadas por las siguientes maniobras:



Ilustración 51: Posición automático para chiller y bomba

- Cuando el refrigerante supere 24 bares de presión, la válvula 11 conducirá el refrigerante al depósito eliminando así la sobrecarga del circuito de alta de refrigerante. Cuando la válvula detecte una presión por debajo de 24 bares, estrangulará de nuevo el paso hacia el depósito, conduciendo el refrigerante por el circuito normal.

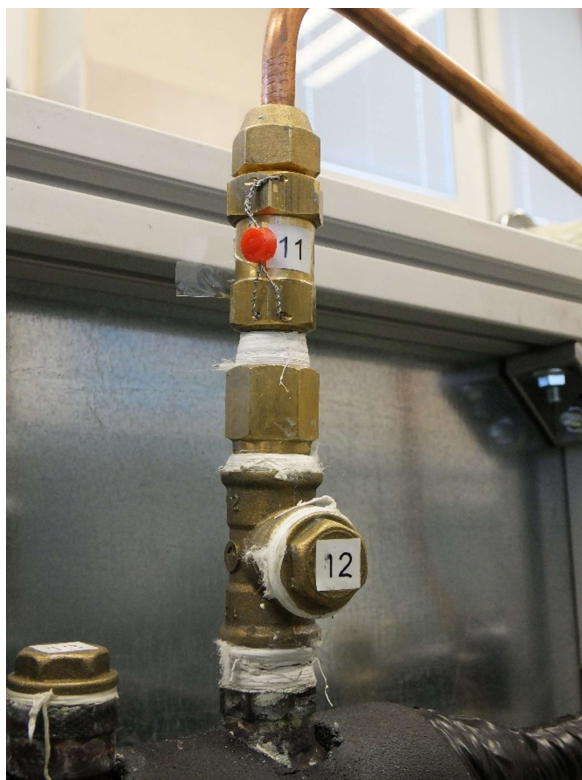


Ilustración 52: Válvula de seguridad, número 11

- Cuando el presostato de alta, elemento número 14, alcance o supere el rango máximo fijado, 20 bares, la bomba de refrigerante dejará de funcionar.

NOTA IMPORTANTE: REGULACIÓN PRESOSTATO. Para variar tanto el rango como el diferencial en el presostato bastará con extraer la carcasa blanca de éste. Posteriormente habrá que quitar el tornillo central de la placa metálica que actúa como seguridad (Ilustración 53).

- Para variar el rango bastará con girar el tornillo gris (sentido horario o antihorario, según si se desea bajar o subir el rango) que aparece en la parte izquierda de la placa metálica.

Finalmente si se desea modificar el diferencial de presión, habrá que girar el tornillo dorado de la derecha en el sentido que se desee para subir o bajar éste.

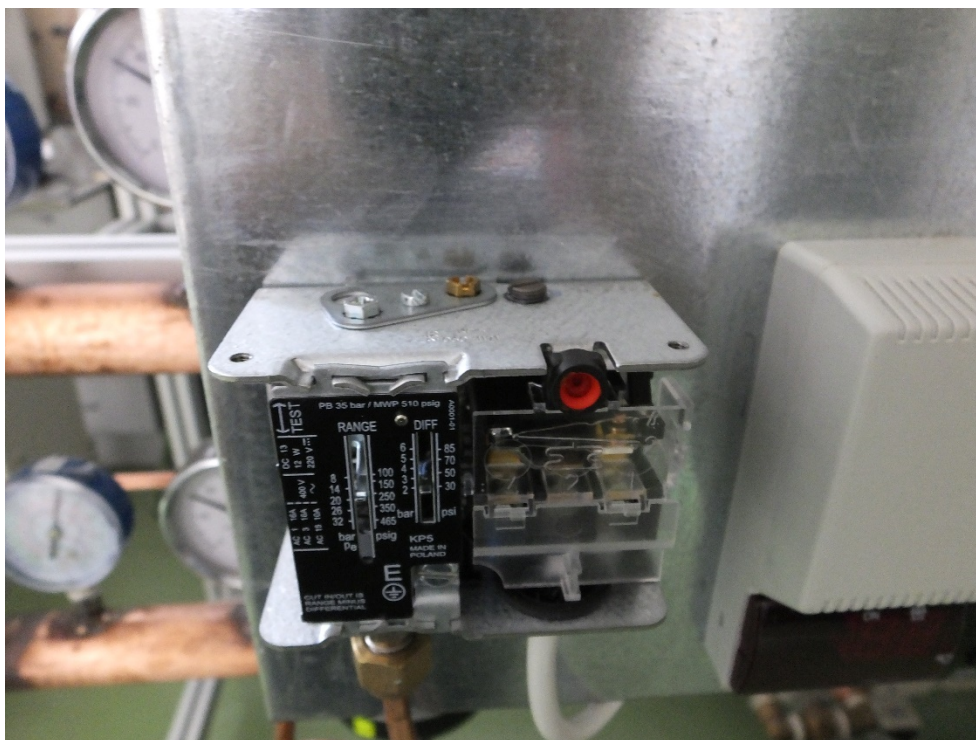


Ilustración 53: Regulación presostato

- Cuando el termostato, elemento número 15, alcance o supere el rango máximo fijado, 80°C, la llave corta fuegos expulsara el aire procedente del túnel de secado al exterior, privando así el paso por el evaporador.

NOTA IMPORTANTE: REGULACIÓN TERMOSTATO. Para el ajuste de temperatura bastará con pulsar la tecla **BAJAR ▼**, durante 5 segundos para visualizar el ajuste actual (El Led ON se iluminará de forma intermitente). Posteriormente pulsar las teclas **SUBIR ▲** O **BAJAR ▼** para ajustar al valor deseado, finalmente se pulsaran simultáneamente las teclas **SUBIR ▲** y **BAJAR ▼**, para aceptar el nuevo ajuste (El Led ON dejará de iluminar de forma intermitente) (Ilustración 54).



Ilustración 54: Presostato de alta y Termostato

- Cuando el presostato de baja, elemento número 43, detecte una presión de 2 bares, significara que existe una fuga en el circuito, el cual desactivará la alimentación eléctrica de la máquina (Ilustración 55). Para regulación del presostato de baja, consultar ajuste del presostato de alta ya que se regulan de la misma forma.

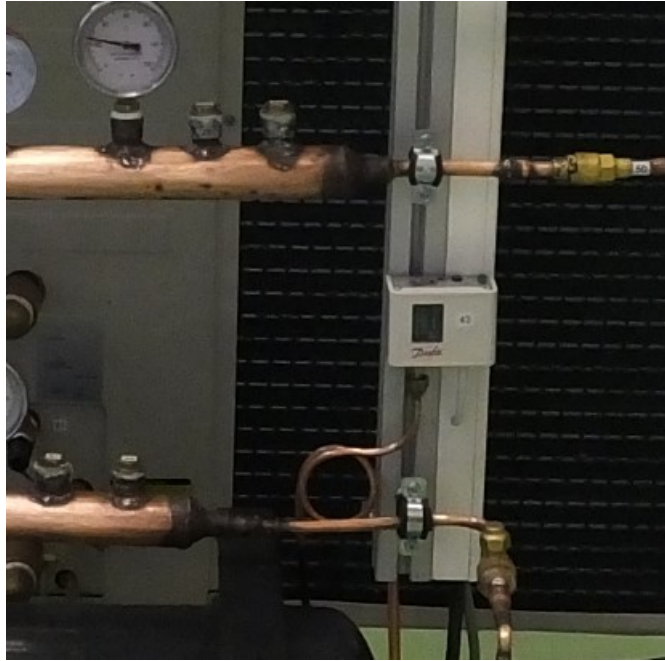


Ilustración 55: Presostato de baja

5. ARRANQUE DE LA MÁQUINA

Para el arranque de la máquina se procederá de la siguiente manera:

En primer lugar, habrá que encender el túnel de secado, para ello habrá que poner en marcha el mismo mediante el interruptor general y diferencial que se encuentra en el cuadro eléctrico situado a la entrada del laboratorio, ver Ilustración 56.

**Ilustración 56: Cuadro eléctrico túnel de secado**

Seguidamente, se actuará sobre el cuadro eléctrico del túnel de secado, colocando en la posición 1 el selector de marcha, se activará el ventilador del mismo (selector blanco situado en la parte izquierda), así como las dos resistencias eléctricas que generan el aire caliente (selectores negros que aparecen a la izquierda). Mediante el display del cuadro eléctrico del túnel de secado situado en la máquina, se seleccionará la temperatura deseada del caudal de aire caliente que va a entrar en el evaporador (Ilustración 57).



Ilustración 57: Cuadro eléctrico túnel de secado

RECOMENDACIÓN. SE RECOMIENDA QUE EL TÚNEL DE SECADO FUNCIONE UN PERIODO DE TIEMPO ESTIMADO POR EL USUARIO PARA QUE EN EL EVAPORADOR SE CONSIGA UNA TEMPERATURA ADECUADA. (SE PUEDE COMPROBAR LA TEMPERATURA EN EL EVAPORADOR APROXIMADAMENTE EN EL TERMOSTATO, ELEMENTO NUMERO 15)

Una vez que el túnel de secado está funcionando, se acciona en primer lugar el selector de la Mini chiller en MODO AUTOMÁTICO para asegurar que en el circuito de baja exista gas refrigerante a baja temperatura y por consiguiente, en estado líquido.

NOTA IMPORTANTE: REGULACIÓN TEMPERATURA CHILLER.

Selección de modo y ajustes de temperatura

En la pantalla principal pulsar "Mode" para entrar a la selección de modo. El icono "Modo" parpadeará. Pulsar "Mode" para seleccionar el modo deseado. El orden de los modos es: "Refrigeración" --> "Calefacción" "Recirculación" --> "Apagado" --> "Refrigeración" --> El modo seleccionado parpadeará, pulsar  o  para incrementar o decrementar la temperatura del agua en el modo seleccionado. Pulsar "Enter" para confirmarlo. El modo seleccionado se iluminará y el equipo funcionará según el ajuste.

Ilustración 58: Regulación temperatura Chiller

Para más información respecto a otras funciones véase el Manual de Usuario.

Tras el arranque de la mini Chiller se puede comprobar el nivel de líquido en el visor del depósito, elemento número 41, con la carga de refrigerante que se indica en el Apartado 3.1. Con la carga de refrigerante establecida, 15,43 kg, el nivel debería estar en la mitad del visor, véase Ilustración 59.

**Ilustración 59: Visor de refrigerante**

Una vez se tiene líquido en la parte de baja presión de la instalación, se acciona el selector de la bomba de refrigerante en **MODO AUTOMÁTICO**, inicialmente se cerrará la llave de volante, número 21, dejando solo paso de gas refrigerante mediante el tubo capilar, elemento número 2 (Ver Ilustración 60), hasta que la presión en el manómetro 1, elemento 16, se acerque a la presión deseada en la parte de alta presión.



Ilustración 60: Válvula de volante 21 y tubo capilar

NOTA IMPORTANTE: UNA VEZ ALCANZADA LA PRESIÓN EN LA PARTE DE ALTA PRESION (LA CUAL SE PUEDE OBSERVAR EN MANOMETRO 1, ELEMENTO 16) SE IRA ABRIENDO LIGERAMENTE LA VÁLVULA DE VOLANTE, ELEMENTO 21, HASTA QUE SE CONSIGA EL EQUILIBRIO DE LA PRESIÓN EN LA PARTE DE ALTA, Ilustración 61.

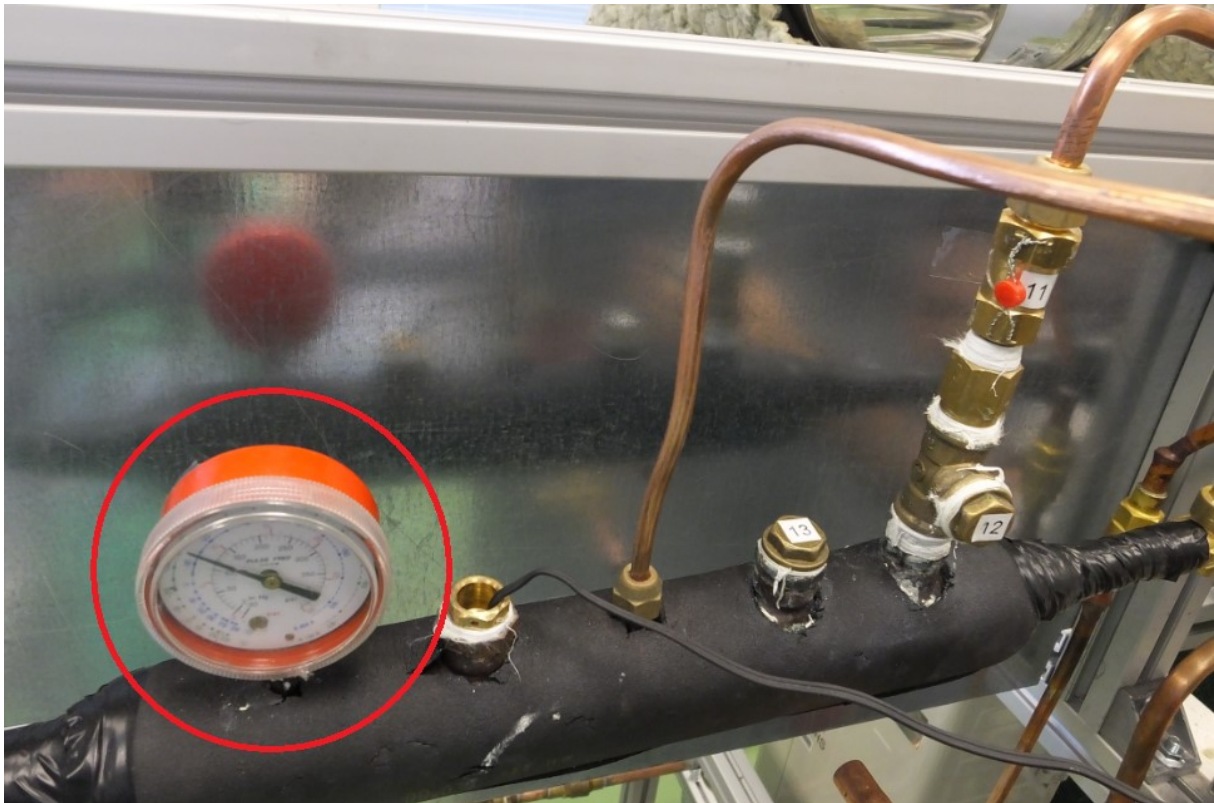


Ilustración 61: Localización Manómetro 1

RECOMENDACIÓN: NO LLEVAR LA PRESIÓN DE ALTA A PRESIONES SUPERIORES A 20 BARES YA QUE EL PRESOSTATO DE ALTA, ELEMENTO 14, ESTÁ REGULADO SU ACCIONAMIENTO PARA EL PARO DE LA BOMBA DE REFRIGERANTE A 20 BARES.

Una vez que la instalación esté completamente en equilibrio se podrán tomar los datos pertinentes de los puntos de interés para el ensayo que se esté realizando.

6. PARO DE LA MÁQUINA

Concluida la toma de los datos necesarios para los ensayos, habrá que desconectar (POSICIÓN CERO) inicialmente el selector de la bomba de refrigerante, Ilustración 62.



Ilustración 62: Posición Cero bomba

Posteriormente se desconectará el túnel de secado, desconectando en primer lugar las dos resistencias y dejando que el túnel de secado funcione hasta que en el display muestre la temperatura ambiente (Se realiza con el fin de alcanzar el enfriamiento en el túnel de secado), Ilustración 63.

**Ilustración 63: Resistencias Túnel de secado**

Ahora se desconectará (POSICION CERO) el selector de la mini Chiller (Ilustración 64). Posteriormente el usuario tendrá que desactivar el interruptor general y el diferencial del cuadro eléctrico y los magnetotérmicos de maniobra MAG.II y los guardamotores RtBR Y RtCH pertenecientes a la bomba de refrigerante y a la mini Chiller respectivamente (Ilustración 65).

**Ilustración 64: Posición Cero chiller**



Ilustración 65: Interruptor general, MAG II y guardamotores bomba y chiller

Para desconectar la máquina desacople el enchufe (color rojo/16 A) de la toma trifásica de la red.

Finalmente, tan solo habrá que comprobar si el display del túnel de secado está a temperatura ambiente, si es así, bajar el interruptor general y diferencial que se encuentra en el cuadro eléctrico situado a la entrada del laboratorio. **SI NO ES ASÍ, HAY QUE ESPERAR HASTA QUE ESTÉ A TEMPERATURA AMBIENTE.**

7. MANUAL DE MANTENIMIENTO

En este apartado se hará mención a ciertos elementos del banco de ensayos que requieren de un mantenimiento necesario para un correcto funcionamiento.

7.1 Carga de refrigerante

Como ya se hizo mencionó anteriormente, si la máquina permanece un período prolongado descargada, sería recomendable realizar una comprobación de fugas mediante gas Nitrógeno, para ello se procederá de igual forma que en la carga de refrigerante anteriormente descrita, permaneciendo el gas Nitrógeno al menos 24 horas en la instalación (A una presión de 25 bares), si transcurrido ese tiempo se

mantiene la presión de carga de Nitrógeno, se extraerá y se procederá a la carga de gas refrigerante.

NOTA IMPORTANTE: SE RECOMIENDA REALIZAR LA CARGA DE REFRIGERANTE POR TRAMOS Y ASI COMPROBAR EL BUEN ESTADO DE TODAS LAS VÁLVULAS DE CIERRE Y BOLA DEL BANCO DE ENSAYOS.

7.2 Evaporador

Actualmente el banco de ensayos funciona mediante el túnel de secado como generador de aire caliente, el cual suministra aire procedente de la atmósfera y se considera aire limpio. Si en un futuro este banco de ensayos funcionara con una caldera como generadora de calor, se recomienda realizar limpiezas periódicas de la carcasa interna del evaporador de hollín procedente de la combustión de la caldera. Para ello bastaría con extraer la tapa del evaporador y proceder a la limpieza.

Aun así, si por cualquier motivo el banco de ensayos sigue funcionando con el túnel de secado y permanece un largo periodo de tiempo (varios años) sin funcionar se recomienda también su limpieza para no perder rendimiento en la máquina.

NOTA IMPORTANTE: ANTES DE QUITAR LA TAPA DE CIERRE DEL EVAPORADOR PARA EXTRACCIÓN DE TUBOS INTERNOS Y LIMPIEZA DE ÉSTE, LA MÁQUINA DEBE ESTAR DESCARGADA TOTALMENTE DE REFRIGERANTE (Ilustración 66, Ilustración 67 e Ilustración 68).



Ilustración 66: Tapa de cierre

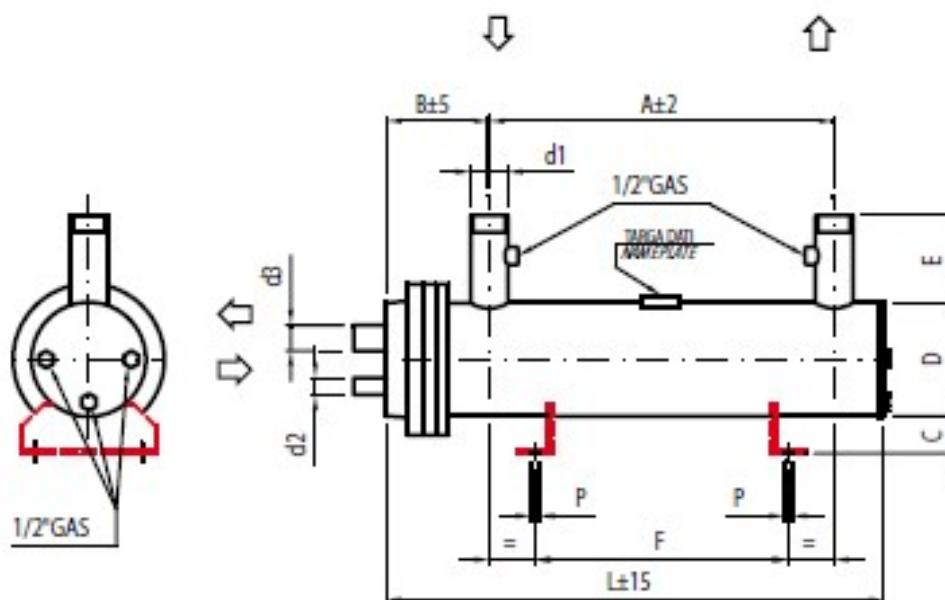


Ilustración 67: Evaporador MPE 35

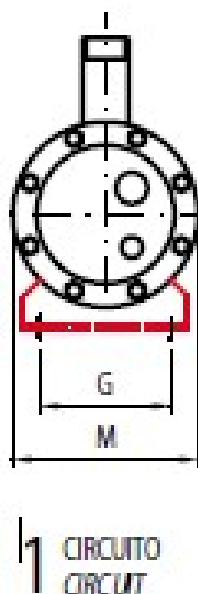


Ilustración 68: Vista perfil ONDA MPE 35

7.3 Condensador

Este elemento no precisa de un mantenimiento periódico, tan sólo se habrá de revisar que los prensas de las válvulas Rotalock estén bien apretados para evitar fugas de refrigerante. Véase el esquema del condensador en la Ilustración 69.

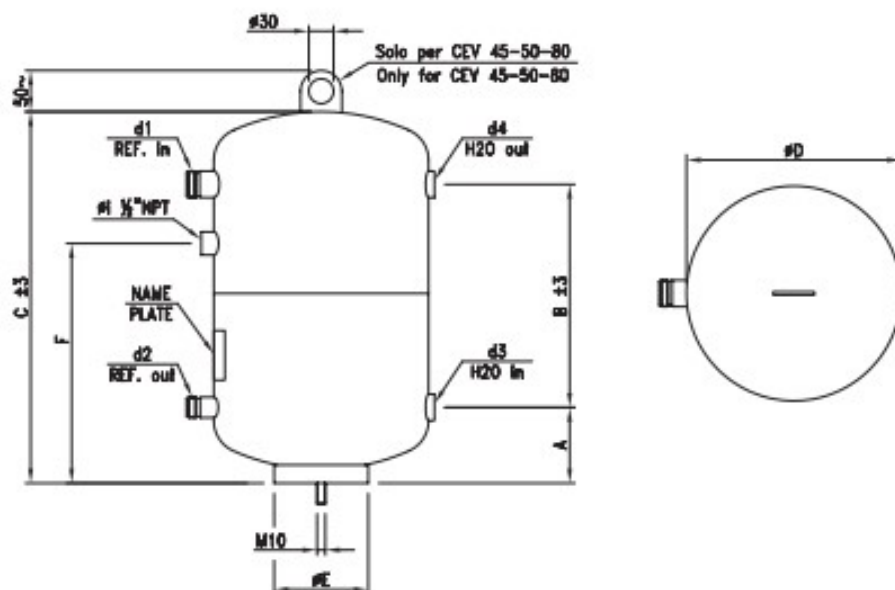


Ilustración 69: Esquema ONDA CEV 15

7.4 Mini Chiller

Se recomienda la renovación de agua en el circuito de la mini chiller si el paro del banco de ensayos va ser de varios meses, para ello acudir a los apartados 3.3 y 3.4 de carga y descarga de agua de este anexo. En la Ilustración 70 se muestra las diferentes vistas del elemento en cuestión.

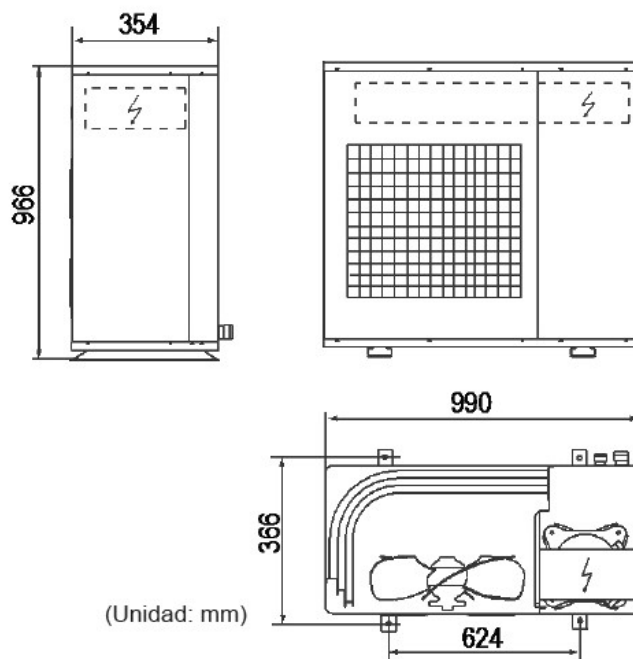


Ilustración 70: Dimensiones Mini Chiller

7.5 Bomba de refrigerante

Será necesaria la comprobación periódica del nivel de aceite de la bomba de refrigerante mediante el visor de nivel de aceite, elemento número 48, véase la Ilustración 71.

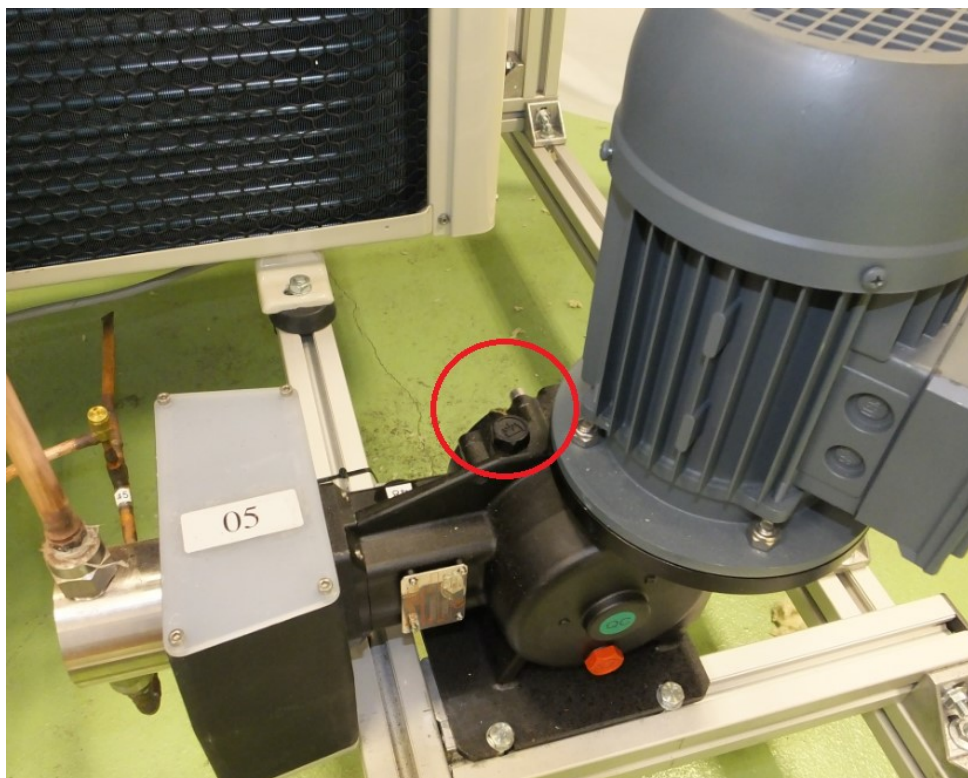


Ilustración 71: Tapón aceite bomba

En la Ilustración 72 se puede observar un esquema de las partes internas de la bomba.

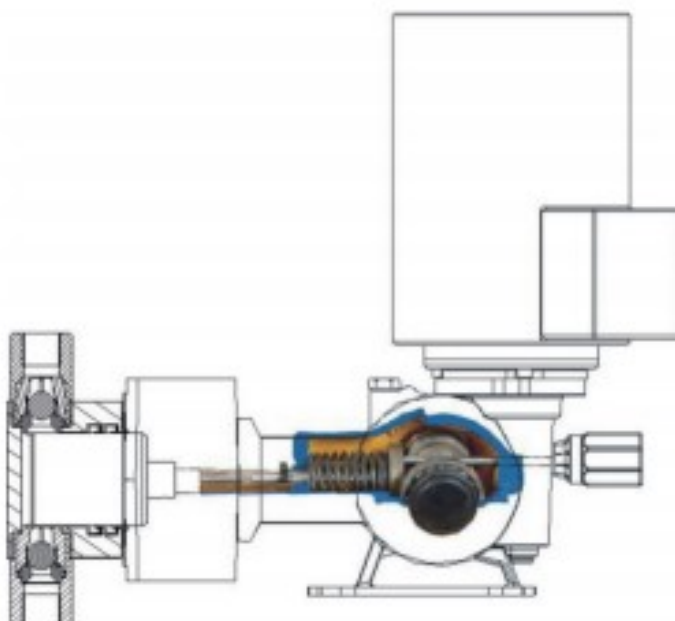


Ilustración 72: Esquema bomba INJECTA VERSIÓN PISTÓN

7.6 Cuadro eléctrico

7.6.1 Funcionamiento componentes

En este apartado se pretende explicar la maniobra que realizan los elementos eléctricos.

El variador de frecuencia regula la velocidad del pistón de la bomba de refrigerante, modificando así el caudal que es capaz de hacer circular por la instalación. Esto se consigue cambiando la frecuencia del motor.

El presostato de alta actúa parando la bomba de refrigerante cuando la presión en el colector 1, salida del evaporador, supera los 20 bares fijados. El fin radica en no superar valores máximos admitidos por las tuberías ni la presión de trabajo máxima de la bomba, ya que ésta como máximo puede trabajar a 20 bares. Este presostato es de rearme automático para que en el momento en que la presión baje del punto fijado vuelva a arrancar la bomba automáticamente.

El presostato de baja funciona parando todos los elementos cuando la presión en la instalación sea inferior a 2 bares, su fin es detectar si se ha producido una fuga de refrigerante evitando que la bomba funcione en vacío. Este presostato es de rearme manual, con objeto de impedir el funcionamiento de la instalación hasta que se subsane el problema que ocasionó la pérdida de refrigerante.

El termostato existente en el colector 1, salida del evaporador, aparte de facilitar el valor de la temperatura en dicho punto, controla la llave cortafuegos cuando la temperatura supere el valor de consigna asignado, derivando el flujo de aire caliente, proveniente en este caso del túnel de secado, directamente al exterior sin pasar por el evaporador. Cuando la temperatura descienda de este valor, automáticamente se cerrará y el flujo de aire pasará de nuevo por el interior del evaporador. La llave es todo o nada, por lo que solo posee dos estados abierta o cerrada.

El funcionamiento de la chiller es bastante complejo, ya que posee muchos tipos de protecciones, por lo que para consultar más en detalle dicho funcionamiento, así como alarmas y configuración se aconseja leer la ficha técnica correspondiente.

Para cualquier otra cuestión no especificada en este apartado, consultar los esquemas eléctricos.

7.6.2 Interpretación de esquemas eléctricos

Los esquemas eléctricos se dividen en dos, circuito de potencia y circuito de maniobra y control. Los esquemas se componen de cuatro hojas, la primera corresponde al circuito de potencia y el resto al circuito de maniobra y control.

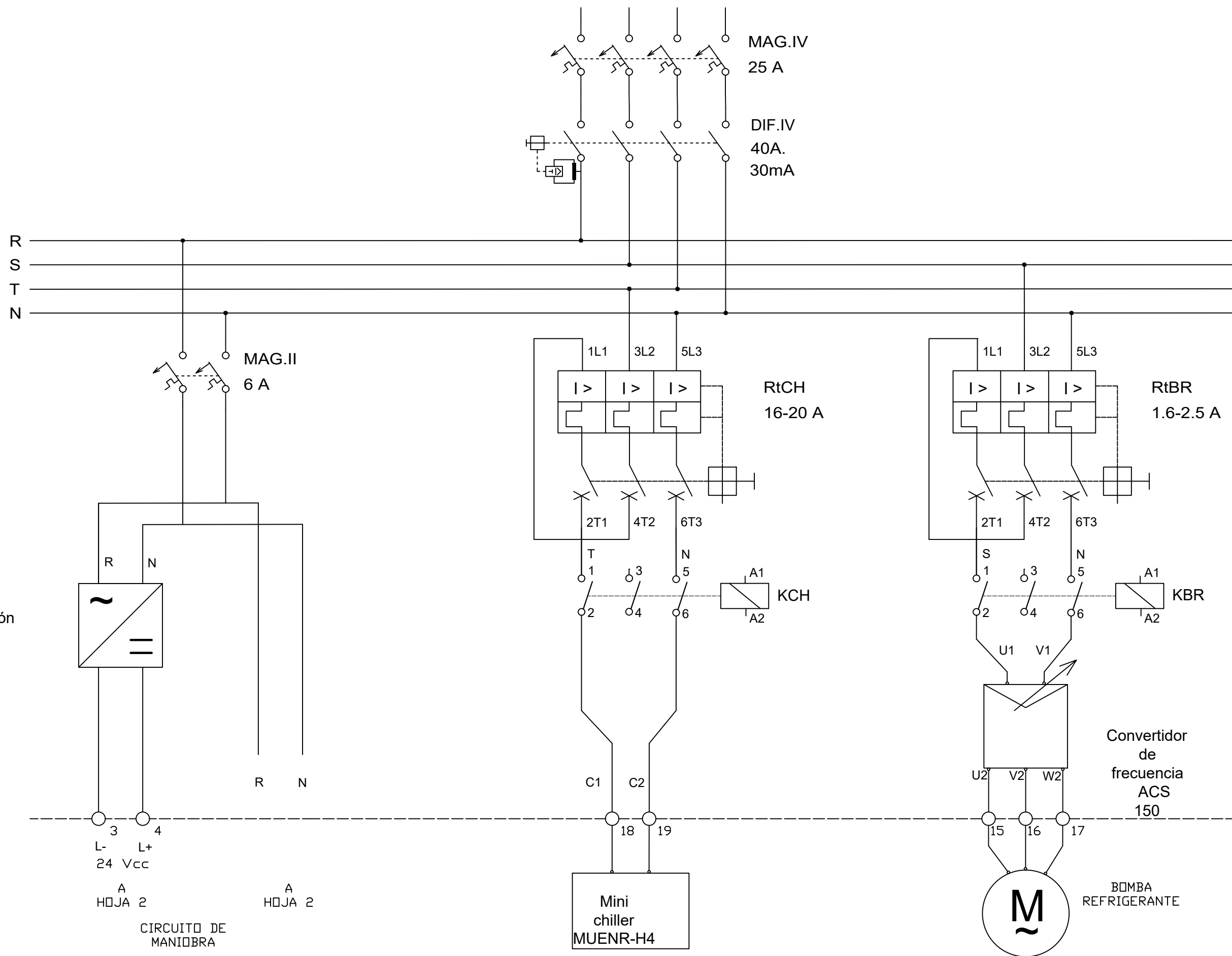
En las hojas correspondientes al circuito de maniobra y control, se disponen diez columnas ordenadas del cero al nueve para facilitar la identificación de los conductores.

Como norma para la rotulación de los cables en el circuito de maniobra se ha seguido el siguiente procedimiento:

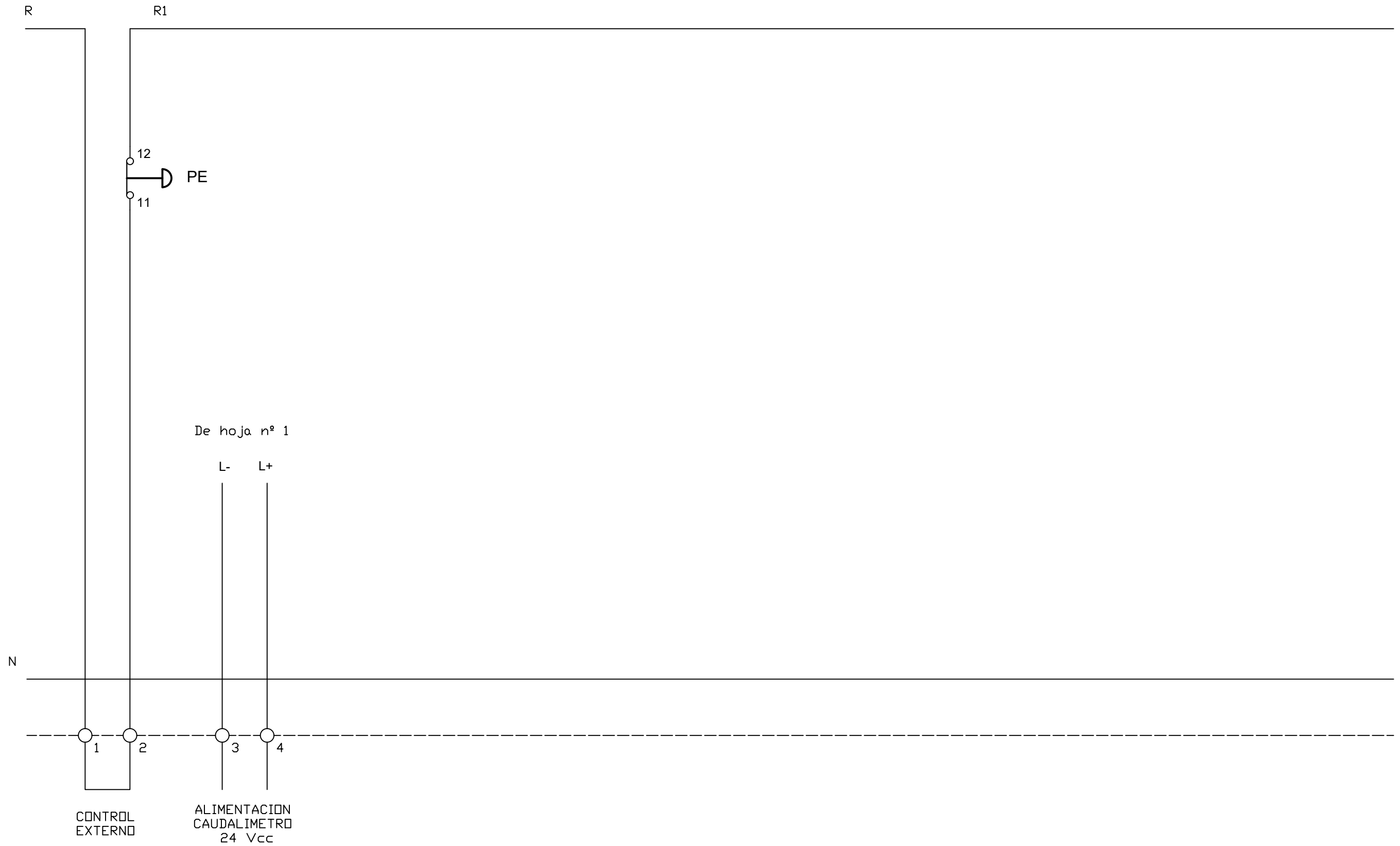
- Primer dígito: Hace referencia al número de hoja del esquema situado en la esquina inferior derecha del cajetín.
- Segundo dígito: Localiza el cable en cuestión en la columna correspondiente.
- Tercer dígito: Asigna el orden descendente dentro de cada columna.

A modo de ejemplo si se quisiera identificar el cable con numeración 462, éste queda recogido dentro de la hoja número 4, columna 6 y en la segunda posición (2) en orden descendente dentro de la columna en cuestión.

7.7 Esquemas eléctricos



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
 DEPARTAMENTO DE: Ingeniería Mecánica y Minera		CREADO POR: MIGUEL ÁNGEL NAVAS SÁNCHEZ APROBADO POR: FERNANDO ANTONIO CRUZ PERAGÓN		TÍTULO/SUBTÍTULO: CIRCUITO DE POTENCIA			TIPO DE DOCUMENTO: ESQUEMA	FECHA DE EDICIÓN: 18/07/2016 4 HOJAS	ESCALA: N/A HOJA Nº 1



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	DEPARTAMENTO DE:		CREADO POR:		TÍTULO/SUBTÍTULO:		TIPO DE DOCUMENTO:	FECHA DE EDICIÓN:	ESCALA:
	Ingeniería Mecánica y Minera		MIGUEL ÁNGEL NAVAS SÁNCHEZ					18/07/2016	N/A
			APROBADO POR:					4 HOJAS	HOJA Nº 2
		FERNANDO ANTONIO CRUZ PERAGÓN		CIRCUITO DE MANIOBRA Y CONTROL		ESQUEMA			

DE HOJA Nº 3

R1

R1

411

411

A1

A2

RHu

N

N

N

8

5

6

421

422

9

10

11

1

2

3

4

12

13

14

1

2

3

Com

NEGRO

MARRON

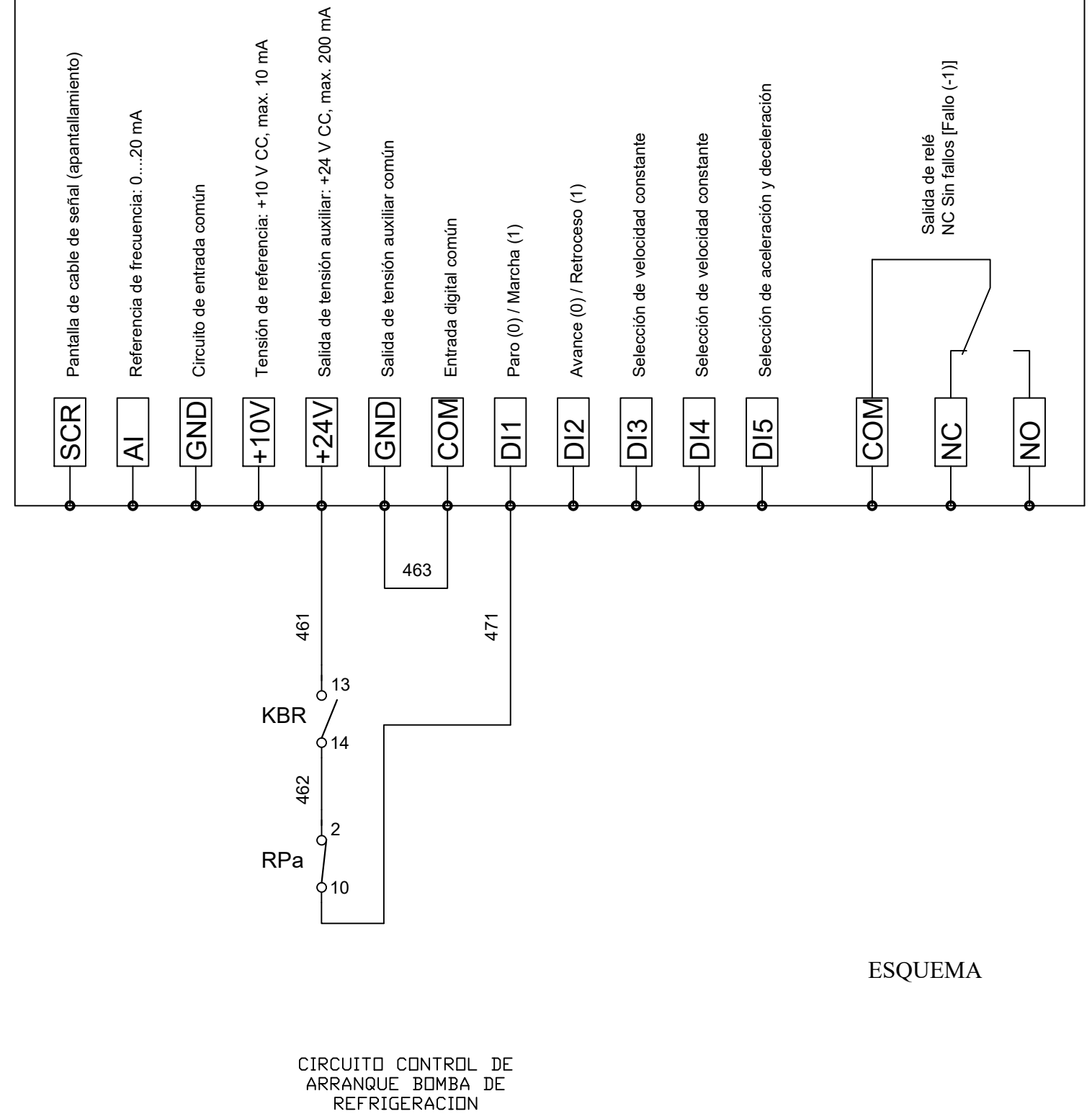
ROJO

C

COMPUERTA DE HUMOS TD06-230

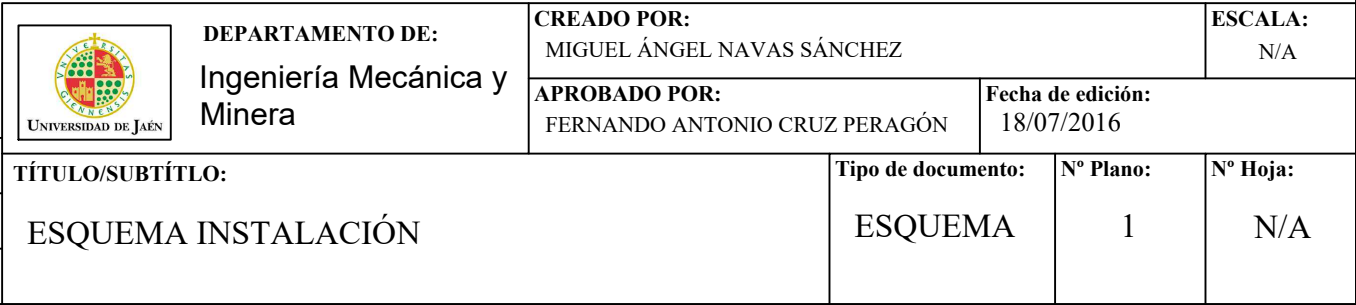
CIRCUITO TERMOSTATO

Convertidor de frecuencia ACS150



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	DEPARTAMENTO DE: Ingeniería Mecánica y Minera	CREADO POR:	MIGUEL ÁNGEL NAVAS SÁNCHEZ	TÍTULO/SUBTÍTULO: CIRCUITO DE MANIOBRA Y CONTROL			TIPO DE DOCUMENTO: ESQUEMA	FECHA DE EDICIÓN:	ESCALA:
		APROBADO POR:	FERNANDO ANTONIO CRUZ PERAGÓN					18/07/2016	N/A
								4 HOJAS	HOJA Nº 4

7.8 Esquema instalación



ANEXO 11: FICHA TÉCNICA R134A

Genetron® 134a**000000009876**

Version 2.6

Revision Date 06/06/2014

Print Date 02/08/2016

SECTION 1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

Product name : Genetron® 134a

MSDS Number : 000000009876

Product Use Description : Refrigerant, Propellant

Manufacturer or supplier's details : Honeywell International Inc.
115 Tabor Road
Morris Plains, NJ 07950-2546

For more information call : 800-522-8001
+1-973-455-6300
(Monday-Friday, 9:00am-5:00pm)

In case of emergency call : **Medical: 1-800-498-5701 or +1-303-389-1414**
: **Transportation (CHEMTREC): 1-800-424-9300 or +1-703-527-3887**
:
: (24 hours/day, 7 days/week)

SECTION 2. HAZARDS IDENTIFICATION**Emergency Overview**

Form : Liquefied gas

Color : colourless

Odor : weak

Classification of the substance or mixture

Classification of the substance or mixture : Gases under pressure, Liquefied gas
Simple Asphyxiant

GHS Label elements, including precautionary statements

Genetron® 134a

000000009876

Version 2.6

Revision Date 06/06/2014

Print Date 02/08/2016

Symbol(s)

:



Signal word

: Warning

Hazard statements

: Contains gas under pressure; may explode if heated.
May displace oxygen and cause rapid suffocation.

Precautionary statements

: **Storage:**
Protect from sunlight. Store in a well-ventilated place.Hazards not otherwise
classified: May cause cardiac arrhythmia.
May cause frostbite.**Carcinogenicity**

No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a known or anticipated carcinogen by NTP, IARC, or OSHA.

SECTION 3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Formula

: CF₃CH₂F

Chemical nature

: Substance

Chemical Name	CAS-No.	Concentration
1,1,1,2-Tetrafluoroethane	811-97-2	99.80 %

SECTION 4. FIRST AID MEASURES

Inhalation

: Move to fresh air. If breathing is irregular or stopped, administer artificial respiration. Use oxygen as required, provided a qualified operator is present. Call a physician. Do not give drugs from adrenaline-ephedrine group.

Genetron® 134a**000000009876**

Version 2.6

Revision Date 06/06/2014

Print Date 02/08/2016

Skin contact : After contact with skin, wash immediately with plenty of water. If there is evidence of frostbite, bathe (do not rub) with lukewarm (not hot) water. If water is not available, cover with a clean, soft cloth or similar covering. If symptoms persist, call a physician.

Eye contact : Rinse immediately with plenty of water, also under the eyelids, for at least 15 minutes. In case of frostbite water should be lukewarm, not hot. If symptoms persist, call a physician.

Ingestion : Unlikely route of exposure. As this product is a gas, refer to the inhalation section. Do not induce vomiting without medical advice. Call a physician immediately.

Notes to physician

Treatment : Because of the possible disturbances of cardiac rhythm, catecholamine drugs, such as epinephrine, should be used with special caution and only in situations of emergency life support. Treatment of overexposure should be directed at the control of symptoms and the clinical conditions. Treat frost-bitten areas as needed.

SECTION 5. FIREFIGHTING MEASURES

Suitable extinguishing media : The product is not flammable. Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide. Use extinguishing measures that are appropriate to local circumstances and the surrounding environment.

Specific hazards during firefighting : Contents under pressure. This product is not flammable at ambient temperatures and atmospheric pressure. However, this material can ignite when mixed with air under pressure and exposed to strong ignition sources. Container may rupture on heating. Cool closed containers exposed to fire with water spray. Do not allow run-off from fire fighting to enter drains or water courses. Vapours are heavier than air and can cause suffocation by reducing oxygen available for breathing.

Genetron® 134a**000000009876**

Version 2.6

Revision Date 06/06/2014

Print Date 02/08/2016

In case of fire hazardous decomposition products may be produced such as:

Hydrogen halides

Hydrogen fluoride

Carbon monoxide

Carbon dioxide (CO₂)

Carbonyl halides

Special protective equipment for firefighters : In the event of fire and/or explosion do not breathe fumes. Wear self-contained breathing apparatus and protective suit. No unprotected exposed skin areas.

SECTION 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal precautions : Immediately evacuate personnel to safe areas. Keep people away from and upwind of spill/leak. Wear personal protective equipment. Unprotected persons must be kept away. Remove all sources of ignition. Avoid skin contact with leaking liquid (danger of frostbite). Ventilate the area. After release, disperses into the air. Vapours are heavier than air and can cause suffocation by reducing oxygen available for breathing. Avoid accumulation of vapours in low areas. Unprotected personnel should not return until air has been tested and determined safe. Ensure that the oxygen content is $\geq 19.5\%$.

Environmental precautions : Prevent further leakage or spillage if safe to do so. The product evaporates readily.

Methods for cleaning up : Ventilate the area.

SECTION 7. HANDLING AND STORAGE**Handling**

Handling : Handle with care. Avoid inhalation of vapour or mist.

Genetron® 134a**000000009876**

Version 2.6

Revision Date 06/06/2014

Print Date 02/08/2016

Do not get in eyes, on skin, or on clothing.
Wear personal protective equipment.
Use only in well-ventilated areas.
Pressurized container. Protect from sunlight and do not expose to temperatures exceeding 50 °C.
Follow all standard safety precautions for handling and use of compressed gas cylinders.
Use authorized cylinders only.
Protect cylinders from physical damage.
Do not puncture or drop cylinders, expose them to open flame or excessive heat.
Do not pierce or burn, even after use. Do not spray on a naked flame or any incandescent material.
Do not remove screw cap until immediately ready for use.
Always replace cap after use.

Advice on protection
against fire and explosion

: The product is not flammable.
Can form a combustible mixture with air at pressures above atmospheric pressure.

Storage

Requirements for storage
areas and containers

: Pressurized container: protect from sunlight and do not expose to temperatures exceeding 50 °C. Do not pierce or burn, even after use.
Keep containers tightly closed in a dry, cool and well-ventilated place.
Storage rooms must be properly ventilated.
Ensure adequate ventilation, especially in confined areas.
Protect cylinders from physical damage.

SECTION 8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Protective measures

: Do not breathe vapour.
Avoid contact with skin, eyes and clothing.
Ensure that eyewash stations and safety showers are close to the workstation location.

Engineering measures

: General room ventilation is adequate for storage and handling.
Perform filling operations only at stations with exhaust ventilation facilities.

Genetron® 134a**000000009876**

Version 2.6

Revision Date 06/06/2014

Print Date 02/08/2016

- Eye protection : Wear as appropriate:
Safety glasses with side-shields
If splashes are likely to occur, wear:
Goggles or face shield, giving complete protection to eyes
- Hand protection : Leather gloves
In case of contact through splashing:
Protective gloves
Neoprene gloves
Polyvinyl alcohol or nitrile- butyl-rubber gloves
- Skin and body protection : Avoid skin contact with leaking liquid (danger of frostbite).
Wear cold insulating gloves/ face shield/ eye protection.
- Respiratory protection : In case of insufficient ventilation, wear suitable respiratory equipment.
Wear a positive-pressure supplied-air respirator.
Vapours are heavier than air and can cause suffocation by reducing oxygen available for breathing.
For rescue and maintenance work in storage tanks use self-contained breathing apparatus.
- Hygiene measures : Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice.
Ensure adequate ventilation, especially in confined areas.
Avoid contact with skin, eyes and clothing.
Remove and wash contaminated clothing before re-use.
Keep working clothes separately.

Exposure Guidelines

Components	CAS-No.	Value	Control parameters	Update	Basis
1,1,1,2-Tetrafluoroethane	811-97-2	TWA : time weighted average	(1,000 ppm)		Honeywell: Limit established by Honeywell International Inc.
1,1,1,2-Tetrafluoroethane	811-97-2	TWA : time weighted average	4,240 mg/m3 (1,000 ppm)	2007	WEEL: US. AIHA Workplace Environmental Exposure Level (WEEL) Guides

Genetron® 134a**000000009876**

Version 2.6

Revision Date 06/06/2014

Print Date 02/08/2016

SECTION 9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Physical state	: Liquefied gas
Color	: colourless
Odor	: weak
pH	: Note: neutral
Melting point/freezing point	: -101 °C
Boiling point/boiling range	: -26.2 °C
Flash point	: Note: not applicable
Evaporation rate	: > 1 Method: Compared to CCl4.
Lower explosion limit	: Note: None
Upper explosion limit	: Note: None
Vapor pressure	: 5,915 hPa at 21.1 °C(70.0 °F) 14,713 hPa at 54.4 °C(129.9 °F)
Vapor density	: 3.5
Density	: 1.2 g/cm3
Water solubility	: 1.5 g/l

Genetron® 134a**000000009876**

Version 2.6

Revision Date 06/06/2014

Print Date 02/08/2016

Partition coefficient: n-octanol/water : log Pow: 1.06
Note: The product is more soluble in octanol.

Ignition temperature : > 750 °C

Auto-ignition temperature : > 750 °C

Decomposition temperature : > 250 °C
Note: To avoid thermal decomposition, do not overheat.

Molecular weight : 102.02 g/mol

Global warming potential (GWP) : 1,300

Ozone depletion potential (ODP) : 0

SECTION 10. STABILITY AND REACTIVITY

Chemical stability : Stable under normal conditions.

Possibility of hazardous reactions : Hazardous polymerisation does not occur.

Conditions to avoid : Pressurized container. Protect from sunlight and do not expose to temperatures exceeding 50 °C.
Decomposes under high temperature.
Some risk may be expected of corrosive and toxic decomposition products.
Can form a combustible mixture with air at pressures above atmospheric pressure.
Do not mix with oxygen or air above atmospheric pressure.

Incompatible materials to avoid : Potassium
Calcium
Powdered metals
Finely divided aluminium
Magnesium
Zinc

Genetron® 134a**000000009876**

Version 2.6

Revision Date 06/06/2014

Print Date 02/08/2016

Hazardous decomposition products : Halogenated compounds
Hydrogen fluoride
Carbonyl halides
Carbon oxides

SECTION 11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Acute inhalation toxicity : LC50: > 500000 ppm
Exposure time: 4 h
Species: rat

Sensitisation : Cardiac sensitization
Species: dogs
Note: No-observed-effect level 50 000 ppm
Lowest observable effect level 75 000 ppm

Repeated dose toxicity : Species: rat
NOEL: 40000 ppm

Genotoxicity in vitro : Note: In vitro tests did not show mutagenic effects

Further information : Note: Vapours are heavier than air and can cause suffocation by reducing oxygen available for breathing. Rapid evaporation of the liquid may cause frostbite. Avoid skin contact with leaking liquid (danger of frostbite).

SECTION 12. ECOLOGICAL INFORMATION**Further information on ecology**

Additional ecological information : Accumulation in aquatic organisms is unlikely. This product contains greenhouse gases which may contribute to global warming. Do NOT vent to the atmosphere. To comply with provisions of the U.S. Clean Air Act, any residual must be recovered.

Genetron® 134a**000000009876**

Version 2.6

Revision Date 06/06/2014

Print Date 02/08/2016

SECTION 13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Disposal methods : Observe all Federal, State, and Local Environmental regulations.

Note : This product is subject to U.S. Environmental Protection Agency Clean Air Act Regulations Section 608 in 40 CFR Part 82 regarding refrigerant recycling.

SECTION 14. TRANSPORT INFORMATION

DOT UN/ID No. : UN 3159
Proper shipping name : 1,1,1,2-Tetrafluoroethane
Class : 2.2
Packing group
Hazard Labels : 2.2

IATA UN/ID No. : UN 3159
Description of the goods : 1,1,1,2-Tetrafluoroethane
Class : 2.2
Hazard Labels : 2.2
Packing instruction (cargo aircraft) : 200
Packing instruction (passenger aircraft) : 200

IMDG UN/ID No. : UN 3159
Description of the goods : 1,1,1,2-Tetrafluoroethane
Class : 2.2
Hazard Labels : 2.2
EmS Number : F-C, S-V
Marine pollutant : no

SECTION 15. REGULATORY INFORMATION**Inventories**

Genetron® 134a**000000009876**

Version 2.6

Revision Date 06/06/2014

Print Date 02/08/2016

US. Toxic Substances
Control Act : On TSCA Inventory

Australia. Industrial
Chemical (Notification and
Assessment) Act : On the inventory, or in compliance with the inventory

Canada. Canadian
Environmental Protection
Act (CEPA). Domestic
Substances List (DSL) : All components of this product are on the Canadian DSL.

Japan. Kashin-Hou Law
List : On the inventory, or in compliance with the inventory

Korea. Toxic Chemical
Control Law (TCCL) List : On the inventory, or in compliance with the inventory

Philippines. The Toxic
Substances and Hazardous
and Nuclear Waste Control
Act : On the inventory, or in compliance with the inventory

China. Inventory of Existing
Chemical Substances : On the inventory, or in compliance with the inventory

NZIOC - New Zealand : On the inventory, or in compliance with the inventory

National regulatory information

SARA 302 Components : SARA 302: No chemicals in this material are subject to the reporting requirements of SARA Title III, Section 302.

SARA 313 Components : SARA 313: This material does not contain any chemical components with known CAS numbers that exceed the threshold (De Minimis) reporting levels established by SARA Title III, Section 313.

SARA 311/312 Hazards : Acute Health Hazard
Sudden Release of Pressure Hazard

Genetron® 134a**000000009876**

Version 2.6

Revision Date 06/06/2014

Print Date 02/08/2016

California Prop. 65 : This product does not contain any chemicals known to State of California to cause cancer, birth defects, or any other reproductive harm.

New Jersey RTK : 1,1,1,2-Tetrafluoroethane 811-97-2

Pennsylvania RTK : 1,1,1,2-Tetrafluoroethane 811-97-2

WHMIS Classification : A: Compressed Gas
This product has been classified according to the hazard criteria of the CPR and the MSDS contains all of the information required by the CPR.

Global warming potential : 1,300

Ozone depletion potential (ODP) : 0

SECTION 16. OTHER INFORMATION

	HMIS III	NFPA
Health hazard	: 1	2
Flammability	: 1	1
Physical Hazard	: 0	
Instability	:	0

Hazard rating and rating systems (e.g. HMIS® III, NFPA): This information is intended solely for the use of individuals trained in the particular system.

Further information

The information provided in this Safety Data Sheet is correct to the best of our knowledge,

Genetron® 134a**000000009876**

Version 2.6

Revision Date 06/06/2014

Print Date 02/08/2016

information and belief at the date of its publication. The information given is designed only as a guidance for safe handling, use, processing, storage, transportation, disposal and release and is not to be considered a warranty or quality specification. The information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other materials or in any process, unless specified in the text. Final determination of suitability of any material is the sole responsibility of the user. This information should not constitute a guarantee for any specific product properties.

Changes since the last version are highlighted in the margin. This version replaces all previous versions.

Previous Issue Date: 12/06/2012

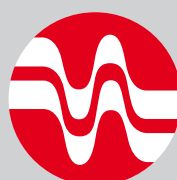
Prepared by Honeywell Performance Materials and Technologies Product Stewardship Group

ANEXO 12: FICHA TÉCNICA EVAPORADOR

A D V A N C E D
H E A T T R A N S F E R
S O L U T I O N S

SHELL & TUBE HEAT EXCHANGER

WATER SYSTEM



ONDA

INFORMAZIONI TECNICHE

Le principali applicazioni dei nostri scambiatori ad espansione secca sono il raffreddamento di liquidi o miscele incongelabili in impianti di refrigerazione e di produzione di acqua calda in impianti a pompa di calore.

I refrigeranti impiegabili sono: HCFC, HFC, ed altri, purché compatibili con i materiali di costruzione. Gli scambiatori a fascio tubiero ONDA della serie compatta TBE hanno capacità frigorifera, a condizioni standard, compresa tra circa 15 e oltre 1400 kW per modelli a catalogo, con un numero di circuiti lato refrigerante che variano da 1 a 4.

Le connessioni acqua sono posizionate verticalmente; a richiesta possono essere posizionate orizzontalmente, a destra (DX) o a sinistra (SX) con riferimento alla vista frontale. Inoltre il fascio tubiero può essere in versione estraibile (FTE) anche ove non previsto come standard.

I dati dimensionali contenuti in questo catalogo devono intendersi come indicativi in quanto soggetti a tolleranze di fabbricazione. Ci riserviamo di apportare a tali dati, in qualunque momento e senza preavviso, tutte quelle modifiche ritenute utili e convenienti.

MATERIALI

L'elevata qualità dei materiali impiegati per la costruzione degli scambiatori a fascio tubiero ONDA risponde ai requisiti delle normative Europee che sovrintendono alla costruzione dei recipienti a pressione. La costruzione standard degli scambiatori a fascio tubiero prevede l'utilizzo dei seguenti materiali: testata, piastra tubiera, mantello, connessioni frigorifere ed idrauliche in acciaio al carbonio tubi scambiatori in rame diaframmi in ottone o acciaio al carbonio guarnizioni: agglomerato senza amianto bulloneria: acciaio legato.

Compatibilmente con le nostre capacità produttive, su richiesta, possono essere utilizzati altri materiali. Per materiali non standard e conseguenti rese frigorifere contattare la nostra sede operativa.

ACCESSORI

Su richiesta vengono forniti i seguenti optional:

staffe sciolte o saldate
controflange lato acqua
isolamento

NORMATIVE, LIMITI D'IMPIEGO, COLLAUDI

Tutti gli scambiatori sono sottoposti a prove di pressione lato refrigerante (anche differenziale se presenti più circuiti) e lato acqua ai valori e con le modalità previste dagli standard ONDA o dai singoli Codici di Omologazione.

I requisiti di sicurezza degli scambiatori a fascio tubiero, in quanto recipienti a pressione, sono garantiti dal rispetto dei principali Codici Europei in fase di progettazione meccanica, di scelta ed uso dei materiali, di costruzione e di controllo, di prova a pressione e di documentazione finale. Sono inoltre disponibili scambiatori in accordo alla normativa ASME; per tale richiesta contattare la nostra sede operativa.

I limiti d'impiego di temperatura e pressione sono riassunti nella tabella seguente.

TECHNICAL INFORMATION

The main applications of our dry-expansion exchangers are the water, the liquid or brine solutions cooling in refrigeration plants and the hot water production in heat pumps.

Suitable refrigerants are: HCFCs, HFCs, and others, unless they are compatible with material construction. The ONDA shell & tube compact exchangers series TBE have cooling capacity range, at specified standard conditions, from about 15 up to 1400 kW with 1 to 4 refrigerant circuits.

The water connections standard position is vertical, but on request can be placed horizontally, at right (DX) or left (SX) side when facing the refrigerant header. Besides the exchangers can be ordered with removable tube bundle (FTE) when not supplied as standard feature.

The dimensional data contained in this catalogue are to be intended indicative taking into account the manufacturing tolerances. We reserve the right to make changes to this catalogue without prior notice.

MATERIALS

The quality of the materials used to manufacture ONDA exchangers satisfy the requirements of the European pressure vessels Codes. The standard type construction of the shell & tube exchangers consists of following materials carbon steel for header, tubesheet, shell, refrigerant and water connections;

copper exchanger tubes;
brass or carbon steel for the baffles;
asbestos free gaskets;
bolts made of alloys steel.

On request, other materials compatible with our production facilities can be used. Please contact our Technical Staff for non standard materials and cooling capacity.

ACCESSORIES

Following options are available on request:

loose or welded mounting supports
waterside counter flanges
insulation.

TESTS, VESSEL CODES, WORKING LIMITS

Each exchanger undergoes to a pressure test on the refrigerant side (also differential test when more than single circuit) and water side according to the ONDA standards or different Codes procedures. Being the shell & tube exchangers pressure vessels, the safety requirements are assured by strictly following the main European Codes during the design, choice and use of suitable materials, manufacturing and controls, pressure test and final documentation.

Exchangers according to ASME code are also available; please contact our facilities for request. Temperature and pressure working limits are shown in the table below.

Scambiatori di calore / Heat exchangers			
	Temperatura di progetto Design temperature Min / Max [°C]	Pressione di progetto Design Pressure [bar]	H ₂ O
Gas			
CE - GOST	- 10 / + 90	29	10
CE BT - GOST BT	- 57 / + 50	25	10
RINA	-10 / + 90	24,52	10

New Onda generation

CONSIGLI PER UNA CORRETTA SELEZIONE

Il fattore di sporamento (f.f.) è un elemento importante per il dimensionamento di uno scambiatore, quindi si suggerisce una scelta corretta del suo valore in base ai seguenti parametri:

- acqua dolce normale in circuito chiuso f.f. = 0.000043 m²K/W
- acqua di circuito aperto f.f. = 0.000086 m²K/W
- soluzioni contenenti glicole < 40% f.f. = 0.000086 m²K/W
- soluzioni contenenti glicole > 40% f.f. = 0.000172 m²K/W

Allo scopo di evitare danni allo scambiatore in caso di basse temperature, si evidenziano i punti di congelamento delle soluzioni glicolate (di primarie marche), nelle varie percentuali. In caso di temperature di lavoro vicine a detti punti, aumentare opportunamente le percentuali di glicole indicate.

INSTALLAZIONE ED USO

Per una corretta installazione ed uso dello scambiatore si suggerisce di:

- montare lo scambiatore in posizione orizzontale
- evacuare completamente l'aria dallo scambiatore in fase di caricamento dell'impianto,
- verificare l'esistenza di un'adeguata contropressione all'uscita acqua dello scambiatore in modo da non lasciare lo scarico libero e di creare quindi all'interno dello scambiatore stesso una perdita di carico almeno uguale a quella di catalogo o calcolo (se a circuito aperto installare all'uscita acqua una valvola di taratura),
- evitare, a circuito aperto, che durante la fermata della pompa lo scambiatore si svuoti,
- lasciare lo scambiatore completamente pieno d'acqua o totalmente vuoto in caso di lunghe fermate,
- analizzare le acque verificandone la compatibilità prima di utilizzare lo scambiatore in circuiti aperti,
- impiegare, quando necessario, soluzioni incongeliabili inibite e verificarle nel tempo evitando il loro contatto con l'aria,
- non invertire l'ingresso con l'uscita dell'acqua per non penalizzare la resa dello scambiatore,
- non sottoporre lo scambiatore a vibrazioni eccessive,
- evitare l'ingresso di corpi estranei nel circuito idraulico,
- evitare di operare con temperature dell'acqua prossime a 0 °C, se non miscelata con glicole,
- evitare la cavitazione della pompa e la presenza di gas nel circuito idraulico,
- impiegare sempre acque o soluzioni incongeliabili compatibili con i materiali dello scambiatore e non operare con temperature vicine al punto di congelamento
- evitare l'uso con acque contenenti cloro (max = 3 p.p.m.),
- evitare di superare la velocità dell'acqua consigliata (vedere le informazioni nel programma di selezione)
- non prevedere parzializzazioni (lato refrigerante) oltre il 40% senza aver prima contattato ONDA.
- Nel caso di utilizzo di valvola elettronica di espansione On/Off, contattare ONDA per verificarne la compatibilità con lo scambiatore.

HINTS FOR A CORRECT SELECTION

The fouling factor (f.f.) is fundamental for a correct selection of an heat exchanger, therefore some useful values are given below:

- normal water in closed circuit f.f. = 0.000043 m²K/W
- water in open circuit f.f. = 0.000086 m²K/W
- solutions with glycol < 40% f.f. = 0.000086 m²K/W
- solutions with glycol > 40% f.f. = 0.000172 m²K/W

To avoid damages to the exchanger when working at low temperature, the freezing points of the glycol mixtures (of primary brands), are shown. When working at temperatures close to the reported freezing points, indicated brine concentration should be increased.

INSTALLATION AND OPERATION

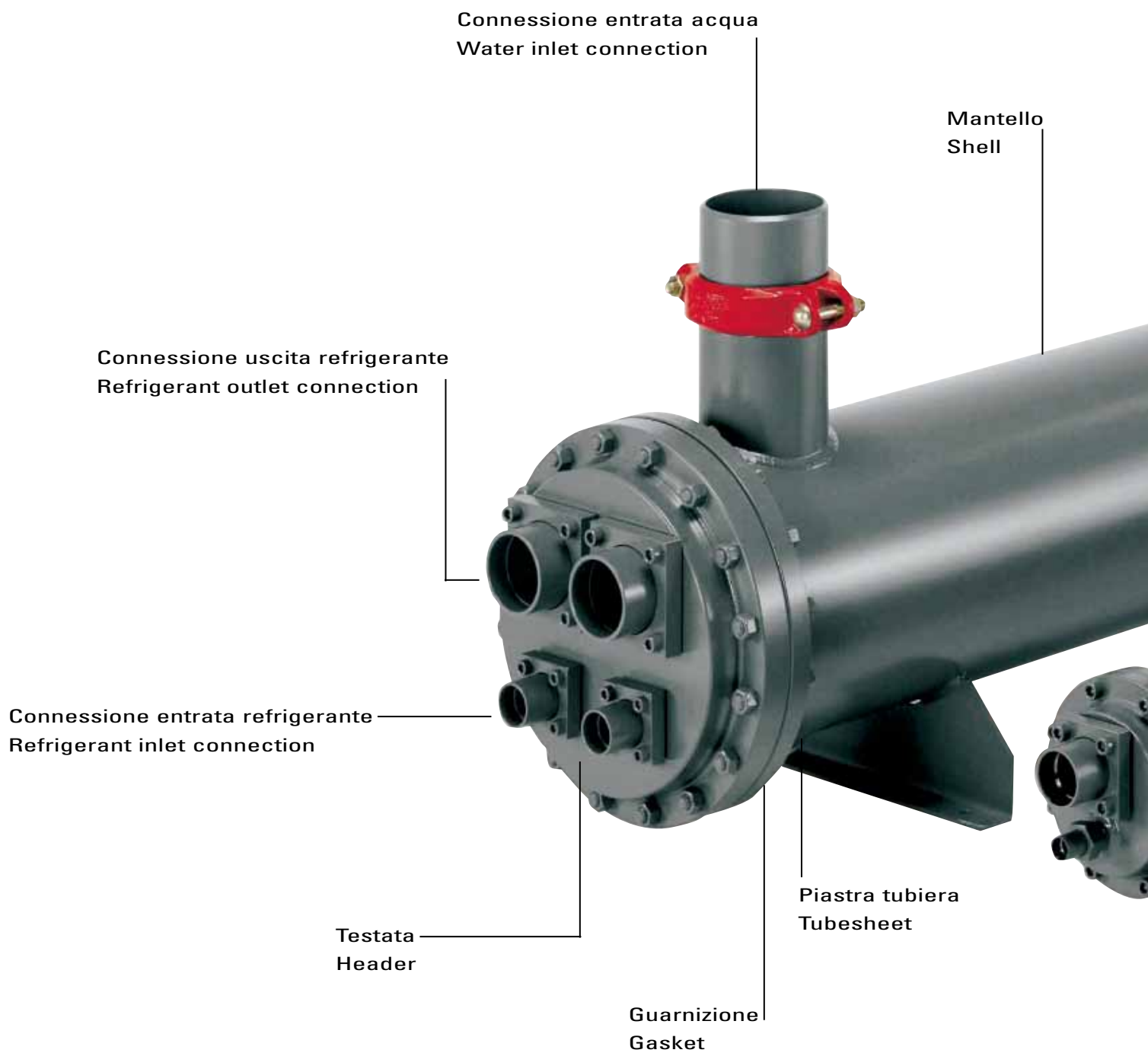
For correct installation and operation of the exchanger the following recommendations should be observed:

- install the exchanger in horizontal position
- purge completely the air from the exchanger during the water filling,
- check the presence of a proper pressure at the exchanger water outlet in order to avoid unloadings and create inside the shell a pressure drop at least equivalent to the one shown in the catalogue or calculated (if operating in open circuit, install at the exchanger water outlet a setting valve),
- avoid, in open circuit, the exchanger unloading during the circulating pump stopping,
- keep the exchanger completely full of water or leave it totally drained when not in use for a long time,
- analyse the water checking the compatibility before using the exchanger in open circuit,
- use, when necessary, inhibited brine solutions to be periodically checked avoiding their contact with air,
- do not reverse the water inlet and outlet in order to not decrease the evaporator performance,
- do not expose the exchanger to excessive vibrations,
- avoid foreign particles entering the water circuit,
- do not operate with water temperature close to 0°C if not mixed with glycol,
- avoid the cavitation of the pump and the presence of gas in the water circuit,
- use only water or brine solutions compatible with the materials of the exchanger and not operate with temperatures close to freezing point.
- avoid the use of the exchanger with water containing chlorine (max content = 3 p.p.m.).
- do not exceed the maximum allowable water flow (see information on software selection program)
- do not unload the cooling capacity more than 40% without having first consulted ONDA
- Please contact ONDA before using electrically operated expansion valve, in order to verify the exchangers' compatibility.

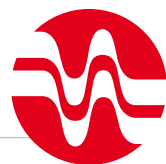
Punto di congelamento Freezing Point [°C]	Glicole Etilenico % in peso Ethylene Glycol % by weight	Glicole Propilenico % in peso Propylene Glycol % by weight
-5	12	16
-10	22	26
-15	30	34
-20	36	40
-25	40	44
-30	44	48
-35	48	52
-40	52	56



SHELL & TUBE EXCHANGER



MPE



ONDA

Advanced
Heat Transfer
Solutions

Connessione uscita acqua
Water outlet connection



Connessioni ausiliarie
Auxiliary sockets

Drenaggio acqua
Water drainage

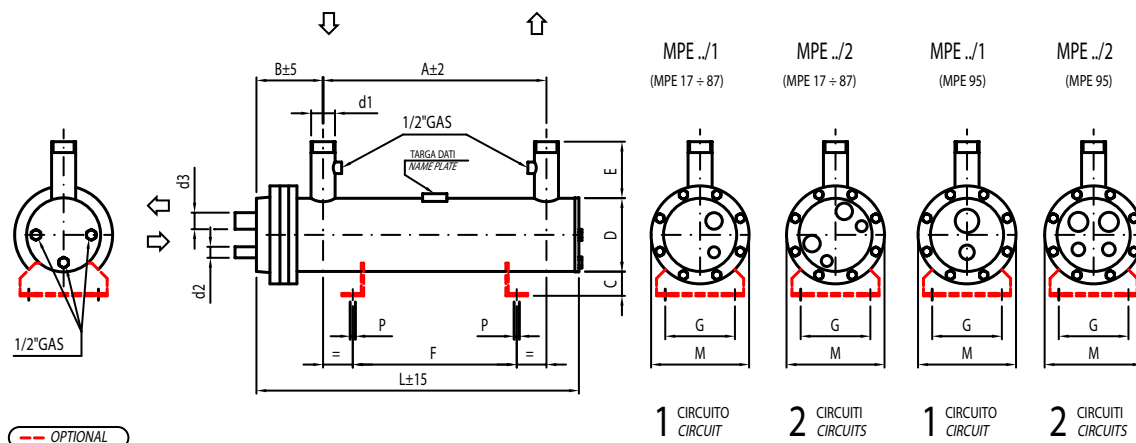
Connessioni ausiliarie
Auxiliary sockets

LEGENDA / NOMENCLATURE

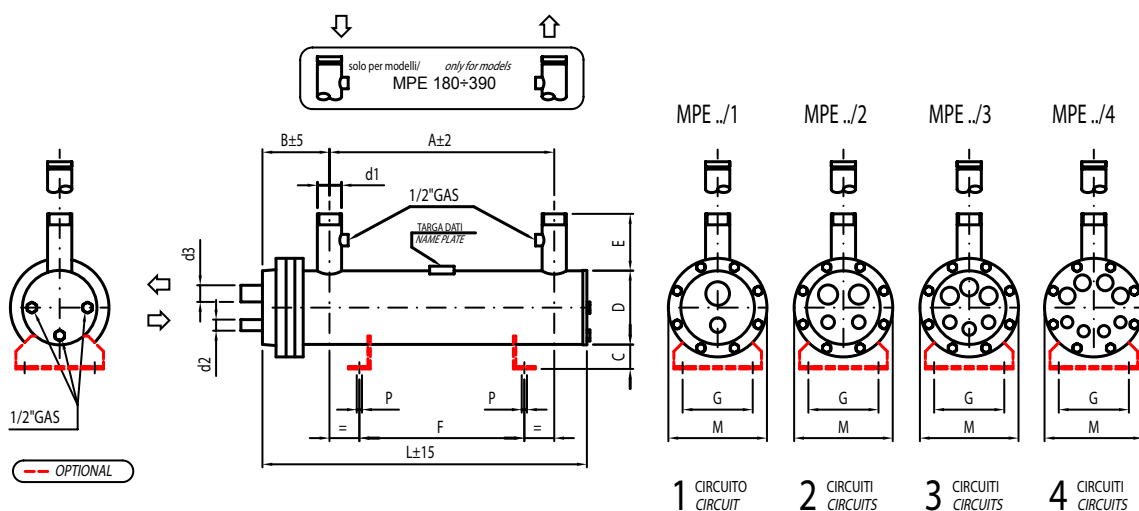
OD	Diametro esterno / Outside diameter
ODS	Diametro interno per saldobrasatura / Outside soldering diameter
FL	Connessione flangiata / Flange connection
RT	Connessione Rotalock / Rotalock connection
GAS	Filettatura ISO 228 gas cilindrica per tubi / ISO 228 Standard Taper



SHELL & TUBE EXCHANGERS



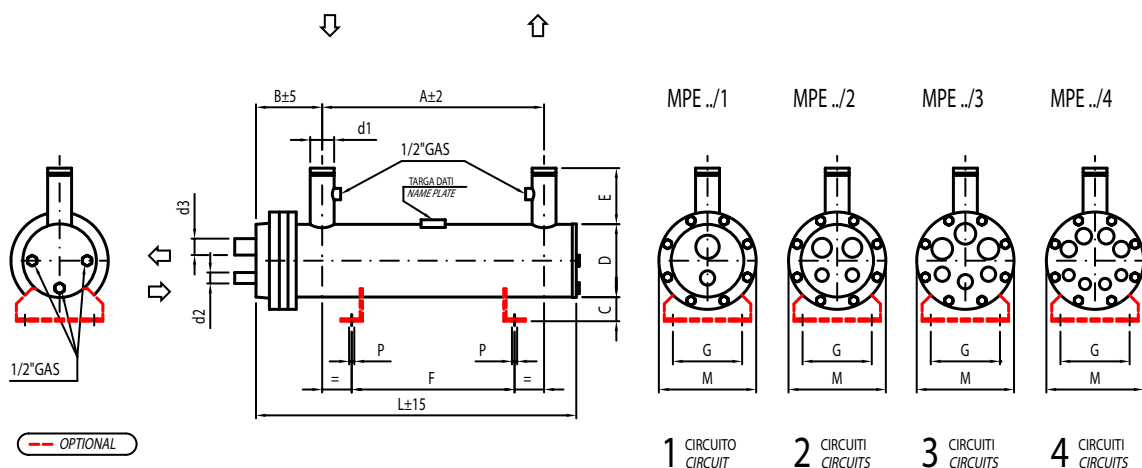
MODELLO / MODEL		MPE	17	26	35	45	55	70	87	95
Potenza totale*		kW	17	26	35	45	55	70	87	95
Total capacity*		Tons (RT)	4,8	7,4	10,0	12,8	15,6	19,9	24,7	27,0
Portata / Flow rate		m³/h	2,9	4,5	6,0	7,7	9,4	12,0	15,0	16,3
Perdite di carico/ Pressure drop		kPa	13	24	31	25	20	27	22	24
Volume di gas		L	3	4	5	6	8	9	11	12
Volume H ₂ O			9	10	12	13	17	19	22	23
* Potenza totale = somma di tutti i circuiti / Total capacity = sum total of all circuits										
Dimensioni / Dimensions (mm)		A	690	840	1040	1190	1030	1180	1380	1530
		B	153				165			
		C	56				56			
		D	141				168			
		E	130				130			
		F	550	650	800	950	800	950	1100	1200
		G	160				160			
		L	915	1065	1265	1415	1280	1430	1630	1780
		M	225				225			
		P	12				12			
Acqua / Water		d1 - PN 10	Ø 1-1/2"				Ø 2-1/2"			
Attacchi / Connections	1 Circuito	MPE../1	d2	ODS (RT) 22				ODS (RT) 22		ODS (RT) 22
	1 Circuit		d3	ODS (RT) 35				ODS (RT) 35		ODS (FL) 54
	2 Circuiti	MPE../2	d2	ODS (RT) 22				ODS (RT) 22		
	2 Circuits		d3	ODS (RT) 35				ODS (RT) 35		
Peso / Weight		kg	35	40	43	48	54	60	66	79
Dati nominali / Nominal Data		R 407C	Temperatura entrata acqua / Inlet water temperature +12°C				Temperatura di evaporazione / Evaporation temperature +2,5°C			
			Temperatura uscita acqua / Outlet water temperature +7°C				Temperatura di condensazione / Condensation temperature +45°C			
			Fattore di sporcamento / Fouling factor m²K/W 0,00043				Surriscaldamento / Superheating 5°C			



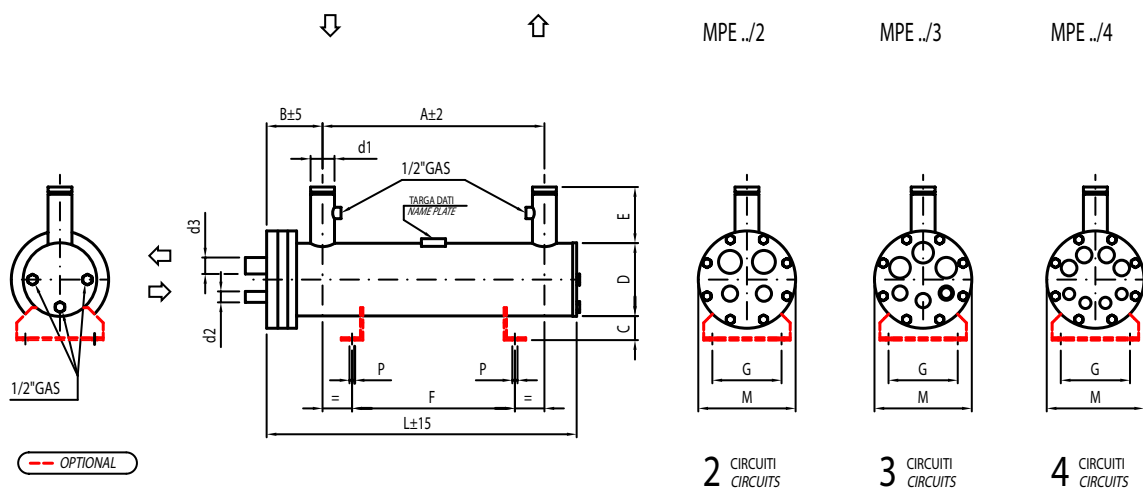
MODELLO / MODEL		MPE	121	137	160	180	230	300	335	390
Potenza totale*		kW	121	137	160	180	230	300	335	390
Total capacity*		Tons (RT)	34,4	39,0	45,5	51,2	65,4	85,3	95,3	110,9
Portata / Flow rate		m³/h	20,8	23,5	27,5	30,9	39,5	51,5	57,5	67,0
Perdite di carico/ Pressure drop		kPa	23	25	41	20	35	30	39	72
Volume di gas		L	13	16	19	20	27	31	34	44
Volume H ₂ O			33	39	42	57	62	111	109	102
* Potenza totale = somma di tutti i circuiti / Total capacity = sum total of all circuits										
Dimensioni / Dimensions (mm)		A	1530	1830	2030	2000	2300	2280		
		B	177			192		225		
		C	66			66		85		
		D	194			219		273		
		E	130			150		150		
		F	1200	1500	1700	1600	1800	1800		
		G	220			220		280		
		L	1805	2105	2305	2305	2605	2720		
		M	270			270		340		
		P	12			12		14		
Acqua / Water		d1 - PN 10	Ø 3"			DN 100		DN 125		
Attacchi / Connections	1 Circuito 1 Circuit	MPE../1	d2	ODS (FL) 35			ODS (FL) 42		ODS (FL) 42	
			d3	ODS (FL) 54			ODS (FL) 64		OD (FL) 89	
	2 Circuiti 2 Circuits	MPE../2	d2	ODS (FL) 28			ODS (FL) 35		ODS (FL) 42	
			d3	ODS (FL) 42			ODS (FL) 54		ODS (FL) 64	
	3 Circuiti 3 Circuits	MPE../3	d2	ODS 28			ODS 28		ODS (RT) 35	
			d3	ODS 42			ODS 42		ODS (FL) 42	
	4 Circuiti 4 Circuits	MPE../4	d2	ODS 22			ODS 22		ODS 28	
			d3	ODS 35			ODS 35		ODS 42	
Peso / Weight		kg	90	100	108	120	140	195	200	215
Dati nominali / Nominal Data		R 407C	Temperatura entrata acqua / Inlet water temperature +12°C				Temperatura di evaporazione / Evaporation temperature +2,5°C			
			Temperatura uscita acqua / Outlet water temperature +7°C				Temperatura di condensazione / Condensation temperature +45°C			
			Fattore di sporcamento / Fouling factor m²K/W 0,000043				Surriscaldamento / Superheating 5°C			



SHELL & TUBE EXCHANGERS



MODELLO / MODEL		MPE	460	510	570	650	750	820	880	975
Potenza totale*		kW	460	510	570	650	750	820	880	975
Total capacity*		Tons (RT)	130,8	145,0	162,1	184,8	213,2	233,2	250,2	277,2
Portata / Flow rate		m³/h	79,0	87,5	97,8	111,6	128,7	140,8	151,0	167,4
Perdite di carico/ Pressure drop		kPa	51	46	62	52	62	48	68	91
Volume di gas		L	53	57	67	85	91	97	103	128
Volume H ₂ O			151	147	137	240	234	221	241	274
* Potenza totale = somma di tutti i circuiti / Total capacity = sum total of all circuits										
Dimensioni / Dimensions (mm)		A	2250			2200		2500	2900	
		B	267			313		313		
		C	94			94		94		
		D	324			406		406		
		E	200			200		200		
		F	1800			1800		2000	2400	
		G	300			400		400		
		L	2760			2770		3005	3405	
		M	420			520		520		
		P	16			16		16		
Acqua / Water		d1 - PN 10	DN 150			DN 200				
Attacchi / Connections	1 Circuito 1 Circuit	MPE../1	d2	ODS (FL) 54			ODS (FL) 54		-	
			d3	OD (FL) 114			OD (FL) 114		-	
	2 Circuiti 2 Circuits	MPE../2	d2	ODS (FL) 42			ODS (FL) 54		ODS (FL) 54	
			d3	OD (FL) 89			OD (FL) 89		OD (FL) 89	
	3 Circuiti 3 Circuits	MPE../3	d2	ODS (RT) 35			ODS (FL) 42		ODS (FL) 42	
			d3	ODS (FL) 64			OD (FL) 89		OD (FL) 89	
	4 Circuiti 4 Circuits	MPE../4	d2	ODS 35			ODS (FL) 42		ODS (FL) 42	
			d3	ODS 54			ODS (FL) 64		ODS (FL) 64	
Peso / Weight		kg	325	335	350	495	510	530	560	620
Dati nominali / Nominal Data		R 407C	Temperatura entrata acqua / Inlet water temperature +12°C				Temperatura di evaporazione / Evaporation temperature +2,5°C			
			Temperatura uscita acqua / Outlet water temperature +7°C				Temperatura di condensazione / Condensation temperature +45°C			
			Fattore di sporcamento / Fouling factor m²K/W 0,000043				Surriscaldamento / Superheating 5°C			



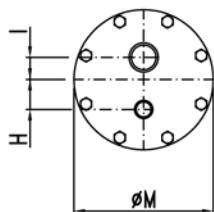
MODELLO / MODEL		MPE	1035	1110	1260	1350				
Potenza totale*		kW	1034	1110	1258	1348				
Total capacity*		Tons (RT)	294,0	315,6	357,7	383,3				
Portata / Flow rate		m³/h	177,5	190,5	215,9	231,4				
Perdite di carico/ Pressure drop		kPa	35	46	61	59				
Volume di gas		L	137	160	175	199				
Volume H ₂ O			374	354	460	435				
* Potenza totale = somma di tutti i circuiti / Total capacity = sum total of all circuits										
Dimensioni / Dimensions (mm)		A	2900		2900					
		B	322		340					
		C	94		94					
		D	457		508					
		E	200		200					
		F	2400		2400					
		G	400		400					
		L	3420		3445					
		M	570		620					
		P	16		18					
Acqua / Water		d1 - PN 10	DN 200		DN 200					
Attacchi / Connections	2 Circuiti 2 Circuits	MPE../2	d2	ODS (FL) 54		ODS (FL) 64				
	d3		OD (FL) 114		OD (FL) 141					
	3 Circuiti 3 Circuits	MPE../3	d2	ODS (FL) 42		ODS (FL) 54				
	d3		OD (FL) 89		OS (FL) 114					
	4 Circuiti 4 Circuits	MPE../4	d2	ODS (FL) 42		ODS (FL) 42				
	d3		ODS (FL) 64		OD (FL) 89					
Peso / Weight		kg	840	880	1035	1090				
Dati nominali / Nominal Data		R 407C	Temperatura entrata acqua / Inlet water temperature +12°C Temperatura di evaporazione / Evaporation temperature +2,5°C							
			Temperatura uscita acqua / Outlet water temperature +7°C Temperatura di condensazione / Condensation temperature +45°C							
			Fattore di sporcamento / Fouling factor m²K/W 0,000043 Surriscaldamento / Superheating 5°C							



SHELL & TUBE EXCHANGERS

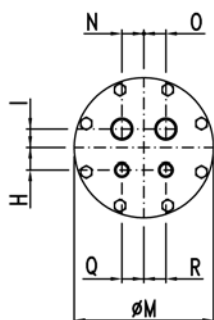
MPE../1

1 Circuito / Circuit



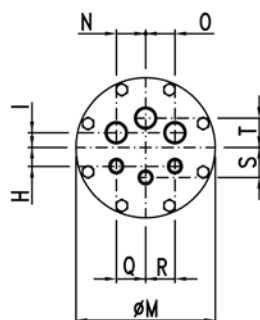
MPE../2

2 Circuiti / Circuits



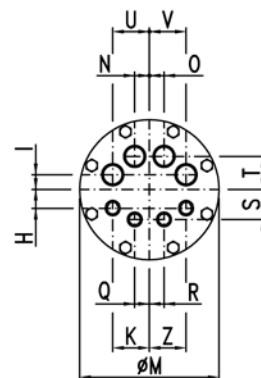
MPE../3

3 Circuiti / Circuits



MPE../4

4 Circuiti / Circuits

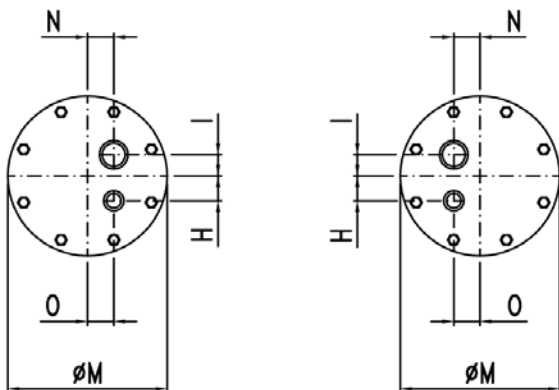


Esclusi mod. MPE 17÷87
Except mod. MPE 17÷87

Testata / Header	ØM mm	225	270	340	420	520	570	620
MPE../1	H mm	40	57	60	90	100	-	-
	I mm	32	44	55	70	100	-	-
MPE../2	H mm	32	52	57	75	85	70	90
	I mm	38	30	45	65	75	90	80
	N mm	40	46	54	67	100	100	120
	O mm	40	46	54	67	100	100	120
	Q mm	34	36	54	67	100	100	120
	R mm	34	36	54	67	100	100	120
MPE../3	H mm	-	40	55	60	80	65	90
	I mm	-	35	45	39	55	80	90
	N mm	-	60	80	101	125	135	150
	O mm	-	60	80	101	125	135	150
	Q mm	-	60	80	101	125	135	150
	R mm	-	60	80	95	125	135	150
	S mm	-	60	90	100	130	85	90
	T mm	-	70	90	110	130	110	90
MPE../4	H mm	-	30	45	45	70	70	80
	I mm	-	30	40	45	60	70	60
	N mm	-	28	38	40	52	52	61
	O mm	-	28	38	40	52	52	61
	Q mm	-	26	32	40	52	52	61
	R mm	-	26	32	40	52	52	61
	S mm	-	42	75	90	115	90	95
	T mm	-	76	95	110	140	105	90
	U mm	-	74	90	110	135	155	183
	V mm	-	74	90	110	135	155	183
	K mm	-	74	90	110	135	155	175
	Z mm	-	74	90	110	135	155	175

MPE../1 4P

1 Circuito 4 passi
1 Circuit 4 passes

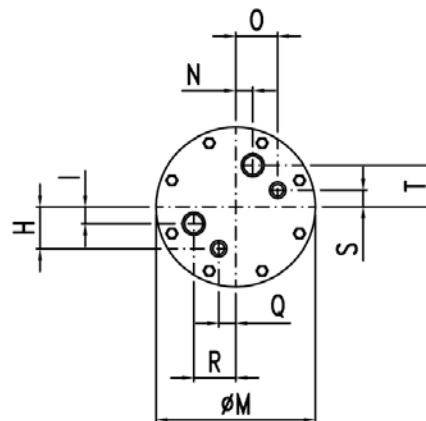


Ø 225 - Ø 270 - Ø 520 - Ø 620

Ø 340 - Ø 420

MPE../2 4P

2 Circuiti 4 passi
2 Circuits 4 passes



Standard per mod. MPE 17÷87
Standard for mod. MPE 17÷87

Testata / Header	ØM mm	225	270	340	420	520	570	620
MPE../1 4P	H mm	40	52	57	75	85	-	120
	I mm	32	30	45	65	85	-	120
	N mm	32	46	54	67	75	-	85
	O mm	32	36	54	67	75	-	85
	d2	ODS (RT) 22	ODS (FL) 35	ODS (FL) 42	ODS (FL) 42	ODS (FL) 54	-	ODS (FL) 64
	d3	ODS (RT) 35	ODS (FL) 54	ODS (FL) 64	OD (FL) 89	OD (FL) 89	-	OD (FL) 141
MPE../2 4P	H mm	60	77	103	120	145	160	185
	I mm	20	23	28	38	55	60	60
	N mm	20	30	30	38	52	60	65
	O mm	60	42	103	115	115	110	120
	Q mm	20	30	30	40	52	60	55
	R mm	54	42	85	105	135	110	120
	S mm	20	23	25	30	50	50	55
	T mm	54	77	85	105	140	150	180
	d2	ODS (RT) 22	ODS (RT) 22	ODS (RT) 35	ODS (RT) 35	ODS 54	ODS (FL) 42	ODS (FL) 54
	d3	ODS (RT) 35	ODS (RT) 35	ODS (FL) 54	ODS (FL) 64	OD 89	ODS (FL) 64	OD (FL) 89



ACCUMULATORI D'ACQUA PER EXCHANGERS WATER ACCUMULATORS FOR EXCHANGERS

ACCUMULATORI D'ACQUA PER SCAMBIATORI

Gli accumulatori per scambiatori "WT" vengono utilizzati nei moderni impianti frigoriferi dove sia necessaria una riserva di acqua refrigerata. Questo volano termico permette un funzionamento più continuo del gruppo frigorifero, diminuendo il numero degli arresti del compressore e assicurando nello stesso tempo una più costante temperatura del fluido freddo durante l'utilizzo.

Gli scambiatori a fascio tubiero ONDA possono essere inseriti, compatibilmente con la lunghezza, negli accumulatori serie "WT" (vedere la successiva tabella; per altre combinazioni contattare ONDA). Questa soluzione permette di avere un'unità estremamente compatta e di facile installazione.

Si possono risparmiare tutti i collegamenti idraulici tra scambiatore e accumulatore e ridurre notevolmente i costi per l'eventuale isolamento termico.

L'accumulo inoltre, può inoltre essere usato come basamento di supporto per la costruzione della macchina frigorifera. Il collegamento dell'accumulatore nell'impianto può essere fatto secondo lo schema di seguito riportato. In tal modo si può sfruttare la riserva di acqua refrigerata, mantenendo comunque il controllo sulla temperatura in uscita del fluido e il funzionamento ottimale dello scambiatore.

WATER ACCUMULATORS FOR EXCHANGERS

ONDA "WT" accumulators for exchangers are used in the modern water chilling systems where a water storage is needed. This kind of "thermic fly-wheel" allows a constant working of the chiller reducing the number of On/Off cycles of the plant.

This also guarantees a constant water temperature to the user. ONDA Shell & Tube exchangers, compatibly with the length, can be fit in our accumulators "WT" series (see following table; please contact ONDA for other request).

This solution allows you to have a very compact unit and make it easy to install.

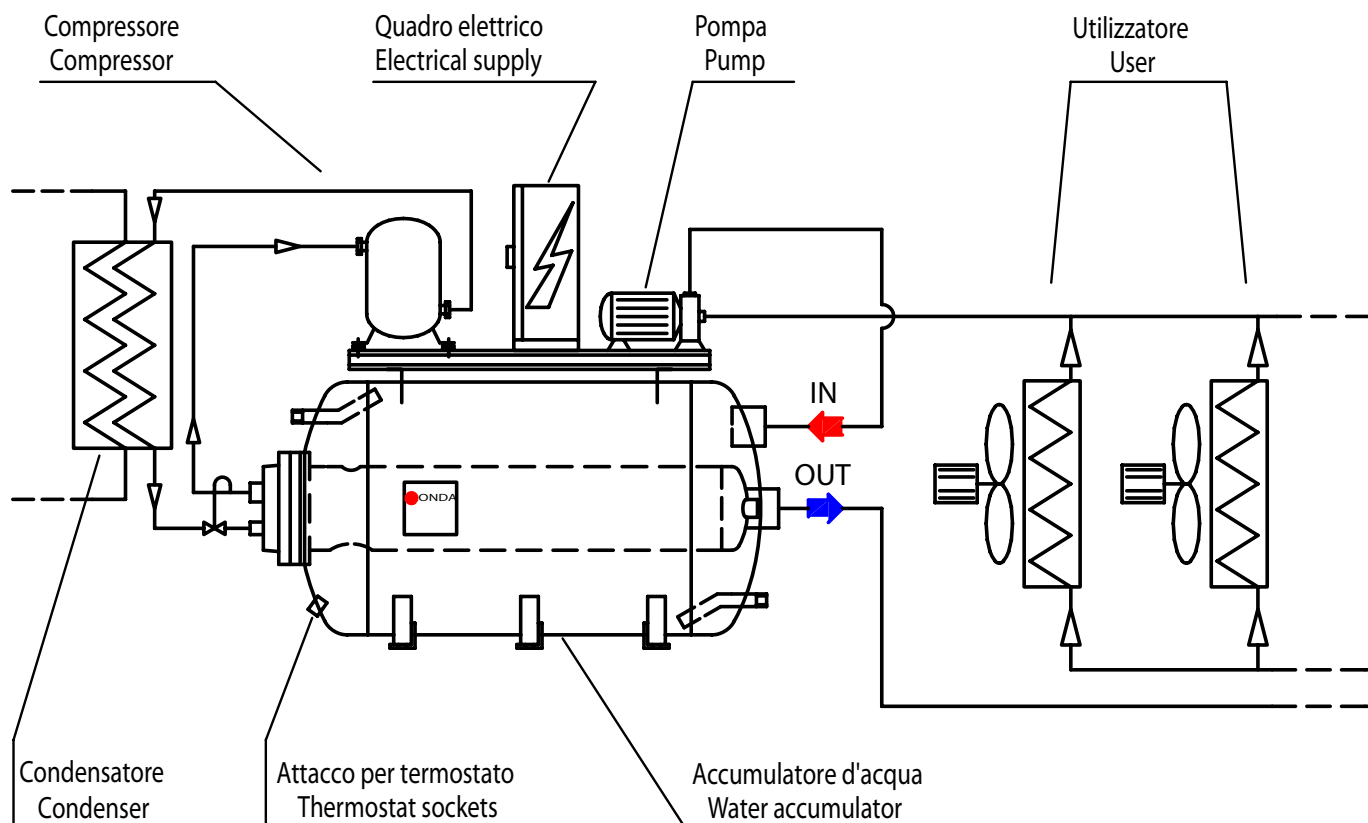
You can reduce both all the water piping, between the exchanger and the accumulator, and the cost for the insulation.

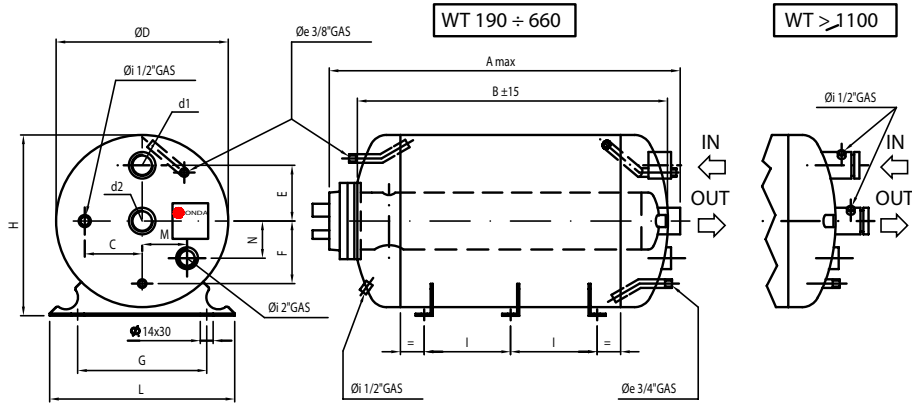
The accumulator can also be used to support all the other chiller's components.

The chilling system can be carried out as the sketch below.

This type of system permits you to use the stored chilled water, properly keeping under control the outlet fluid temperature and having a better performance of the exchanger.

Disegno a carattere dimostrativo *For demonstration only*





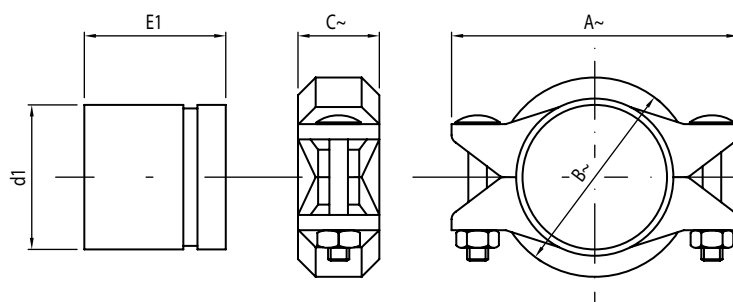
MODELLO / MODEL	WT 190	WT 200	WT 290	WT 470	WT 660	WT 1100	WT 1250	WT 1500	WT 2000
N° staffe / Support no.	2	2	2	2	3	3	4	4	4
Volume H ₂ O [dm ³] / Volume H ₂ O	204	260	298	465	658	1184	1354	1455	1910
A _{max}	1880	1355	1885	1925	2630	2790	3135	3340	3200
B	1760	1225	1770	1780	2485	2520	2870	3070	2855
C	100	125	125	155	155	200	200	200	220
Ø D	400	480	480	600	600	800	800	800	950
E	130	160	160	200	200	270	270	270	290
F	160	190	190	240	240	330	330	330	380
G	300	380	380	480	480	650	650	650	780
H	420	500	500	620	620	820	820	820	970
I	1430	850	1390	1360	1005	1005	780	850	760
L	430	520	520	630	630	830	830	830	980
M	95	110	110	135	135	180	180	180	250
N	85	110	110	155	155	200	200	200	230
d1	Ø _i 2"	Ø _i 1-1/2"	Ø _i 2"	Ø _i 3"	Ø _i 3"	DN 125	DN 125	DN 125	DN 150
d2	Ø _i 2"	Ø _i 1-1/2"	Ø _i 2"	Ø _i 3"	Ø _i 3"	DN 125	DN 125	DN 125	DN 150
Peso / Weight (kg)	68	62	84	106	140	250	270	295	335
Modelli MPE inseribili/ Insertable MPE Models	17	17	17	17	17	180	180	180	300
	26	26	26	26	26	230	230	230	335
	35	35	35	35	35	300	300	300	390
	45	55	45	45	45	460	335	335	460
	55		55	55	55	650	390	390	510
	70		70	70	70		460	460	570
	87		87	87	87		510	510	650
	95		95	95	95		570	570	750
			121	121	121		650	650	820
					137		750	750	880
					160		820	820	1035
					180		880	880	1260
					230				

Accumulatori d'acqua / Water Accumulators	Temperatura di progetto Design Temperature Min / Max [°C]	Pressione di progetto Design Pressure [bar]
CE / GOST	-10 / +90	6

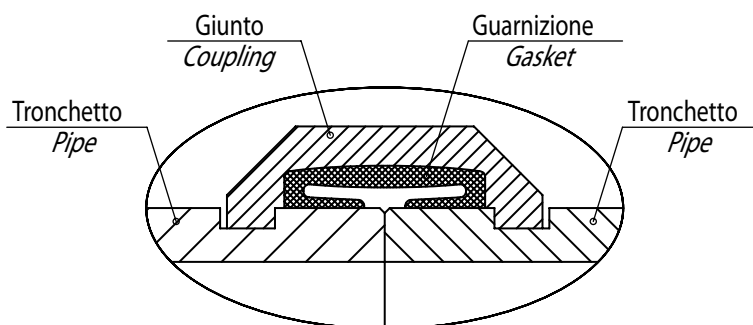


GIUNTI FLESSIBILI FLEXIBLE COUPLINGS

Solo per temperatura superiore a -10°C / Only for temperature higher than -10°C



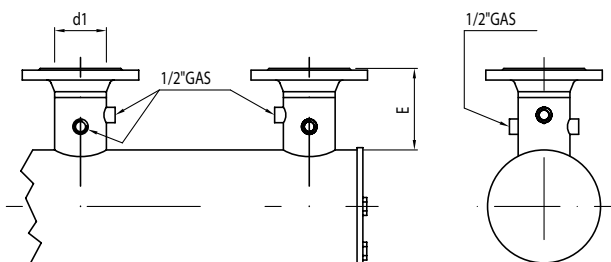
d1	A ~ (mm)	B ~ (mm)	C ~ (mm)	E1 ~ (mm)
DN 80	165	115	50	80
DN 100	200	145	50	100
DN 125	245	175	50	100
DN 150	275	205	55	150
DN 200	345	265	60	150



Isolamento / Insulation

Spessore / Thickness	
8 mm	16 mm
5/16"	5/8"

Disponibile su richiesta / On request available



d1	E (mm)
DN 80 / PN 16	140
DN 100 / PN 16	152
DN 125 / PN 16	155
DN 150 / PN 16	195
DN 200 / PN 10	197

GARANZIA

A - Onda S.p.A. garantisce l'assenza di vizi e difetti nella lavorazione e nei materiali dei propri Prodotti per 18 mesi dalla data della consegna.

Pertanto ove, durante il periodo di garanzia, gli eventuali difetti dei Prodotti risultino oggettivamente fondati e siano riconosciuti per iscritto da Onda S.p.A., quest'ultima provvederà gratuitamente alla riparazione o, a sua discrezione, alla sostituzione dei Prodotti difettosi, con consegna effettuata franco fabbrica (Ex Works - Incoterms 2000) Stabilimento di Onda S.p.A. in via Lord Baden Powell 11 - 36045 Lonigo (VI).

B - Pena di decadenza dalla garanzia, il Cliente dovrà comunicare per iscritto, a mezzo raccomandata con ricevuta di ritorno, i vizi o i difetti riscontrati entro e non oltre 10 (dieci) giorni dal ricevimento dei Prodotti presso la sede del Cliente o altro luogo da questi indicato o, trattandosi di vizi e/o difetti occulti, entro e non oltre 10 (dieci) giorni dalla scoperta degli stessi. In questo caso, l'onere della prova della data della scoperta graverà sul Cliente.

C - Onda S.p.A. garantisce inoltre che i Prodotti sono fabbricati in conformità alle leggi italiane e alle normative comunitarie vigenti alla data di conferma da parte di Onda S.p.A. del relativo ordine del Cliente.

Salvo diverso accordo scritto tra le parti, tutte le altre spese accessorie agli interventi di sostituzione e/o di riparazione, saranno a carico e a rischio del Cliente.

D - La garanzia è esclusa qualora i vizi o difetti dei Prodotti siano stati determinati dalle seguenti cause:

- naturale usura e deterioramento;
- riparazioni, manomissioni o modifiche non autorizzate;
- uso e applicazione impropri;
- eccessiva sollecitazione termica, anche occasionale;
- eccessiva sollecitazione elettrica o meccanica;
- mancato rispetto dei parametri funzionali e ambientali indicati da Onda S.p.A. per il corretto impiego e funzionamento dei Prodotti;
- installazione dei Prodotti difforme da quella indicata nelle specifiche tecniche fornite da Onda S.p.A.;
- qualsiasi altra causa imputabile a negligenza del Cliente.

E - La garanzia è inoltre esclusa in caso di:

- eventuale non conformità dei Prodotti a normative italiane e/o comunitarie entrate in vigore dopo la data della trasmissione della conferma d'ordine di Onda S.p.A.;
- eventuale non conformità dei Prodotti a leggi e/o normative in vigore nel luogo in cui i Prodotti sono installati e/o assemblati dal Cliente e/o nel luogo di finale utilizzazione dei Prodotti, qualora il Cliente non abbia espressamente richiesto la conformità dei Prodotti a tali leggi e/o normative e non abbia regolarmente informato ONDA S.p.A. del loro contenuto prima della data di trasmissione della conferma d'ordine di quest'ultima.

Resta inteso che la presente limitazione si intende efficace anche con riferimento a specifiche normative vigenti in Stati dell'Unione Europea ed applicabili in via autonoma rispetto alle normative comunitarie.

F - Il Cliente non dovrà vendere o commercializzare Prodotti non conformi alle leggi e/o normative indicate nella precedente lettera E. In caso contrario, il Cliente manleverà ONDA S.p.A. da ogni danno e/o perdita dalla stessa sofferto in seguito a contestazioni, sollevate in via giudiziale o stragiudiziale, da qualsiasi soggetto terzo o da pubblica autorità in conseguenza della fabbricazione da parte di ONDA S.p.A. di prodotti non conformi alle summenzionate leggi e/o normative.

G - Ferma restando l'applicazione del DPR 224/1988, in materia di responsabilità per danno da prodotti difettosi, e la responsabilità di Onda S.p.A. in caso di dolo o colpa grave, quest'ultima non sarà in alcun caso responsabile per i danni diretti, indiretti o incidentali che dovessero in qualsiasi modo derivare dalla difettosità dei Prodotti.

WARRANTY

A - Onda S.p.A. warrants that the Products shall be free from defects in material and workmanship for a period of 18 months from the date of the delivery. Therefore, should Onda S.p.A., within the warranty period, acknowledge and recognise in writing the existence of the defects in the products and said defects be materially grounded, Onda S.p.A. shall, at its discretion, repair the defective Products at no costs for the Client or replace them by delivering the substitutive products (Ex works - Incoterms 2000 at Onda S.p.A.'s premises via Lord Baden Powell 11- 36045 Lonigo (VI)).

B - Subject to loss of the warranty, notice of any defect shall be given by the Client in writing with return receipt registered letter within, and not later than, 10 (ten) days from the date of receipt of the products at the Client's premises or in the different delivery place, previously indicated by the latter.

It is hereby understood that the burden of the proof of the date of the discovery shall be borne by the Client.

C - Onda S.p.A. also warrants that the Products are manufactured in compliance with the Italian and European Laws and Regulations in force on the date of the confirmation by Onda S.p.A. of the relevant Client's order. Unless otherwise expressly agreed in writings by the parties, Client shall bear any other additional expenses related to the operations of repairing or replacing of the defective products.

D - This warranty shall not apply should the defects of the Products be caused by:

- natural wear and tear;
- unauthorized repairs, interventions or modifications;
- unsuited use or application;
- thermal overexposure, also when occasional;
- electrical or mechanical over-stress;
- failure of respecting the functional and environmental parameters suggested by Onda S.p.A. for the correct use and exploitation of the products;
- installation of the products not in compliance with the technical specifications provided by Onda S.p.A.;
- any other cause due to the Client's negligence

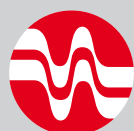
E - This warranty shall also not apply in case of:

- non compliance of the Products with Italian and European Laws and/or Regulations entered in force after the date of transmission of the order confirmation by Onda S.p.A..
- non compliance of the Products with Laws and/or Regulations in force in the place where the Products are installed and/or assembled by the Client and/or in the place of their final use, should the Client not expressly require the conformity of the Products to said Laws and Regulations and not duly inform Onda S.p.A. of their content before the date of transmission of the latter's order confirmation.

This limitation of the warranty is also applicable with reference to peculiar Laws and Regulations valid and binding in States of the European Union independently of the European Laws and Regulations.

F - The Client shall not sell or market Products not in compliance with the Laws and Regulations mentioned under letter E above. In the negative, the Client shall keep ONDA S.p.A. harmless of any damage or loss suffered by the latter, due to any third party's and/or authority's claim raised as a consequence of the manufacture by ONDA S.p.A. of Products not in compliance with the above mentioned Laws and Regulations.

G - Without prejudice to the application of DPR 224/1988 on product liability and liability for gross negligence or wilful misconduct, Onda S.p.A. shall never be liable for direct, indirect or occasional damages which in any manner derived from defective products.



ONDA

Advanced
Heat Transfer
Solutions

Onda spa - Headquarter

via Lord Baden Powell, 11
36045 Lonigo (VI) Italy
T: +39 0444 720720
F. +39 0444 720721
www.onda-it.com
onda@onda-it.com

Plate Division

via Vittoria, 158 A
36065 Mussolente
(VI) Italy
T: +39 0424 87633
F. +33 0424 87744

Onda France S.A.R.L.

320, Avenue Berthelot
69371 Lyon France
T: +33 472784606
F. +33 472784807
www.onda-fr.com

ANEXO 13: FICHA TÉCNICA
CONDENSADOR

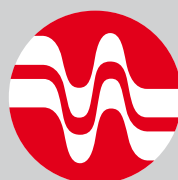
A D V A N C E D
H E A T T R A N S F E R
S O L U T I O N S

HERMETIC CONDENSERS

WATER SYSTEM



HC
CEO
CEV



ONDA

INFORMAZIONI TECNICHE

Le principali applicazioni dei nostri condensatori ermetici HC sono la condensazione di gas frigoriferi negli impianti di condizionamento o refrigerazione.

I refrigeranti impiegabili sono gli HCFC, gli HFC ed altri, purché compatibili con i materiali di costruzione e con le normative vigenti.

I condensatori ermetici HC hanno capacità termica, a condizioni standard, compresa tra 2,6 e 50 kW.

Tutti i condensatori ermetici HC possono essere utilizzati sia per acqua di torre che per acqua di pozzo.

I dati dimensionali contenuti in questo catalogo devono intendersi come indicativi in quanto soggetti a tolleranze di fabbricazione. Ci riserviamo di apportare modifiche a tali dati in qualunque momento e senza alcun preavviso.

MATERIALI

La costruzione dei condensatori ermetici HC prevede l'utilizzo dei seguenti materiali:

- mantello e connessioni refrigerante: acciaio al carbonio
- tubi: rame

Tutti i condensatori sono equipaggiati di attacchi di servizio e per valvola di sicurezza.

Le connessioni lato refrigerante sono con attacco del tipo Rotalock.

PROVE, NORMATIVE, LIMITI D'IMPIEGO

Tutti i condensatori ermetici HC sono sottoposti a prove di pressione ai valori e con le modalità previste dalle sotto citate omologazioni.

I requisiti essenziali di sicurezza dei condensatori ermetici HC, in quanto recipienti a pressione, sono garantiti dal rispetto della Direttiva 97/23/CE in fase di progettazione meccanica, di scelta ed uso dei materiali, di costruzione e di controllo, di prova a pressione e di documentazione finale.

Il montaggio, l'installazione e/o la giunzione permanente di elementi e/o accessori devono essere conformi alle norme vigenti.

I limiti d'impiego di temperatura e pressione sono riassunti nella tabella seguente.

TECHNICAL INFORMATION

The main applications of our hermetic condensers HC are the condensation of refrigerant gas in the air conditioning and refrigeration plants.

Suitable refrigerants are HCFCs, HFCs and somemore, provided that they are compatible with the manufacturing materials and according to laws and/or regulations in force.

In standard conditions HC hermetic condensers have a heat rejection capacity range from 2.6 to 50 KW.

Each unit can be used both for tower and for city water.

Dimensional data contained in this catalogue are to be intended as indicative taking into account manufacturing tolerances. We reserve the right to make changes to this catalogue without prior notice.

MATERIALS

The construction materials of hermetic condensers HC consist of:

- shell and refrigerant connections: carbon steel
- tubes: copper

All the condensers are provided with safety valve connection and auxiliary connections.

Refrigerant side connections are Rotalock type.

TESTS, VESSEL CODES, WORKING LIMITS

Each HC hermetic condenser undergoes to a pressure test according to the below mentioned certifications.

The essential safety requirements, being the HC hermetic condenser a pressure vessel, are in compliance with 97/23/EC Directive for materials, design, manufacturing, proof test and final documentation.

Assembling, installation and/or permanent joining of the accessories must be in compliance with Laws and/or Regulations in force.

Temperature and pressure design limits are shown in the table below.



HC

Condensatori ermetici HC / Hermetic Condensers HC			
	Temperatura di progetto Design temperature Min / Max [°C]	Pressione di progetto Design Pressure [bar]	
		Gas	H ₂ O
CE / GOST	- 10 ÷ 120	30	10

LEGENDA / NOMENCLATURE

G	Filettatura ISO 228/1 di tubazioni per accoppiamento non atenuata sul filetto ISO 228/1 pipe threads where pressure-tight joints are not made on the threads
RTLK	Connessione Rotalock / Rotalock connection
NPT	Filettatura americana conica per tubi / American Standard Taper pipe threads

New Onda generation

ACCESSORI

Su richiesta viene fornito il seguente accessorio:
- rubinetti Rotalock

CONSIGLI PER UNA CORRETTA SELEZIONE

Il fattore di sporcamento (f.f.) è un elemento fondamentale per il dimensionamento di un condensatore, quindi si suggerisce una scelta corretta del suo valore in base ai seguenti parametri:

- acqua di pozzo normale f.f. = 0.000043 [m²K/W]
- acqua di torre trattata f.f. = 0.000043 "
- acqua di fiume f.f. = 0.000086 "
- acqua glicolata < 40% f.f. = 0.000086 "
- acqua glicolata > 40% f.f. = 0.000172 "

Si consiglia di mantenere la velocità dell'acqua nell'intervallo compreso tra 1,7 e 2,5 m/s. Allo scopo di evitare danni allo scambiatore in caso di basse temperature, si evidenziano i punti di congelamento delle soluzioni glicolate (di primarie marche), nelle varie percentuali. In caso di temperature di lavoro vicine a detti punti, aumentare opportunamente le percentuali di glicole indicate.

ACCESSORIES

On request the following accessory is available:
- Rotalock shut-off valves

ADVICE FOR A CORRECT SELECTION

The fouling factor (f.f.) is essential for a correct selection of condensers, therefore some useful parameters are reported below:

- normal city water f.f. = 0.000043 [m²K/W]
- treated tower water f.f. = 0.000043 "
- river water f.f. = 0.000086 "
- glycol solutions < 40% f.f. = 0.000086 "
- glycol solutions > 40% f.f. = 0.000172 "

In order to obtain a high efficiency, a suitable water velocity is also required. The recommended range value is between 1.7 and 2.5 m/s.

To avoid damages to the condenser at low temperature, the freezing points of glycol mixtures (of primary brands), are shown. When working in temperatures close to the reported freezing points, the indicated percentage of glycol has to be increased.

Punto di congelamento Freezing Point [°C]	Glicole Etilenico % in peso Ethylene Glycol % by weight	Glicole Propilenico % in peso Propylene Glycol % by weight
-5	14,0	15,2
-10	23,6	25,0
-15	30,5	33,0
-20	36,2	39,0
-25	41,1	44,0
-30	45,4	48,0
-35	49,3	51,0
-40	52,8	54,0

INSTALLAZIONE ED USO

Per una corretta installazione ed uso del condensatore si raccomanda di:

- installare il condensatore in posizione verticale
- evacuare completamente l'aria dal condensatore in fase di caricamento dell'impianto
- evitare la presenza di gas nel circuito idraulico durante il funzionamento dell'impianto
- lasciare il condensatore completamente pieno d'acqua o totalmente vuoto in caso di lunghe fermate
- impiegare sempre acqua o soluzioni compatibili con i materiali del condensatore, ponendo particolare attenzione alla presenza di cloro e zolfo
- impiegare, quando necessario, soluzioni incongeliabili inibite e verificarle nel tempo evitando il loro contatto con l'aria
- limitare al massimo la trasmissione di vibrazioni dal compressore al condensatore mediante l'utilizzo di opportuni smorzatori
- evitare l'ingresso di corpi estranei nel circuito idraulico

INSTALLATION AND OPERATION

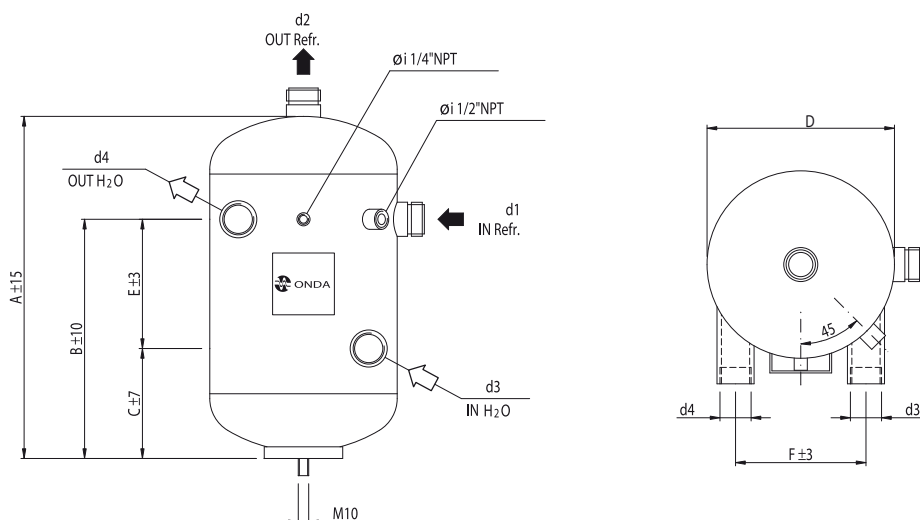
For a correct installation and operation the following recommendations should be observed:

- install the condenser in vertical position
- purge completely the air from the condenser during water filling
- avoid presence of gas in the hydraulic circuit during working period
- keep the condenser completely full of water or leave it totally drained when not in use for a long time
- always use water or solutions suitable with construction materials. Avoid solutions containing chlorine and sulphur
- use, when necessary, inhibited brine solutions which have to be periodically checked and avoid their contact with air
- limit vibration transmission from compressor to condenser by means of pulse damper devices
- avoid foreign particles entering the water circuit



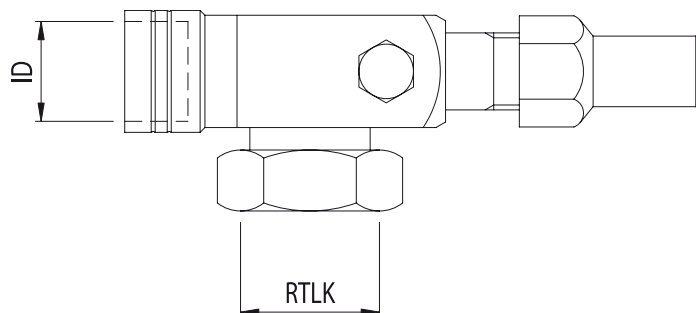
CONDENSATORI ERMETICI

HERMETIC CONDENSERS

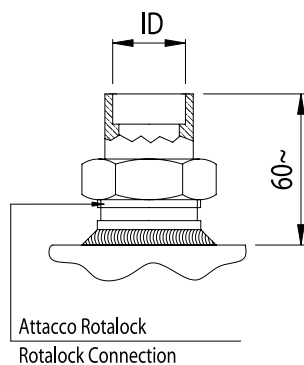


MODELLO / MODEL	HC	2,8	6	9	13	18	29	35	50
Codice articolo / Article code CE		F3900705	F3900715	F3900725	F3900735	F3900745	F3900755	F3900765	F3900775
ACQUA DI TORRE / TOWER WATER									
POTENZA / CAPACITY	kW	2,6	5,2	7,9	10,8	13,3	23,0	26,5	39,0
	Tons (RT)	0,74	1,48	2,25	3,07	3,78	6,54	7,54	11,10
PORTATA / Flow rate	m ³ /h	0,34	0,68	1,04	1,42	1,74	3,02	3,47	5,11
DP / Pressure drop	kPa	2	8	20	42	58	47	62	67
ACQUA DI POZZO/ CITY WATER									
POTENZA / CAPACITY	kW	2,8	5,2	8,5	13,0	17,5	28,5	35,0	50,0
	Tons (RT)	0,80	1,48	2,42	3,70	4,98	8,10	9,95	14,22
PORTATA / Flow rate	m ³ /h	0,19	0,35	0,56	0,86	1,16	1,89	2,32	3,31
DP / Pressure drop	kPa	1	3	7	18	30	21	29	31
Volume lato refrigerante Refrigerant side volume	L	4.8	4.6	8.4	8.3	8.1	19.3	19.0	20.1
Volume lato acqua Water side volume		0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	2.0	2.6	4.3
Dimensioni [mm] Dimensions	A	315		430			465		515
	B	230		330			330		385
	C	100		110			150		145
	D	168		194			273		273
	E	130		220			180		240
	F	120		135			190		200
PESO / Weight	kg	8,0	8,5	11,5	12,0	13,0	22,5	23,0	27,5
Dati nominali Nominal data	d1	(RTLK) 1"		(RTLK) 1" 1/4			(RTLK) 1" 3/4		
	d2	(RTLK) 1"		(RTLK) 1"			(RTLK) 1"		
	d3	G 1/2"		G 1/2"			G 1" 1/2		
	d4	G 1/2"		G 1/2"			G 1" 1/2		

	Refrigerante / Refrigerant R 407C	Acqua di torre Tower Water	Acqua di pozzo City Water
Dati nominali / Nominal data	Temperatura entrata acqua / Inlet water temperature	+ 29,4 °C	+15 °C
	Temperatura di condensazione / Cond. Temp. Bubble	+ 40,1 °C	+ 34,0 °C
	Temperatura entrata acqua / Inlet water temperature	+2 °C	
	Fattore di sporcamento / Fouling factor	0 m ² K/W	



RUBINETTI ROTALOCK / ROTALOCK VALVES		
TIPI / TYPE	ID mm	codice / code
RTLK 1" UNS	18,2	M4100013
RTLK 1" 1/4 UNF	22,2	M4100021
RTLK 1" 1/4 UNF	28,2	M4100022
RTLK 1" 3/4 UN	28,2	M4100030
RTLK 1" 3/4 UN	35,2	M4100031
RTLK 1" 3/4 UN	42,2	M4100032



Connessione RTLK RTLK Connection	ODS		ID mm
	mm	inch	
RTLK 1"	14	-	14,2
RTLK 1"	16	5/8"	16,2
RTLK 1" 1/4	18	-	18,2
RTLK 1" 1/4	22	7/8"	22,5
RTLK 1" 1/4	28	-	28,2
RTLK 1" 3/4			
RTLK 1" 3/4	35	1" 3/8	35,3
RTLK 1" 3/4	42	-	42,3

INFORMAZIONI TECNICHE

Le principali applicazioni dei nostri condensatori ermetici CEO & CEV sono la condensazione di gas frigoriferi negli impianti di condizionamento o refrigerazione.

I refrigeranti impiegabili sono gli HCFC, gli HFC ed altri, purché compatibili con i materiali di costruzione e con le normative vigenti.

I condensatori ermetici CEO & CEV hanno capacità termica, a condizioni standard, compresa tra 1,5 e 80 kW.

Tutti i condensatori ermetici CEO & CEV possono essere utilizzati sia per acqua di torre che per acqua di pozzo.

I dati dimensionali contenuti in questo catalogo devono intendersi come indicativi in quanto soggetti a tolleranze di fabbricazione. Ci riserviamo di apportare modifiche a tali dati in qualunque momento e senza alcun preavviso.

MATERIALI

La costruzione dei condensatori ermetici CEO & CEV prevede l'utilizzo dei seguenti materiali:

- mantello e connessioni refrigerante: acciaio al carbonio
- tubi: rame

Tutti i condensatori sono equipaggiati di attacchi di servizio e per valvola di sicurezza.

Le connessioni lato refrigerante sono con attacco del tipo Rotalock.

PROVE, NORMATIVE, LIMITI D'IMPIEGO

Tutti i condensatori ermetici HC sono sottoposti a prove di pressione ai valori e con le modalità previste dalle sotto citate omologazioni.

I requisiti essenziali di sicurezza dei condensatori ermetici CEO & CEV, in quanto recipienti a pressione, sono garantiti dal rispetto della Direttiva 97/23/CE in fase di progettazione meccanica, di scelta ed uso dei materiali, di costruzione e di controllo, di prova a pressione e di documentazione finale.

Il montaggio, l'installazione e/o la giunzione permanente di elementi e/o accessori devono essere conformi alle norme vigenti.

I limiti d'impiego di temperatura e pressione sono riassunti nella tabella seguente.



CEV



CEO

Condensatori ermetici CEO & CEV / Hermetic Condensers CEO & CEV			
	Temperatura di progetto Design temperature Min / Max [°C]	Pressione di progetto Design Pressure	
		Gas	H ₂ O
CE / GOST	- 10 ÷ 120	30	10

LEGENDA / NOMENCLATURE

G	Filettatura ISO 228/1 di tubazioni per accoppiamento non atenuata sul filetto ISO 228/1 pipe threads where pressure-tight joints are not made on the threads
RTLK	Connessione Rotalock / Rotalock connection
NPT	Filettatura americana conica per tubi / American Standard Taper pipe threads

TECHNICAL INFORMATION

The main applications of our hermetic condensers CEO & CEV are the condensation of refrigerant gas in the air conditioning and refrigeration plants.

Suitable refrigerants are HCFCs, HFCs and somemore, provided that they are compatible with the manufacturing materials and according to laws and/or regulations in force.

In standard conditions CEO & CEV hermetic condensers have a heat rejection capacity range from 1,5 to 80 KW.

Each unit can be used both for tower and for city water.

Dimensional data contained in this catalogue are to be intended as indicative taking into account manufacturing tolerances. We reserve the right to make changes to this catalogue without prior notice.

MATERIALS

The construction materials of hermetic condensers CEO & CEV consist of:

- shell and refrigerant connections: carbon steel
- tubes: copper

All the condensers are provided with safety valve connection and auxiliary connections.

Refrigerant side connections are Rotalock type.

TESTS, VESSEL CODES, WORKING LIMITS

Each HC hermetic condenser undergoes to a pressure test according to the below mentioned certifications.

The essential safety requirements, being the CEO & CEV hermetic condenser a pressure vessel, are in compliance with 97/23/EC Directive for materials, design, manufacturing, proof test and final documentation.

Assembling, installation and/or permanent joining of the accessories must be in compliance with Laws and/or Regulations in force.

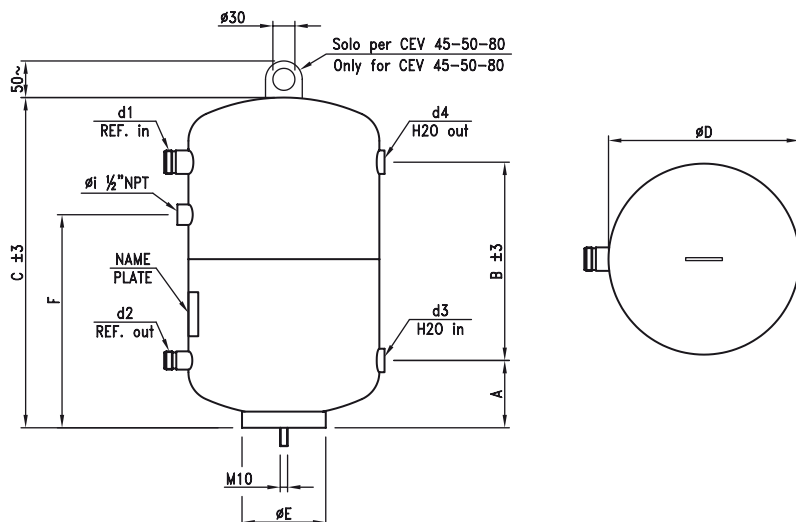
Temperature and pressure design limits are shown in the table below.



CONDENSATORI ERMETICI VERTICALI

VERTICAL HERMETIC CONDENSERS

CEV



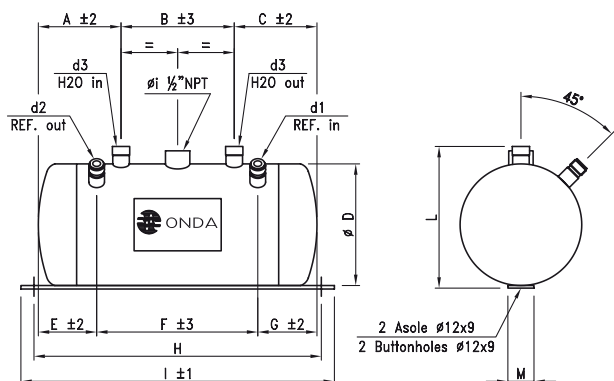
MODELLO / MODEL	CEV	15	30	45	50	80
Codice articolo / Article code CE		F3900815	F3900830	F3900845	F3900850	F3900880
		categoria PED II / PED category II				
POTENZA / CAPACITY	kW	12,5	27,0	43,7	50,8	80,4
	Tons (RT)	3,6	7,7	12,4	14,5	22,9
PORTATA / Flow rate	m³/h	0,72	1,56	2,52	2,93	4,6
Aumento di temp. Acqua/ Water temp. gain	K	15	15	15	15	15
DP / Pressure drop	kPa	14,7	17,9	21,2	30,5	46,1
Volume lato refrigerante Refrigerant side volume	L	7,8	9,2	16,2	15,9	30,6
Volume lato acqua Water side volume		0,7	1,5	2,4	2,7	4,1
Dimensioni [mm] Dimensions	A	60	78	92		128
	B	210	230	270		314
	C	318	369	450		553
	D	200	220	260		324
	E	114	114	114		114
	F	208	239	290		285
Conessioni Connections	d1	RTLK 1"	RTLK 1 1/4"	RTLK 1 1/4"		RTLK 1 3/4"
	d2	RTLK 3/4"	RTLK 1"	RTLK 1"		RTLK 1 1/4"
	d3	G 1/2"	G 1/2"	G 3/4"		G 1"
	d4	G 1/2"	G 1/2"	G 3/4"		G 1"
Peso / Weight	kg	9	13	15	16	20

Dati nominali Nominal Data	Temp. entrata acqua / Inlet water temperature	+ 25,0 °C
	Temp. di condensazione / Condensation temp. R404A	+ 45,0 °C
	Sottoraffreddamento / Subcooling	+ 3 K
	Fattore di sporcamento / Fouling factor	0,000043 m² K/W

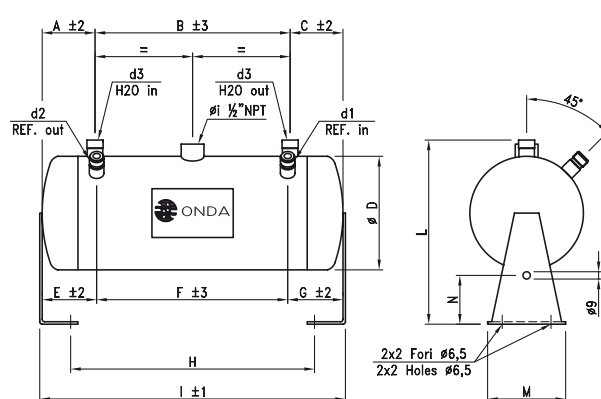


CONDENSATORI ERMETICI ORIZZONTALI

HORIZONTAL HERMETIC CONDENSERS



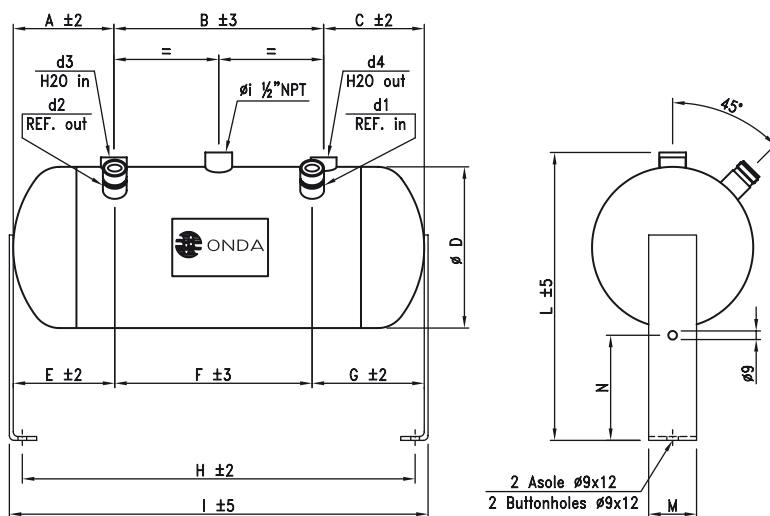
CE0 1,5



CE0 2 - 3

MODELLO / MODEL	CEO	1,5	2	3
Codice articolo / Article code CE		F3900801	F3900802	F3900803
		categoria PED I/PED category I	categoria PED I/PED category I	categoria PED I/PED category I
POTENZA / CAPACITY	kW	1,5	1,84	2,70
	Tons (RT)	0,38	0,52	0,77
PORTATA / Flow rate	m³/h	0,117	0,159	0,234
Aumento di temp. Acqua/ Water temp. gain	K	10	10	10
DP / Pressure drop	kPa	4,3	8,8	21,5
Volume lato refrigerante Refrigerant side volume	L	4,3	4,3	4,1
Volume lato acqua Water side volume		0,3	0,3	0,4
Dimensioni [mm] Dimensions	A	95	65	
	B	130	240	
	C	95	65	
	D	139.7	139.7	
	E	67	67	
	F	185	235	
	G	68	68	
	H	330	300	
	I	360	376	
	L	163	227	
Conessioni Connections	d1	RTLK 3/4"	RTLK 3/4"	
	d2	RTLK 3/4"	RTLK 3/4"	
	d3	ODS 3/8"	ODS 3/8"	
	d4	ODS 3/8"	ODS 3/8"	
Peso / Weight	kg	4	4	6

Dati nominali Nominal Data	Temp. entrata acqua / Inlet water temperature	+ 25,0 °C
	Temp. di condensazione / Condensation temp. R404A	+ 45,0 °C
	Sottoraffreddamento / Subcooling	+ 3 K
	Fattore di sporcamento / Fouling factor	0,000043 m² K/W



MODELLO / MODEL	CEO	4	6
Codice articolo / Article code CE		F3900804	F3900806
		categoria PED I/PED category I	categoria PED I/PED category I
POTENZA / CAPACITY	kW	4,16	6,06
	Tons (RT)	1,18	1,72
PORTATA / Flow rate	m³/h	0,240	0,350
Aumento di temp. Acqua/ Water temp. gain	K	15	15
DP / Pressure drop	kPa	1,5	3,4
Volume lato refrigerante Refrigerant side volume	L	6,6	6,4
Volume lato acqua Water side volume		0,4	0,7
Dimensioni [mm] Dimensions	A	105	
	B	219	
	C	105	
	D	168,3	
	E	106	
	F	206	
	G	117	
	H	410	
	I	437	
	L	300	
	M	50	
	N	110	
Conessioni Connections	d1	RTLK 1"	
	d2	RTLK 1"	
	d3	G 1/2"	
	d4	G 1/2"	
Peso / Weight	kg	10	11

Dati nominali Nominal Data	Temp. entrata acqua / Inlet water temperature	+ 25,0 °C
	Temp. di condensazione / Condensation temp. R404A	+ 45,0 °C
	Sottoraffreddamento / Subcooling	+ 3 K
	Fattore di sporcamento / Fouling factor	0,000043 m² K/W

LIMITI D'IMPIEGO WORKING CONDITIONS

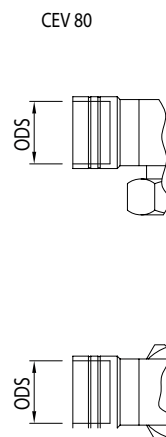
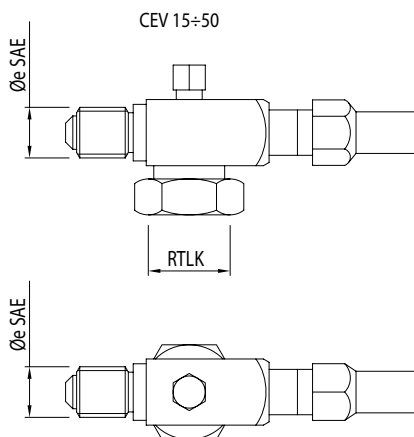
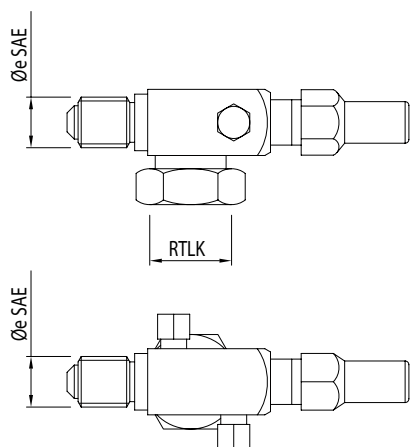
Temperatura di progetto / Design Temperature TS		Pressione di progetto / Design Pressure PS	
CE	Min / Max [°C]	Gas [bar]	H ₂ O
	- 10 / +120	30	10

ACCESSORI SU RICHIESTA ACCESSORIES ON REQUEST

GHIERA E RACCORDI ROTALOCK / ROTALOCK NUT AND FITTING

MODELLO / MODEL	REFRIGERANT INLET			REFRIGERANT OUTLET		
	CONNECTION TYPE	ODS	NUT+FITTING CODE	CONNECTION TYPE	ODS	NUT+FITTING CODE
CEO 1,5	RTLK 3/4"	10	F7030001	RTLK 3/4"	10	F7030001
CEO 2	RTLK 3/4"	10	F7030001	RTLK 3/4"	10	F7030001
CEO 3	RTLK 3/4"	10	F7030001	RTLK 3/4"	10	F7030001
CEO 4	RTLK 1"	16	F7031002	RTLK 1"	16	F7031002
CEO 6	RTLK 1"	16	F7031002	RTLK 1"	16	F7031002
CEV 15	RTLK 1"	16	F7031002	RTLK 3/4"	10	F7030001
CEV 30	RTLK 1 1/4"	22	F7032002	RTLK 1"	16	F7031002
CEV 45	RTLK 1 1/4"	22	F7032002	RTLK 1"	16	F7031002
CEV 50	RTLK 1 1/4"	22	F7032002	RTLK 1"	16	F7031002
CEV 80	RTLK 1 3/4"	35	F7033002	RTLK 1 1/4"	22	F7032002

RUBINETTI ROTALOCK / ROTALOCK VALVES



	MODEL	CODE FOR VALVE	RTLK	Ø e SAE
CEO	CEO 1,5	M4100070	3/4 "	3/8 "
	CEO 2	M4100070	3/4 "	3/8 "
	CEO 3	M4100070	3/4 "	3/8 "
	CEO 4	M4100075	1 "	3/8 "
	CEO 6	M4100075	1 "	3/8 "
CEV	CEV 15	M4100080	3/4 "	1/2 " SAE
	CEV 30	M4100085	1 "	5/8 " SAE
	CEV 45	M4100090	1 "	3/4 " SAE
	CEV 50	M4100090	1 "	3/4 " SAE
	CEV 80	M4100095	1 1/4"	ODS 7/8 "

New Onda generation

GARANZIA

A - Onda S.p.A. garantisce l'assenza di vizi e difetti nella lavorazione e nei materiali dei propri Prodotti per 18 mesi dalla data della consegna.

Pertanto ove, durante il periodo di garanzia, gli eventuali difetti dei Prodotti risultino oggettivamente fondati e siano riconosciuti per iscritto da Onda S.p.A., quest'ultima provvederà gratuitamente alla riparazione o, a sua discrezione, alla sostituzione dei Prodotti difettosi, con consegna effettuata franco fabbrica (Ex Works – Incoterms 2000) Stabilimento di Onda S.p.A. in via Lord Baden Powell 11 – 36045 Lonigo (VI).

B - Pena di decadenza dalla garanzia, il Cliente dovrà comunicare per iscritto, a mezzo raccomandata con ricevuta di ritorno, i vizi o i difetti riscontrati entro e non oltre 10 (dieci) giorni dal ricevimento dei Prodotti presso la sede del Cliente o altro luogo da questi indicato o, trattandosi di vizi e/o difetti occulti, entro e non oltre 10 (dieci) giorni dalla scoperta degli stessi. In questo caso, l'onere della prova della data della scoperta graverà sul Cliente.

C - Onda S.p.A. garantisce inoltre che i Prodotti sono fabbricati in conformità alle leggi italiane e alle normative comunitarie vigenti alla data di conferma da parte di Onda S.p.A. del relativo ordine del Cliente.

Salvo diverso accordo scritto tra le parti, tutte le altre spese accessorie agli interventi di sostituzione e/o di riparazione, saranno a carico e a rischio del Cliente.

D - La garanzia è esclusa qualora i vizi o difetti dei Prodotti siano stati determinati dalle seguenti cause:

- naturale usura e deterioramento;
- riparazioni, manomissioni o modifiche non autorizzate;
- uso e applicazione impropri;
- eccessiva sollecitazione termica, anche occasionale;
- eccessiva sollecitazione elettrica o meccanica;
- mancato rispetto dei parametri funzionali e ambientali indicati da Onda S.p.A. per il corretto impiego e funzionamento dei Prodotti;
- installazione dei Prodotti difforme da quella indicata nelle specifiche tecniche fornite da Onda S.p.A.;
- qualsiasi altra causa imputabile a negligenza del Cliente.

E - La garanzia è inoltre esclusa in caso di:

- eventuale non conformità dei Prodotti a normative italiane e/o comunitarie entrate in vigore dopo la data della trasmissione della conferma d'ordine di Onda S.p.A.;
- eventuale non conformità dei Prodotti a leggi e/o normative in vigore nel luogo in cui i Prodotti sono installati e/o assemblati dal Cliente e/o nel luogo di finale utilizzazione dei Prodotti, qualora il Cliente non abbia espressamente richiesto la conformità dei Prodotti a tali leggi e/o normative e non abbia regolarmente informato ONDA S.p.A. del loro contenuto prima della data di trasmissione della conferma d'ordine di quest'ultima.

Resta inteso che la presente limitazione si intende efficace anche con riferimento a specifiche normative vigenti in Stati dell'Unione Europea ed applicabili in via autonoma rispetto alle normative comunitarie.

F - Il Cliente non dovrà vendere o commercializzare Prodotti non conformi alle leggi e/o normative indicate nella precedente lettera E. In caso contrario, il Cliente manleva ONDA S.p.A. da ogni danno e/o perdita dalla stessa sofferto in seguito a contestazioni, sollevate in via giudiziale o stragiudiziale, da qualsiasi soggetto terzo o da pubblica autorità in conseguenza della fabbricazione da parte di ONDA S.p.A. di prodotti non conformi alle summenzionate leggi e/o normative.

G - Ferma restando l'applicazione del DPR 224/1988, in materia di responsabilità per danno da prodotti difettosi, e la responsabilità di Onda S.p.A. in caso di dolo o colpa grave, quest'ultima non sarà in alcun caso responsabile per i danni diretti, indiretti o incidentali che dovessero in qualsiasi modo derivare dalla difettosità dei Prodotti.

WARRANTY

A - Onda S.p.A. warrants that the Products shall be free from defects in material and workmanship for a period of 18 months from the date of the delivery. Therefore, should Onda S.p.A., within the warranty period, acknowledge and recognise in writing the existence of the defects in the products and said defects be materially grounded, Onda S.p.A. shall, at its discretion, repair the defective Products at no costs for the Client or replace them by delivering the substitutive products (Ex works - Incoterms 2000 at Onda S.p.A.'s premises via Lord Baden Powell 11 – 36045 Lonigo (VI)).

B - Subject to loss of the warranty, notice of any defect shall be given by the Client in writing with return receipt registered letter within, and not later than, 10 (ten) days from the date of receipt of the products at the Client's premises or in the different delivery place, previously indicated by the latter. It is hereby understood that the burden of the proof of the date of the discovery shall be borne by the Client.

C - Onda S.p.A. also warrants that the Products are manufactured in compliance with the Italian and European Laws and Regulations in force on the date of the confirmation by Onda S.p.A. of the relevant Client's order. Unless otherwise expressly agreed in writings by the parties, Client shall bear any other additional expenses related to the operations of repairing or replacing of the defective products.

D - This warranty shall not apply should the defects of the Products be caused by:

- natural wear and tear;
- unauthorized repairs, interventions or modifications;
- unsuited use or application;
- thermal overexposure, also when occasional;
- electrical or mechanical over-stress;
- failure of respecting the functional and environmental parameters suggested by Onda S.p.A. for the correct use and exploitation of the products;
- installation of the products not in compliance with the technical specifications provided by Onda S.p.A.;
- any other cause due to the Client's negligence

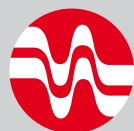
E - This warranty shall also not apply in case of:

- non compliance of the Products with Italian and European Laws and/or Regulations entered in force after the date of transmission of the order confirmation by Onda S.p.A.;
- non compliance of the Products with Laws and/or Regulations in force in the place where the Products are installed and/or assembled by the Client and/or in the place of their final use, should the Client not expressly require the conformity of the Products to said Laws and Regulations and not duly inform Onda S.p.A. of their content before the date of transmission of the latter's order confirmation.

This limitation of the warranty is also applicable with reference to peculiar Laws and Regulations valid and binding in States of the European Union independently of the European Laws and Regulations.

F - The Client shall not sell or market Products not in compliance with the Laws and Regulations mentioned under letter E above. In the negative, the Client shall keep ONDA S.p.A. harmless of any damage or loss suffered by the latter, due to any third party's and/or authority's claim raised as a consequence of the manufacture by ONDA S.p.A. of Products not in compliance with the above mentioned Laws and Regulations.

G - Without prejudice to the application of DPR 224/1988 on product liability and liability for gross negligence or wilful misconduct, Onda S.p.A. shall never be liable for direct, indirect or occasional damages which in any manner derived from defective products.



ONDA

Advanced
Heat Transfer
Solutions

Onda spa - Headquarter

via Lord Baden Powell, 11
36045 Lonigo (VI) Italy
T: +39 0444 720720
F. +39 0444 720721
www.onda-it.com
onda@onda-it.com

Plate Division

via Vittoria, 158 A
36065 Mussolente
(VI) Italy
T: +39 0424 87633
F. +33 0424 87744

Onda France S.A.R.L.

320, Avenue Berthelot
69371 Lyon France
T: +33 472784606
F. +33 472784807
www.onda-fr.com

ANEXO 14: FICHA TÉCNICA MINI CHILLER

MINI ENFRIADORA INVERTER H4

Manual de usuario e instalación

MUENR-H4

(5, 7 kW)



INDICE

U	I	A	Advertencia general	2	I	A	Circuito refrigerante	14	
U	I	A	Reglas de seguridad fundamentales	2	A		Verificar y poner en marcha la ud.	15	
	I	A	Descripción de los principales componentes	3	U	I	A	Activar y desactivar la unidad	16
	I		Dimensiones	4	I	A	Características de funcionamiento	20	
	I		Instalación	4	A		Apagado durante períodos prolongados	21	
	I	A	Conexiones hidráulicas	5	A		Mantenimiento rutinario	22	
	I	A	Conexiones eléctricas	9	A		Mantenimiento extraordinario	22	
	I	A	Limites de operación	12	A		Eliminación	23	
	I	A	Datos hidráulicos	13	I	A	Solución de problemas	23	

Los siguientes símbolos son usados en este manual y en la unidad:

 Usuario	 Importante	 Peligro turbinas rotativas
 Instalador	 Prohibición	 Peligro alta temperatura
 Asistencia técnica	 Peligro alto voltaje	

Advertencia general

1. Estas unidades fueron diseñadas para agua fría y agua caliente y se deben usar en aplicaciones compatibles con sus características de rendimiento. Estas unidades están diseñadas para aplicaciones residenciales o similares.
2. Una instalación, regulación y mantenimiento incorrectos o un uso inadecuado exime al fabricante de toda responsabilidad, ya sea contractual o de otra índole, de todo daño a personas, animales u otros. Solo están permitidas las aplicaciones indicadas específicamente en esta lista.
3. Lea este manual cuidadosamente. Todo el trabajo lo debe realizar personal calificado en conformidad con las leyes vigentes en el país en cuestión.
4. La garantía no es válida si las instrucciones anteriores no se respetan o si la unidad se pone en marcha por primera vez sin la presencia de personal autorizado por la Compañía (cuando se especifique en el contrato de suministro), quien deberá redactar un informe de puesta en servicio.
5. La documentación proporcionada con la unidad se debe enviar al usuario, quien deberá guardarla cuidadosamente para futuras consultas de mantenimiento o servicio.
6. Todo trabajo de reparación o mantenimiento lo deberá realizar el servicio técnico de la Compañía o personal autorizado, de acuerdo a las instrucciones en este manual. El aire acondicionado no deberá bajo ninguna circunstancia modificarse o alterarse ya que se pueden crear situaciones de peligro. Si no se cumple esta condición, el fabricante quedará eximido de toda responsabilidad por los daños resultantes.

REGLAS DE SEGURIDAD FUNDAMENTALES

Al poner en funcionamiento el equipo, que implica el uso de electricidad y de agua, se debe cumplir con una serie de reglas de seguridad, a saber:



Prohibiciones

1. Este aparato no está diseñado para ser usado por personas (incluidos niños) con discapacidades físicas, sensoriales o mentales, o con falta de experiencia o conocimiento, salvo bajo supervisión o bajo las instrucciones de una persona encargada de su seguridad.
2. No tocar la unidad descalzo o con partes del cuerpo mojadas o húmedas.
3. No llevar a cabo operaciones de limpieza sin antes desconectar el sistema de alimentación eléctrico.
4. No modificar los dispositivos de seguridad o regulación sin autorización o instrucciones del fabricante.
5. No tirar de, separar o torcer los cables eléctricos que vienen en la unidad aunque estén desconectados del suministro eléctrico de la red.
6. No abrir las puertas ni paneles de acceso a las partes internas de la unidad sin primero asegurarse de que el interruptor de red esté apagado.
7. No introducir objetos puntiagudos a través de las rejillas de entrada y de salida de aire.
8. No tirar, abandonar o dejar al alcance de niños los materiales de embalaje (cartón, grapas, bolsas de plástico, etc.) ya que pueden suponer un peligro.



Importante

1. Los aparatos de refrigeración se suministran sin el interruptor principal. El suministro de alimentación de la unidad se debe desconectar usando un interruptor principal adecuado, el cual debe proporcionar e instalar el instalador.
2. Respete las distancias de seguridad entre la unidad y otros equipos o estructuras. Garantice un espacio adecuado de acceso a la unidad para las operaciones de mantenimiento y/o servicio.
Suministro de alimentación: el corte transversal de los cables eléctricos debe ser adecuado para la potencia de alimentación de la unidad y el voltaje debe corresponder al valor indicado en las unidades correspondientes. Todas las unidades deben conectarse a tierra en conformidad con las leyes vigentes en el país en cuestión.
3. Las conexiones hidráulicas se deben realizar tal como se indica en las instrucciones para garantizar el funcionamiento correcto de la unidad. Vacíe el circuito de agua o agregue una solución de etilenglicol si la unidad no se usa durante el invierno.

Trate la unidad con sumo cuidado para evitar daños.

Estructura

Las paredes y la base están hechas de acero galvanizado pintado con epoxi para asegurar una resistencia total a la contaminación atmosférica y bandeja de acumulación de condensado según normativa.

Serpentín del condensador

Las tuberías del serpentín son de cobre compacto, de alto rendimiento y sin soldaduras y las aletas son de aluminio, con superficie ancha para garantizar una óptima capacidad de intercambio de calor. La rejilla de protección del serpentín es estándar.

Motor del ventilador

Para alcanzar un intercambio de calor de alta eficacia, la unidad se equipa con ventiladores de flujo axial de alto rendimiento. El ventilador es accionado directamente por un motor protegido contra condiciones meteorológicas adversas para garantizar el funcionamiento. El motor de ventilador es un motor eléctrico de seis polos con corte térmico incorporado.

Evaporador

El intercambiador de calor está hecho de acero inoxidable AISI 316 para garantizar la eficiencia del intercambio de calor y está equipado con un intercambiador eléctrico e interruptor de presión diferencial. Todo el intercambiador de calor lleva aislamiento de gomaespuma de celda cerrada para conseguir un aislamiento térmico óptimo.

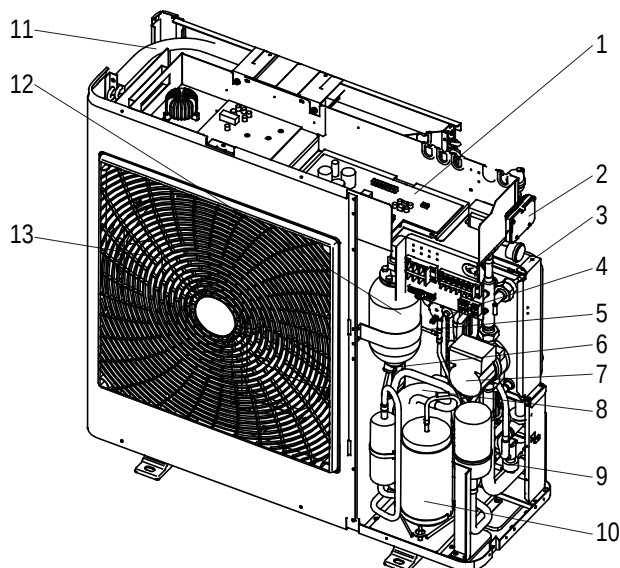
Módulo hidráulico

Está integrado y totalmente equipado con componentes hidráulicos clave tales como un tanque de expansión, un intercambiador de calor de placas y una bomba de circulación de agua.

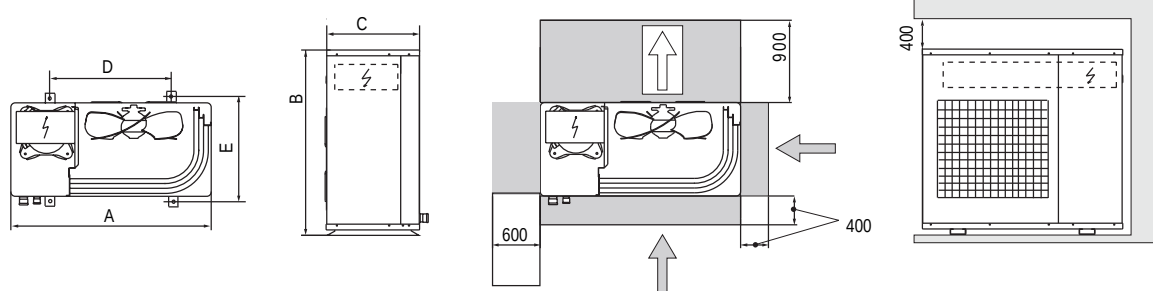
El interruptor de presión diferencial de agua proteger de cualquier daño a la bomba de agua.

Panel eléctrico de control y potencia

Panel eléctrico de control y potencia construido de acuerdo con IEC 204-1/EN60335-2-40, equipado con contactor de compresor, control mediante el panel de control.



- 1 Panel eléctrico
- 2 Panel de visualización
- 3 Intercambiador de calor de placas
- 4 Válvula de 4 vías
- 5 Interruptor de alta presión
- 6 Interruptor de baja presión
- 7 Bomba de agua
- 8 Acumulador
- 9 Interruptor de flujo de agua
- 10 Compresor
- 11 Condensador
- 12 Tanque de expansión
- 13 Ventilador de flujo axial



- 1- Conexiones hidráulicas Entrada : 1" (5 y 7 kW)
2- Conexiones hidráulicas Salida : 1" (5 y 7 kW)

Dimensiones	5 kW	7 kW
A	990	990
B	966	966
C	354	354
D	624	624
E	366	366

INSTALACIÓN

I

Elección del sitio de instalación

Antes de instalar la unidad, póngase de acuerdo con el cliente sobre el sitio donde se instalará, tomando en consideración los siguientes puntos:

- verificar que los puntos de fijación sean adecuados para soportar el peso de la unidad.
- prestar atención a las distancias de seguridad entre la unidad y otros equipos o estructuras para garantizar que el aire que entra a la unidad y sale desde los ventiladores circula con facilidad.

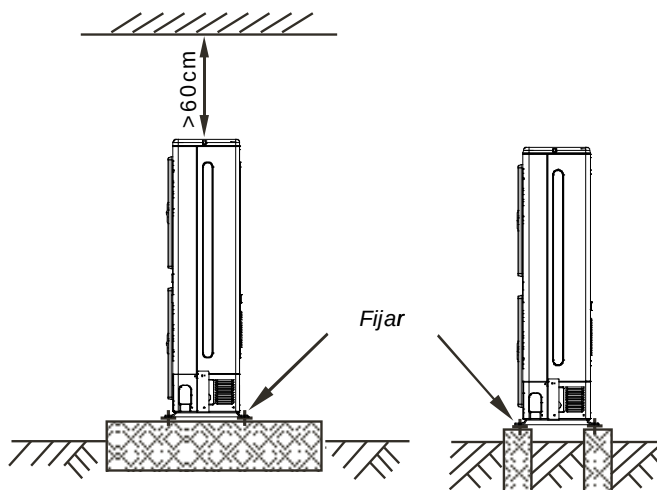
Posición

Antes de mover la unidad, verifique la capacidad del equipo de elevación usado respetando las instrucciones indicadas en el embalaje.

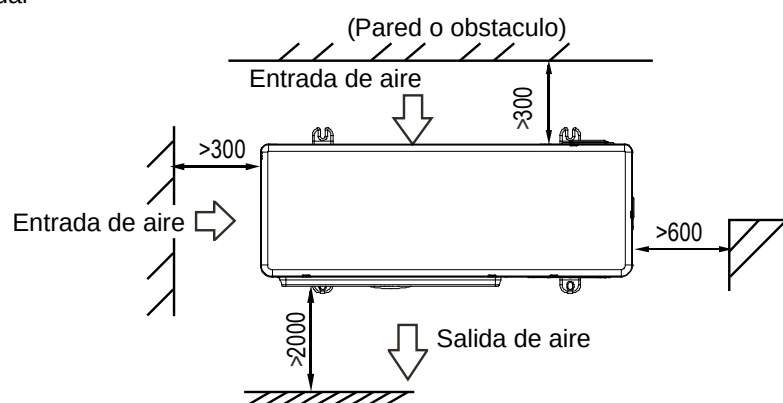
Para mover la unidad de forma horizontal, use una carretilla elevadora o similar, teniendo en cuenta siempre la distribución del peso de la unidad. Para elevar la unidad, inserte unos tubos que sean lo suficientemente largos para permitir posicionar las eslingas de elevación y las abrazaderas de seguridad al pie de la unidad.

Para evitar que las eslingas dañen la unidad, coloque protección entre las eslingas y la unidad. Ponga la unidad en el sitio indicado por el cliente. Coloque una capa de caucho (grosor mín. 10 mm) o una base de amortiguación de vibración (opcional) entre la base y la superficie de soporte. Fije la unidad, asegúrese de que esté nivelada y de que haya fácil acceso a los componentes hidráulicos y eléctricos. Si el sitio de instalación está expuesto a vientos fuertes, fije la unidad de forma adecuada a la superficie del soporte usando barras de acoplamiento si fuera necesario. Si se instala la bomba de calor, asegúrese de que el condensado esté drenado usando el tubo de drenaje estándar suministrado. Evite la acumulación de hojas, ramas o nieve alrededor de la unidad; podría reducir la eficiencia de la unidad.

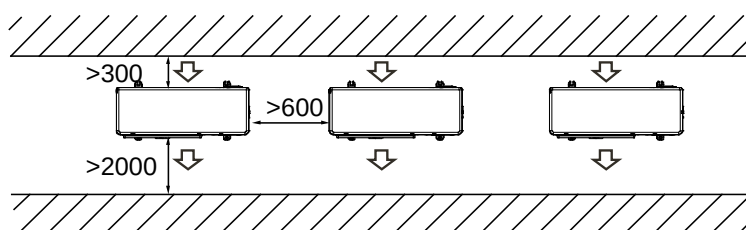
Espacio de servicio



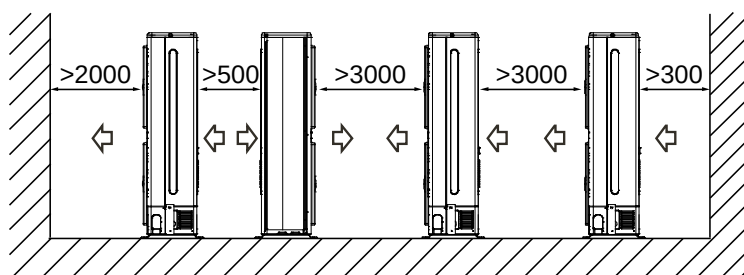
- Instalación individual



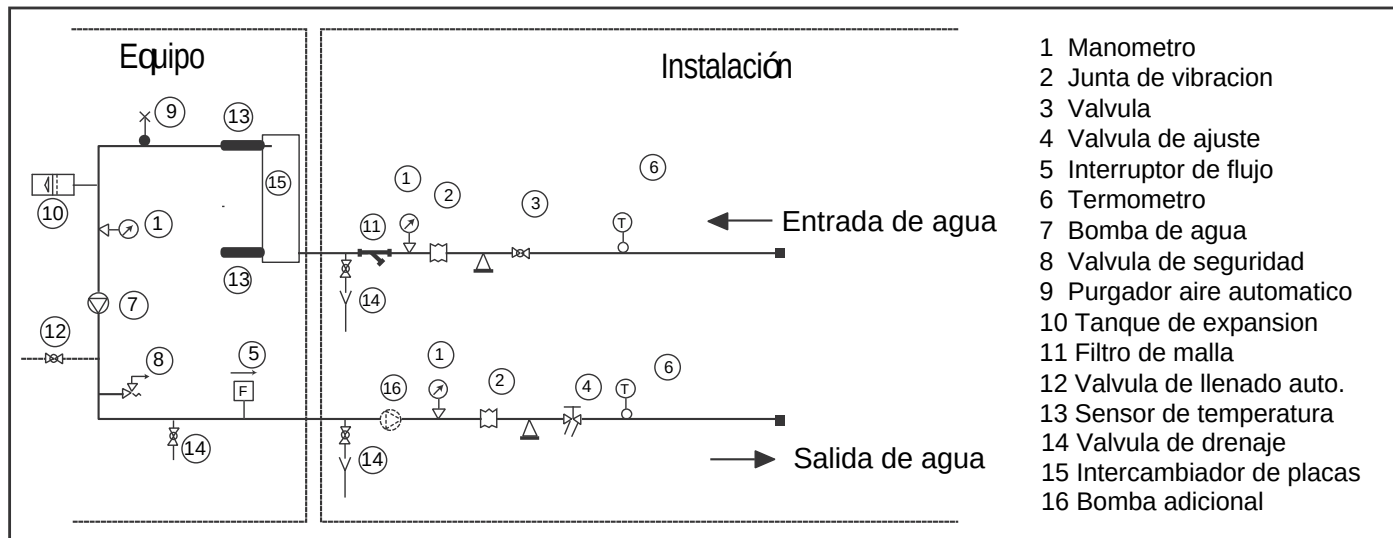
- Instalación en paralelo lateral



- Instalación en paralelo frontal



La selección e instalación de los componentes es responsabilidad del instalador, quien deberá seguir las buenas prácticas de trabajo y las leyes vigentes. Antes de conectar los tubos, asegúrese de que no contengan piedras, arena, óxido u otros elementos que puedan dañar la unidad. Se recomienda hacer un bypass para permitir que los tubos se laven sin desconectar la unidad (véase la sección de válvulas de drenaje). Las tuberías de conexión se deberán disponer de modo que se evite que su peso repose sobre la unidad. Se recomienda instalar los siguientes dispositivos en el circuito de agua del evaporador y que se monte una válvula de seguridad hidráulica en el sistema de agua, que se abrirá constantemente.



Si la instalación necesitara una altura de bombeo útil más alta que la obtenida al instalar el conjunto de bomba y tanque de almacenamiento, se recomienda instalar una bomba adicional en la unidad. Si la bomba adicional se instala dentro de la unidad, la bomba deberá conectarse cerca del intercambiador de calor de placas. Si la bomba se instala fuera de la unidad, la bomba deberá conectarse a la salida del tubo de agua. La bomba se puede instalar fácilmente en la unidad retirando el tubo de conexión a la bomba.



Importante

- 1) Los refrigeradores se suministran con un sistema de relleno/recarga conectado a la línea de retorno y una llave de vaciado en la parte inferior. Las instalaciones que usen anticongelantes o estén reguladas por leyes específicas estarán equipadas con sistemas de desconexión hidráulica.
- 2) El fabricante no es responsable de la obstrucción, rotura o ruido causado por errores cometidos al instalar los filtros o amortiguadores de vibración. Los tipos de agua usados para rellenar o recargar se deberán tratar con sistemas de tratamiento apropiados. Consulte los valores de referencia en la tabla.

Diseño del depósito de inercia del sistema

- a. kW es la unidad para la capacidad de refrigeración y L es la unidad para flujo de agua G en la fórmula que tiene en cuenta el flujo mínimo de agua.

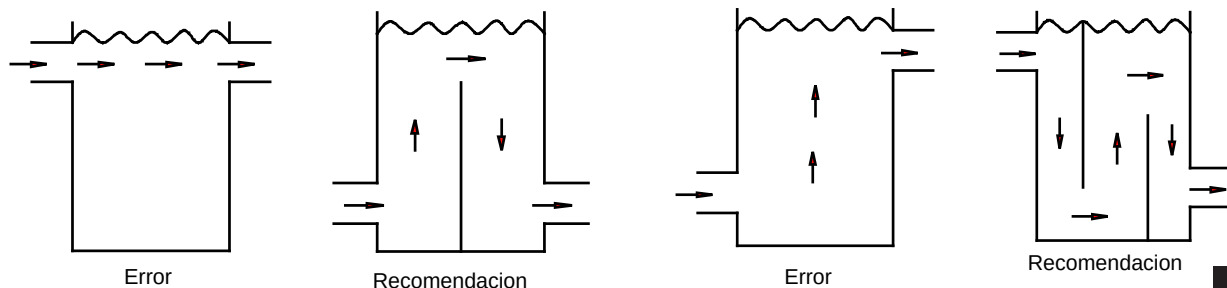
Acondicionador de aire tipo confortable

$$G = \text{capacidad refrigeradora} \times 2.6L$$

Proceso tipo refrigeración

$$G = \text{capacidad refrigeradora} \times 7.4L$$

- b. En algunas ocasiones (especialmente en el proceso de refrigeración) para cumplir con los requisitos de contenido de agua en el sistema es necesario montar un depósito equipado con un deflector de desconexión para evitar un cortocircuito de agua. Observe los siguientes esquemas:



Caudal de agua

Caudal mínimo de agua refrigerada

El caudal min. de agua refrigerada se muestra en la siguiente tabla.

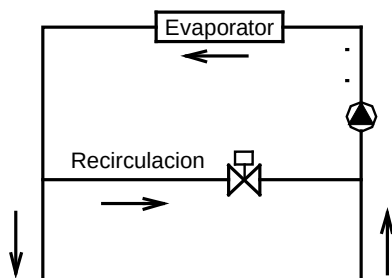
Si el flujo del sistema es menor que la tasa de flujo de min. de la unidad, el flujo del evaporador se puede volver a calcular, tal como se muestra en el diagrama (Para un flujo mínimo de agua)

Caudal máximo de agua refrigerada

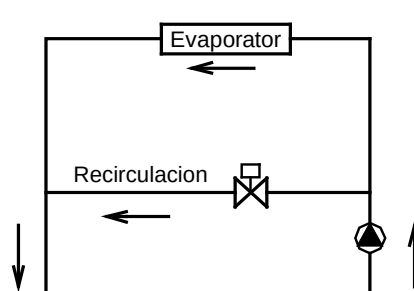
El flujo máximo de agua refrigerada está limitado por la caída de presión permitida en el evaporador. Se muestra en la tabla de abajo.

Si el flujo del sistema es mayor que el flujo nominal máximo de la unidad, desvíese del evaporador tal como se muestra en el diagrama, para obtener un flujo nominal más bajo.

Para un flujo minimo de agua



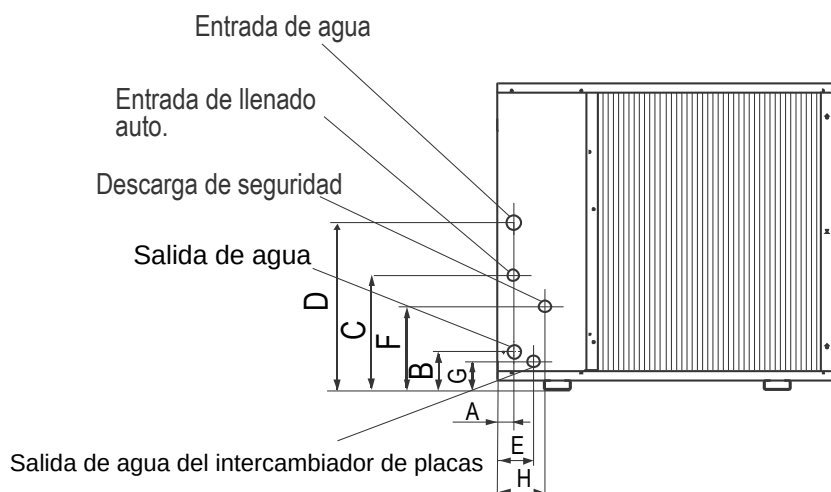
Para un flujo maximo de agua



Caudal de agua máximo y mínimo

Elemento Modelo	Caudal de agua (m3/h)	
	Mínimo	Máximo
MUENR-05-H4	0.77	0.95
MUENR-07-H4	1.08	1.32

Tamaño y posición de las conexiones



Modelo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	H (mm)	Entrada/salida de agua (Ø)	Reabastecimiento automático de agua (Ø)	Descarga de seguridad (Ø)
MUENR-05-H4	70	106	230	362	108	161	76	119	R1	G1/2	G1/2
MUENR-07-H4	70	106	230	362	108	161	76	119	R1	G1/2	G1/2

Calidad del agua

PH	6-8
Conductividad eléctrica	menos de 200 mV/cm (25 °C)
Iones de cloro	menos de 50 ppm
Iones de ácido sulfúrico	menos de 50 ppm
Hierro total	menos de 0,3 ppm
Alcalinidad M	menos de 50 ppm
Dureza total	menos de 50 ppm
Iones de azufre	Ninguno
Iones de amoníaco	Ninguno
Iones de silicio	menos de 30 ppm

Recargar la instalación

- Antes de recargarla, verificar que la llave de vaciado de la instalación esté cerrada.
- Abrir todas las válvulas y conductos de aire de la unidad y los terminales.
- Abrir las válvulas de compuerta.
- Antes de recargarla, abrir lentamente la llave de vaciado de agua de fuera de la unidad.
- Cuando el agua empieza a salir de los conductos de aire, ciérrelas y continúe con la recarga hasta que el medidor de presión indique una presión de 1,5 bares.

Vaciado de la instalación

- Antes de vaciarla, coloque el interruptor de red en la posición de apagado.
- Asegúrese de que la llave de agua de relleno/recarga esté cerrada.
- Abra la llave de vaciado de fuera de la unidad y todas las válvulas y orificios de aire de la unidad y los terminales.

Los sistemas de refrigeración Mini Chiller vienen de fábrica ya cableados pero necesitan la instalación de un interruptor térmico de corte omnipolar, un interruptor de red con llave para la conexión al suministro de alimentación y la conexión del interruptor de flujo a los terminales correspondientes. Todas estas operaciones las debe realizar personal cualificado de conformidad con las leyes vigentes.

Para las operaciones eléctricas, consulte los diagramas de cableado eléctrico de este manual. También se recomienda verificar que las características del suministro de electricidad de red son adecuadas para las absorciones indicadas en las siguientes tablas de características eléctricas, teniendo en cuenta siempre la posibilidad del uso de otro equipo al mismo tiempo.

⚠ Importante

- Se deberá suministrar energía a la unidad solo después de haber completado la instalación (hidráulica y eléctrica).
- Todas las conexiones eléctricas las debe realizar personal calificado de acuerdo con las leyes vigentes del país en cuestión.
- Respete instrucciones para conectar conductores de fase, neutros y tierra.
- La línea de alimentación debe colocarse aguas arriba con un dispositivo adecuado para protección contra cortocircuitos y fuga a tierra, aislando la instalación de otros equipos.
- El voltaje debe estar dentro de una tolerancia de $\pm 10\%$ del voltaje de suministro de alimentación nominal de la unidad (para unidades trifásicas, la diferencia de fases no deberán exceder el 3%). Si estos parámetros no se cumplen, póngase en contacto con la compañía de suministro de electricidad.
- Para las conexiones eléctricas, use cable de aislamiento doble en conformidad con leyes vigentes en el país en cuestión.
- Se deberá instalar, lo más cerca posible del aparato, un interruptor térmico de corte omnipolar y un interruptor de red con llave, en cumplimiento de normas CEI-EN (abertura de contacto de al menos 3 mm), con capacidad de interrupción adecuada y protección diferencial, de acuerdo con la tabla de características eléctricas.
- Los dispositivos de la unidad deben tener llave de cierre. Es obligatoria una conexión a tierra eficiente. Si no se conecta a tierra el aparato, el fabricante queda exento de toda responsabilidad por los posibles daños causados.
- No usar las tuberías de agua para conectar a tierra la unidad.

Características eléctricas

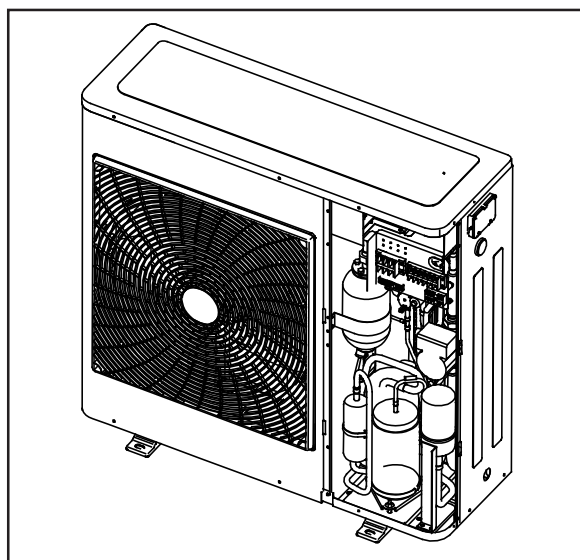
Modelo	Unidad exterior					Alimentación			Compresor		OFM	
	Hz	Tensión	Fase	Mín.	Máx.	MCA	TOCA	MFA	MSC	RLA	kW	FLA
MUENR-05-H4	50 Hz	220-240 V	1N	198 V	254 V	10,1	14,6	20	29,5	8,1	0,195	1,65
MUENR-07-H4	50 Hz	220-240 V	1N	198 V	254 V	10,1	15,6	20	29,5	8,1	0,195	1,65

Observación:

MCA: intensidad mínima de corriente (A)
TOCA: intensidad de sobrecarga total (A)
MFA: intensidad máxima de fusible (A)
MSC: intensidad máxima de arranque (A)
RLA: intensidad de arranque (A)
OFM: motor del ventilador exterior
FLA: intensidad a plena carga (A)
KW: potencia nominal del motor (KW)

Panel eléctrico

El panel eléctrico está ubicado dentro de la unidad, en la parte superior del compartimiento técnico donde también se encuentran varios componentes del circuito refrigerante. Para acceder al panel eléctrico, retire el panel frontal de la unidad desatornillando los tornillos.



Especificaciones de alimentación

Modelo	MUENR-05-H4	MUENR-07-H4
Potencia(V/F/Hz))	220~ 240/1/50	220~ 240/1/50
Disyuntor / Fusible (A)	25/20	30/25
Alimentación (mm ²)	3×2.5	3×2.5
Tierra (mm ²)	2.5	2.5

⚠ Importante

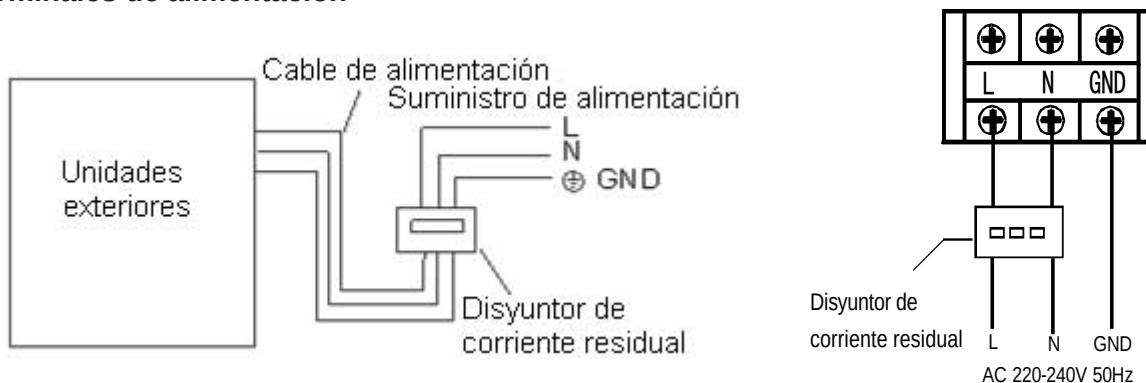
La designación del tipo de cable de alimentación es H07RN-F.

El cable de conexión entre la unidad interna y la unidad externa será un cable flexible revestido de policloropreno, de tipo H07RN-F o resistencia superior.

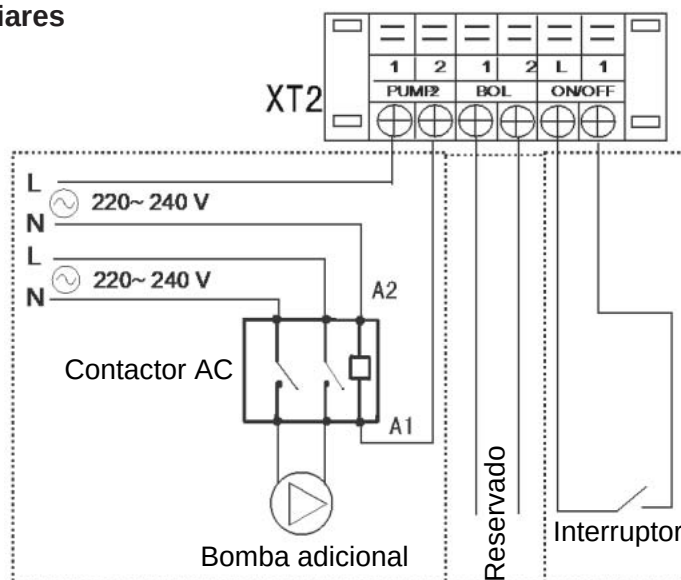
Los medios para desconectarse del suministro de alimentación se incorporarán al cableado fijo y tendrán una separación de aire de al menos 3 mm en cada conductor (de fase) activo.

Para la conexión funcional de la unidad, lleve el cable de suministro al panel eléctrico dentro de la unidad y conéctelo a los terminales L-N y  a la fase (L), (N) neutra y  tierra en el caso de unidades de 220-240 V a 50 Hz.

Terminales de alimentación



Conexiones auxiliares



a. Bomba adicional (Bomba 2)

La salida "PUMP2" es un contacto libre de tensión.

La bomba adicional se debe alimentar mediante un contactor AC, el consumo de la bomba nunca debe circular por el rele de la placa de control.

b. Marcha / Paro remoto (ON/OFF)

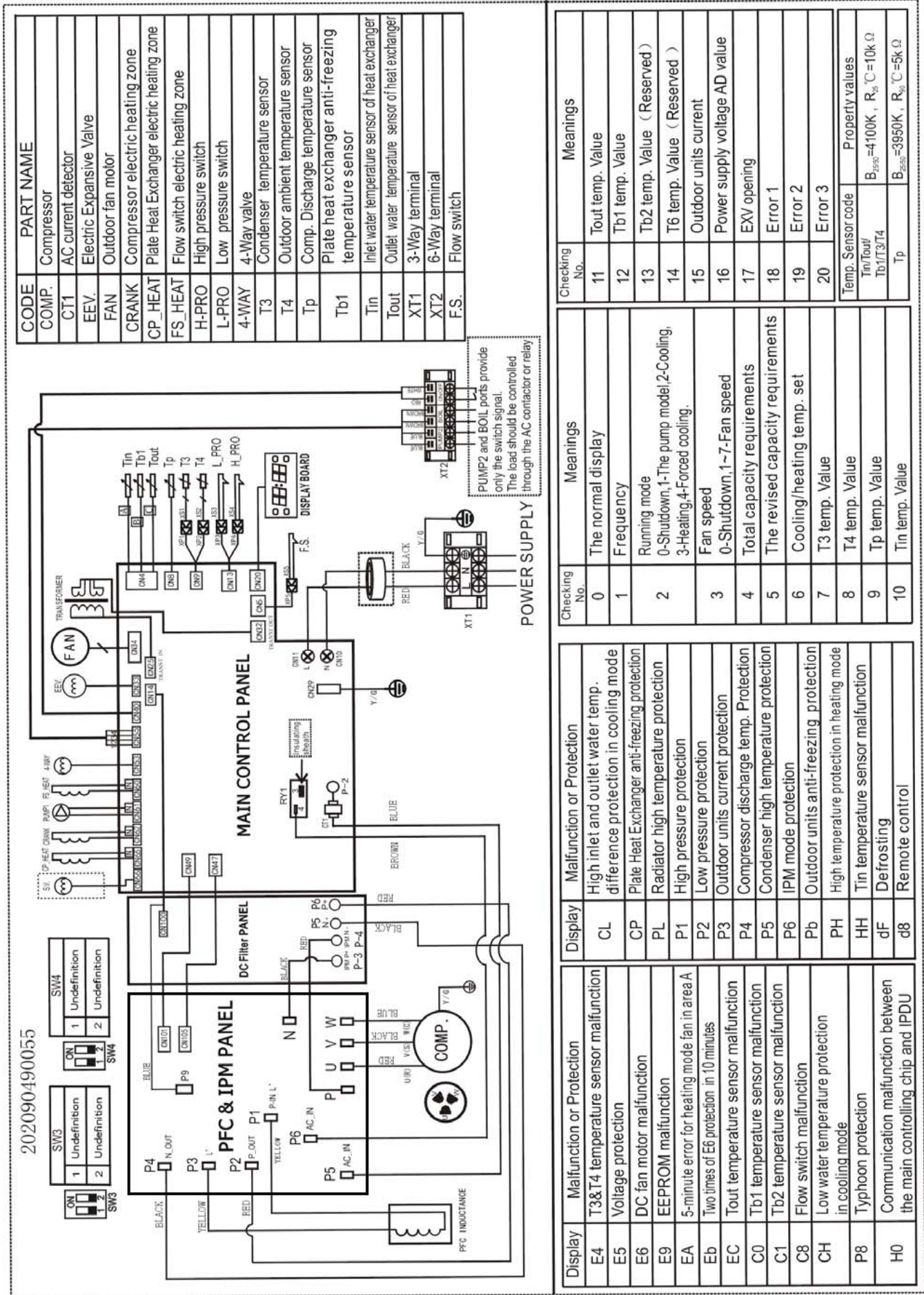
Cuando se cierra el interruptor, el equipo se detiene.

Incluso bajo esta circunstancia las protecciones anti-congelacion y el resto son efectivas.

Cuando se abre el interruptor el equipo funciona normal segun el ajuste del control remoto.

Diagrama eléctrico

MUENR-05-H4; MUENR-07-H4

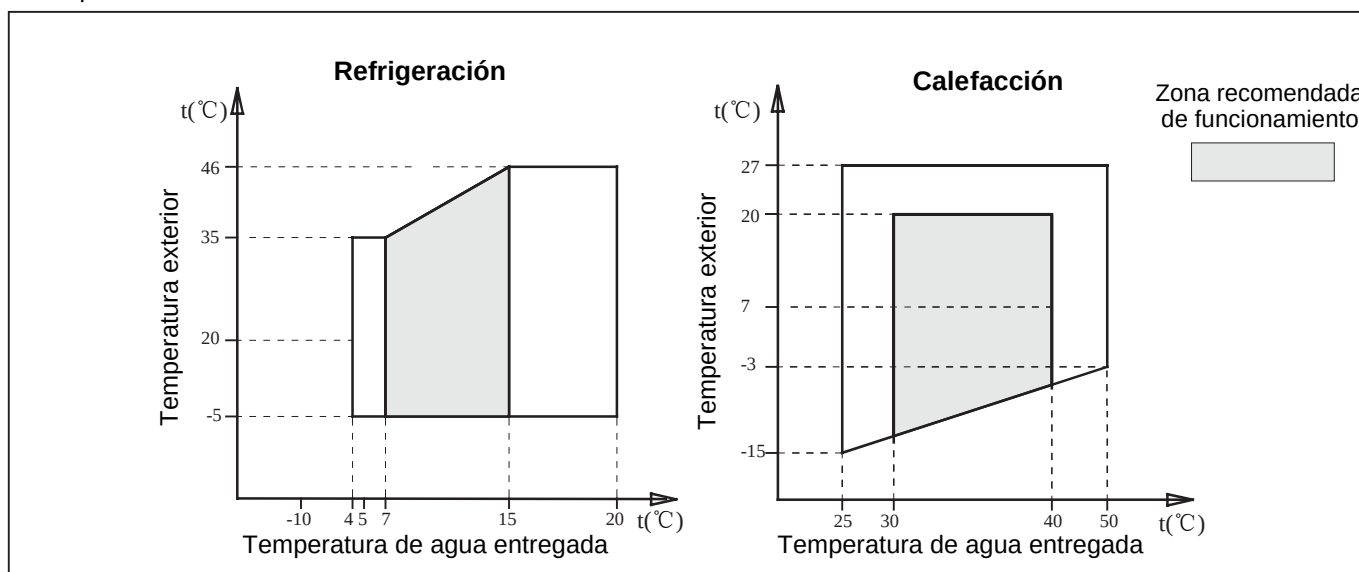


Condiciones de funcionamiento

Para un funcionamiento correcto, haga funcionar el equipo en las siguientes condiciones:

Refrigeración	Temperatura exterior: - 5 ~ 46°C (- 15 ~ 24°C, Añadiendo anti-congelante a partir de 5°C)
Calefacción	Temperatura exterior: - 15 ~ 27°C (- 15 ~ 24°C, Añadiendo anti-congelante a partir de 5°C)
Temperatura ajustable del agua (en retorno)	Refrigeración: 10 ~ 26°C Calefacción: 30 ~ 50°C

Si el equipo es usado fuera de las condiciones descritas, el equipo puede entrar en proteccion y funcionar de manera inadecuada.



Cabezal termico (min - max)	4-6
Presion del circuito de agua (Bar)	1-3
Temperatura máxima de almacenamiento	63

Soluciones de etilenglicol

El uso de soluciones de etilenglicol y agua en lugar de agua como medio refrigerador reducen el rendimiento de la unidad. Multiplicar las cifras de rendimiento por los valores dados en tabla siguiente.

Punto de congelación (°C)						
	0	-5	-10	-15	-20	-25
Porcentaje de etilenglicol en peso						
	0	12%	20%	28%	35%	40%
cPf	1	0,98	0,97	0,965	0,96	0,955
cQ	1	1,02	1,04	1,075	1,11	1,14
cdp	1	1,07	1,11	1,18	1,22	1,24

cPf: factor de corrección de capacidad de refrigeración

cQ: factor de corrección de velocidad de caudal

cdp: factor de corrección de disminución de presión

Nota:

- Durante el invierno, si no se usa la unidad, drene el agua completamente si no se ha cargado el anticongelante en la tubería o mantenga la alimentación encendida (en modo de espera o apagado) y asegúrese de que el agua no salga de la unidad.
- Cuando la temperatura ambiente esté por debajo de 5 °C, al poner el modo refrigeración se debe cargar el anticongelante. Consulte los parámetros indicados anteriormente para el volumen de carga.

Factores de suciedad y polvo

Los datos de rendimiento dados se refieren a condiciones con placas de evaporador limpias (factor de suciedad y polvo=1). Para los diferentes factores de suciedad y polvo, multiplicar las cifras de las tablas de rendimiento por el coeficiente dado en la tabla siguiente.

Factores de suciedad y polvo (m ² °C/W)	Evaporador		
	f1	fk1	fx1
4.4×10 ⁻⁵	-	-	-
0.86×10 ⁻⁴	0,96	0,99	0,99
1.72×10 ⁻⁴	0,93	0,98	0,98

f1 factor de corrección de capacidad

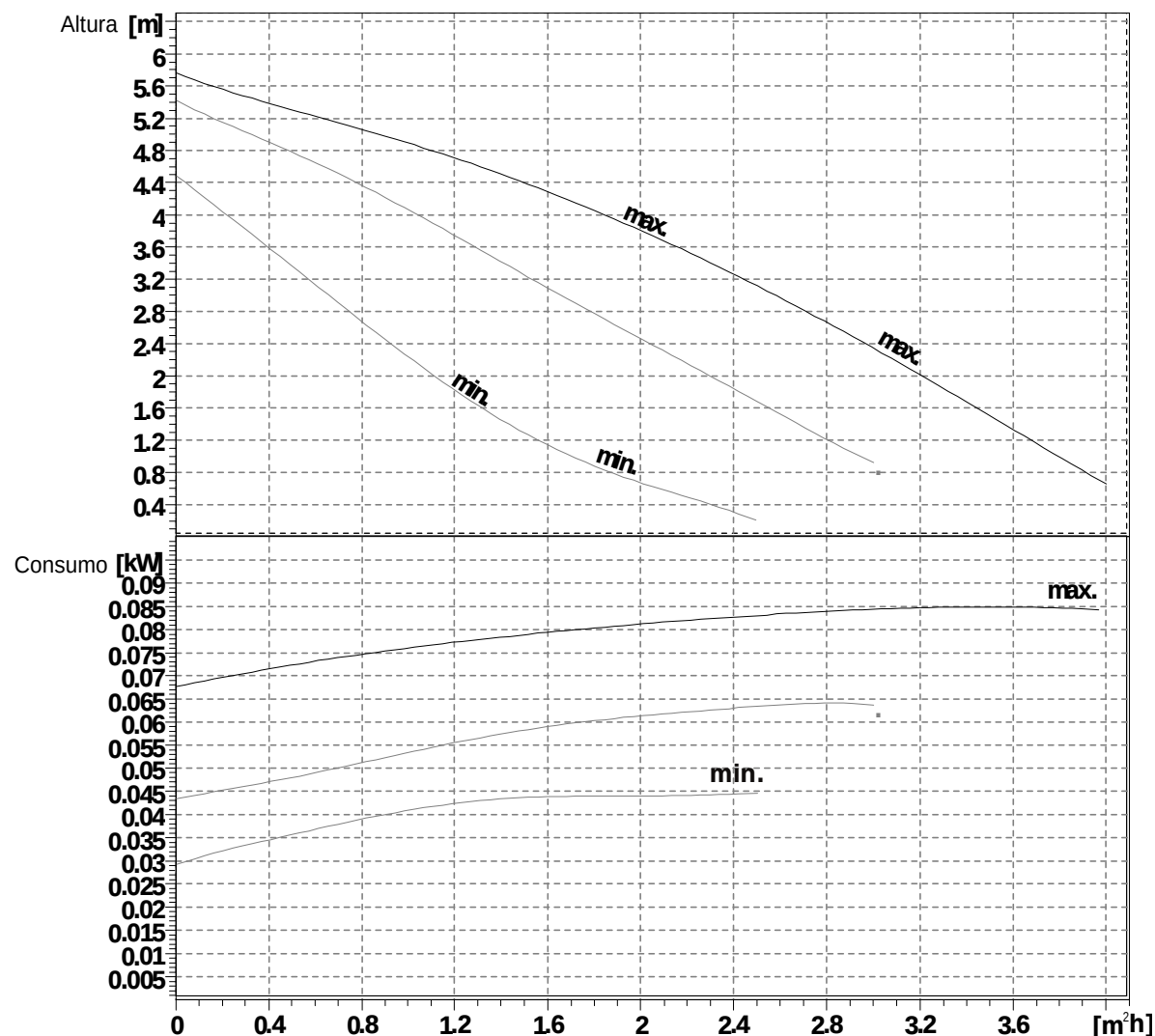
fk1 factor de corrección de alimentación de entrada de compresor

fx1 factor de corrección de alimentación de entrada total

DATOS HIDRÁULICOS



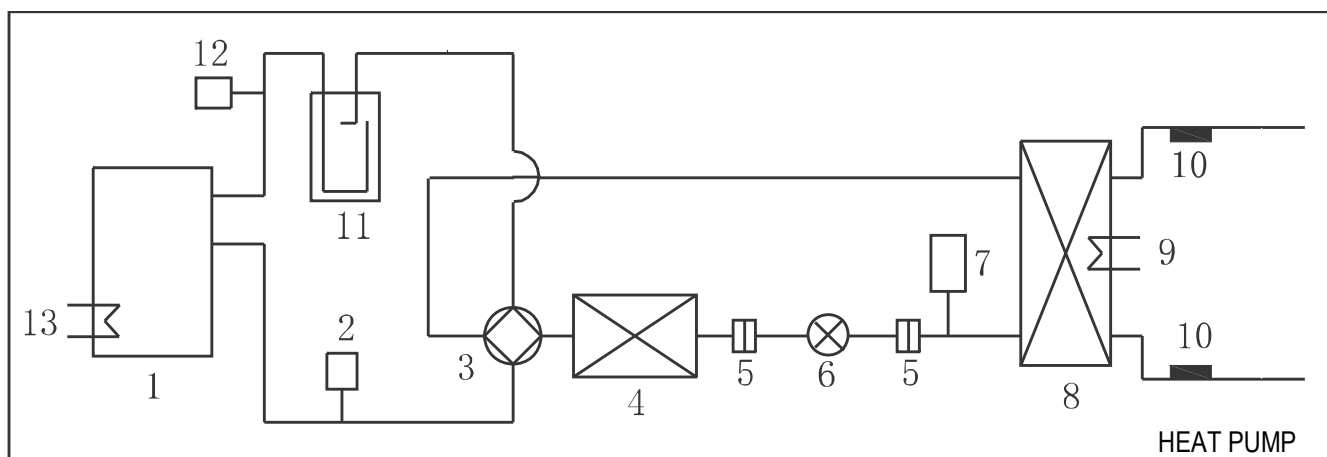
Curvas de la bomba de agua



(*) Para obtener la altura útil de la instalación, restar la pérdida de presión del intercambiador de placas.

Pérdida de carga del intercambiador

Modelo	Caudal	m³/h	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
	Velocidad	l/sec	0.222	0.278	0.333	0.389	0.444	0.500	0.556
5	Pérdida de carga	kPa	13	23	36	52	-	-	-
7		kPa	12	21	33	47	65	-	-



1 Compresor

2 Presostato de alta presión

3 Válvula de 4 vías

4 Intercambiador de calor

5 Filtro

6 Válvula expansión electrónica

7 Receptor de líquido

8 Intercambiador de placas

9 Calentador de escarcha

10 Sensor de temperatura de agua

11 Acumulador

12 Presostato de baja presión

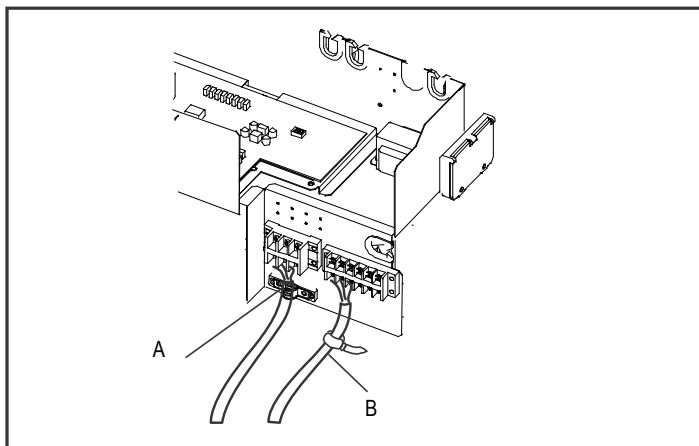
13 Calentador de cárter

Preparación para la puesta en marcha

Reinicie si la unidad ha estado apagada durante largos períodos.

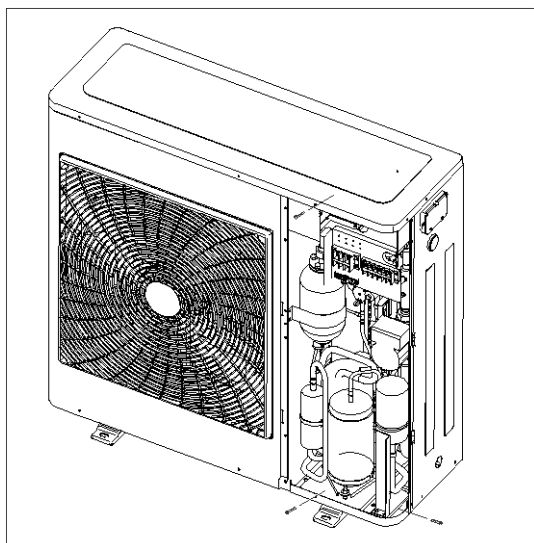
El refrigerador lo debe poner en marcha por primera vez el Servicio Técnico. Antes de poner en marcha los refrigeradores, asegúrese de:

- que se respetan todas las condiciones de seguridad.
 - que el refrigerador esté fijado adecuadamente a la superficie en que está asentado.
 - que se respetan las distancias funcionales.
 - que las conexiones hidráulicas se realizaron tal como se indica en el manual.
 - que el circuito está ha vaciado y recargado. Cuando se drene después de que la bomba de calor haya estado en funcionamiento, hay que tener cuidado, ya que el agua puede estar caliente.
 - que las válvulas del circuito de agua estén abiertas.
 - que las conexiones eléctricas se realizaron correctamente.
 - que el voltaje se encuentre dentro de una tolerancia de 10% del voltaje nominal de la unidad.
 - que la unidad esté correctamente conectada a la tierra.
 - que las conexiones eléctricas e hidráulicas estén ajustadas y se han completado correctamente.
- de usar el ojete A para el cable de alimentación eléctrica y ojete B para los demás cables externos.



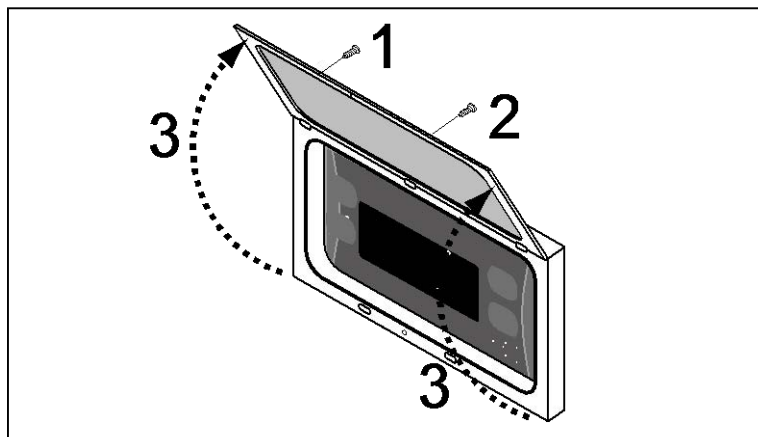
Para completar las conexiones eléctricas:

- Retire el panel de inspección destornillando los cinco tornillos.



Para acceder el panel de control abrir la puerta:

- Retirar el tornillo 1 y tornillo 2;
- subir el panel 3.



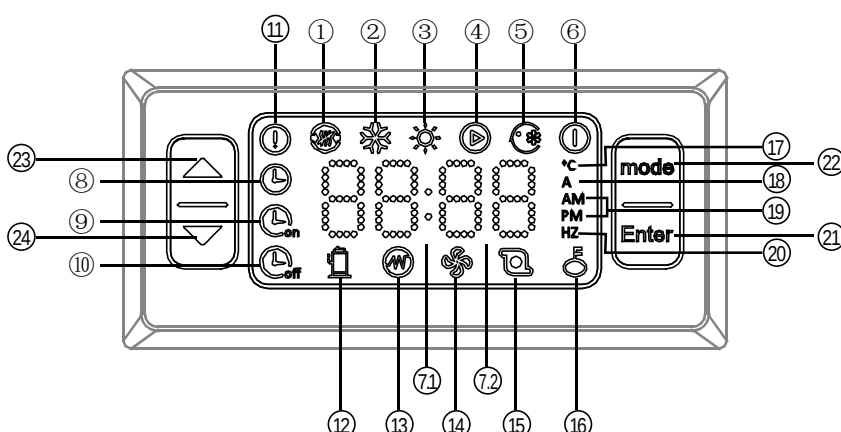
! Cuidado: Er20 error de falta de caudal de agua.

ACTIVAR Y DESACTIVAR LA UNIDAD



Descripción de los iconos

El panel frontal del dispositivo funciona como interfaz del usuario y se usa para realizar todas las tareas relativas al dispositivo.



Nº	Icono	Descripción
①		Reservado
②		Modo refrigeración Este icono estará constantemente encendido en modo refrigeración.
③		Modo calefacción Este icono estará constantemente encendido en modo calefacción.
④		Modo recirculación Este icono estará constantemente encendido en modo recirculación.
⑤		Modo refrigeración forzada Este icono estará constantemente encendido en modo refrigeración forzada.
⑥		Icono encendido / apagado Este icono estará constantemente encendido cuando el equipo esta en marcha.
⑦.1	88:88	Reloj, Sin configurar " : " parpadea cada 1seg. Una vez configurado muestra la hora.
⑦.2	88	Los ultimos 2 dígitos del display „88“. Si „88“, están constantemente iluminados, muestran la temperatura de entrada de agua (°C). Durante la configuración de la temperatura de agua deseada muestra el ajuste de temperatura. En comprobación de parámetros muestra el valor del párametro, Cuando se detecta un error o protección, muestra el código de error o de protección.
⑧		Icono reloj Se mostrará cuando termine el ajuste del reloj y se apagará cuando se realiza el ajuste del reloj.
⑨		Icono temporizador de encendido Parpadea durante el ajuste. Se ilumina cuando el temporizador esta configurado.

N°	Icono	Descripción
⑩		Icono temporizador de apagado Parpadea durante el ajuste. Se ilumina cuando el temporizador esta configurado.
⑪		Icono de alarma Parpadea cuando se detecta un error o protección.
⑫		Icono de compresor en marcha Se ilumina mientras el compresor esta en marcha.
⑬		Icono de resistencia eléctrica (Reservado) Se ilumina mientras la resistencia eléctrica de apoyo esta encendida.
⑭		Icono de ventilador en marcha Se ilumina mientras el ventilador esta en marcha.
⑮		Icono de bomba de circulación en marcha Se ilumina mientras la bomba esta en marcha.
⑯		Icono de llave anticongelamiento Se ilumina mientras el modo anticongelamiento esta activo.
⑰		Icono de temperatura Se ilumina cuando el control muestra la temperatura.
⑱		Icono de corriente Se ilumina cuando el control muestra la corriente del compresor.
⑲		Icono de formato de hora Muestra el formato de la hora "AM" o "PM".
⑳		Icono de frecuencia Se ilumina cuando el control muestra la frecuencia del compresor.
㉑		Botón ON/OFF (marcha/paro) (1) / Botón OK (2) 1. Pulsar durante 3 seg. para arrancar y/o parar el equipo. 2. Pulsar una vez para confirmar y grabar los ajustes.
㉒		Botón selección de Modo (1) / Botón de selección de función (2) / Botón de retroceso (3) 1. Pulsar una vez para cambiar el modo de funcionamiento. 2. Pulsar durante 3 seg. para entrar a la configuración de funciones (Reloj y Temporizadores). 3. Pulsar una vez para volver a la pantalla anterior. Pulsar durante 3 seg. para volver a la pantalla anterior en la configuración de funciones.
㉓		Botón subir 1. Pulsar una vez para incrementar el valor. 2. Volver a la pantalla anterior.
㉔		Botón bajar 1. Pulsar una vez para decrementar el valor. 2. Pasar a la pantalla siguiente.

Descripción del funcionamiento del panel de control

1) ON/OFF

Modo de operación 1:

Paro: En la pantalla principal pulsar el botón "Enter" durante 3 seg. El control muestra "OFF" y el resto de iconos se apagarán. El equipo se apagará.

Marcha: En la pantalla principal pulsar el botón "Enter" durante 3 seg. mientras el control muestra "OFF", el equipo entrará en modo "standby", después se pondrá en marcha según los ajustes de funcionamiento.

Modo de operación 2:

Paro: En la pantalla principal pulsar el botón "Mode" para entrar en selección de modo y el icono del modo actual parpadeará. Pulsar "Mode" para elegir el modo de apagado, el icono ⑩ parpadeará. Pulsar "Enter" para confirmar el modo de apagado. Durante este tiempo el icono ⑩ estará encendido y la unidad se detendrá.

Marcha: En modo apagado, pulsar "Mode" para entrar en selección de modo. Pulsar "Mode" para elegir el tipo de "Marcha", el icono de "Modo" parpadeará. Pulsar "Enter" para confirmar el modo de encendido. El equipo funcionará según el modo seleccionado y el icono de "Modo" se encenderá.

2) Selección de modo y ajustes de temperatura

En la pantalla principal pulsar "Mode" para entrar a la selección de modo. El icono "Modo" parpadeará. Pulsar "Mode" para seleccionar el modo deseado. El orden de los modos es: "Refrigeración" --> "Calefacción" "Recirculación" --> "Apagado" --> "Refrigeración" --> El modo seleccionado parpadeará, pulsar  o  para incrementar o decrementar la temperatura del agua en el modo seleccionado. Pulsar "Enter" para confirmarlo. El modo seleccionado se iluminará y el equipo funcionará según el ajuste.

3) Ajustes de reloj

Pulsar durante 3 seg. el botón "Mode" para entrar en la configuración. El icono  parpadeará. Pulsar "Enter" para realizar la configuración. El icono  estará iluminado y los dos primeros dígitos parpadearán. Pulsar  o  para configurar los minutos. Pulsar "Enter" para confirmarlo, el icono  se apagará.

4) Temporizador

a) Temporizador de encendido:

- ① Pulsar durante 3 seg. el botón "Mode" para entrar en la configuración. El icono  parpadeará. Pulsar "Mode" otra vez para entrar en el temporizador de encendido y pulsar "Enter" para poderlo configurar.
- ② En este momento, los dos últimos dígitos mostrarán "01" lo que significa que el primer grupo de ajuste ha empezado. Pulsar "Enter" para pasar al siguiente punto.
- ③ Ahora el icono "Modo" parpadeará, pulsar el botón "Mode" para seleccionar el temporizador de encendido. Pulsar "Enter" para confirmar y pasar al siguiente punto.
- ④ Ahora, los dos últimos dígitos parpadearán, pulsar  o  para ajustar la temperatura de entrada de agua. Pulsar "Enter" para confirmar y pasar al siguiente punto.
- ⑤ Ahora, los dos primeros dígitos parpadearán, pulsar  o  para ajustar el temporizador de encendido. Pulsar "Enter" para confirmar y pasar a la configuración de los minutos. Los últimos dos dígitos parpadearán. Pulsar  o  para ajustar los minutos del temporizador de encendido. (El ajuste mínimo es 15 min.)
- ⑥ Pulsar "Enter" para confirmarlo. El primer grupo de ajustes estará finalizado y el icono  se iluminará. Para ajustar el segundo temporizador, repetir las operaciones 1 y 2. Cuando parpadee "01" pulsar  o  para seleccionar el grupo de temporizador. Cuando parpadee "02" significa que se va a ajustar el segundo grupo. Referirse al temporizador de encendido del grupo 1 para ajustar el del grupo 2.

- Pulsar "Mode" durante 3 seg. para borrar un parámetro durante el ajuste de temporizador.

b) Temporizador de apagado:

- ① Pulsar durante 3 seg. el botón "Mode" para entrar en la configuración. El icono  parpadeará. Pulsar "Mode" otra vez para entrar en el temporizador de apagado y pulsar "Enter" para poderlo configurar.
- ② En este momento, los dos últimos dígitos mostrarán "01" lo que significa que el primer grupo de ajuste ha empezado. Pulsar "Enter" para pasar al siguiente punto.
- ③ Ahora, los dos primeros dígitos parpadearán, pulsar  o  para ajustar la hora de apagado. Pulsar "Mode" para confirmarlo y pasar al ajuste de minutos. Los dos últimos dígitos parpadearán, pulsar  o  para ajustar los minutos. Pulsar "Enter" para confirmarlo. El primer grupo de ajustes estará finalizado. y el icono  se iluminará.
- ④ Para ajustar el temporizador de apagado del grupo 2, repetir las operaciones 1 y 2. Cuando parpadee "01" pulsar  o  para seleccionar el grupo 2. Cuando parpadee "02" significa que el ajuste se realizará para el grupo 2. Referirse al temporizador de apagado del grupo 1 para ajustar el del grupo 2.

c) Cancelar todos los ajustes de temporización:

Pulsar durante 3 seg. el botón "Mode" para entrar en la configuración. El icono  parpadeará. Pulsar "Mode" otra vez para seleccionar el temporizador a borrar. Los iconos  y  parpadearán al mismo tiempo. Pulsar "Enter" para borrar los temporizadores. Los iconos de los temporizadores se apagarán.

Funciones adicionales

1) Refrigeración forzada:

En la pantalla principal pulsar al mismo tiempo el botón "Mode" y  durante 3 seg. El icono  se iluminará. Pulsar "Mode" y  durante 3 seg. para salir del modo de refrigeración forzada. El equipo se detendrá.

2) Comprobación de parámetros:

En la pantalla principal pulsar al mismo tiempo el botón  y  durante 3 seg. Los dos primeros dígitos mostrarán el nº de parámetro y los dos últimos el valor del parámetro.

Pulsar  y  para salir de la función o no tocar ningún botón durante 20seg.

Núm.	Contenido	Nota
1	Frecuencia	Muestre la temperatura del agua de entrada cuando la unidad está en modo de espera y modo de bomba de agua. Muestre la frecuencia de funcionamiento cuando la unidad está en modo de refrigeración y modo de calefacción. Muestra dF cuando está descongelando. Muestra Pd cuando está en funcionamiento el modo de anticongelación.
2	Modo operativo	0-apagado, 1-bomba de agua, 2-refrigeración, 3-calefacción, 4-refrigeración forzada
3	Nivel de velocidad del ventilador en funcionamiento	0—Apagado (1-7)
4	Capacidad total requerida	Valor real
5	Requisitos de capacidad corregida	Valor real
6	Ajuste de temperatura	Ajuste de temperatura real en modo de refrigeración o calefacción
7	T3 (temperatura de salida del intercambiador de calor exterior)	Valor real
8	T4 (Temperatura ambiente exterior)	Valor real
9	Tp (Temperatura de descarga del compresor)	Valor real
10	Tin (temperatura de entrada de agua de intercambiador de calor de placas)	Valor real
11	Tout (temperatura de salida del agua intercambiadores de calor de placas)	Valor real
12	Tb1 (Temperatura 1 de intercambiadores de calor de placas)	Valor real
13	Tb2 (Temperatura 2 de intercambiadores de calor de placas(igual a Tb1))	Valor real
14	Temperatura de superficie de la aleta de refrigeración (reservada)	Reservado
15	Corriente de funcionamiento	Valor real
16	Tensión de alimentación	Valor AD real
17	Grados de abertura EXV	Valor real×8
18	Modelo	5 kW:5; 7 kW:7
19	Número de versión	----
20	Err 1	El último código de error
21	Err 2	El penúltimo código de error
22	Err 3	El antepenúltimo código de error

3) Bloqueo automático del panel de control

Si no se manipula el panel de control durante 60 seg, el teclado se bloqueará automáticamente. Pulsar **mode** y **Enter** simultáneamente durante 3 seg. para desbloquearlo.

Listado de códigos de error y protección

Código de error	Contenido
E9	Error de EEPROM
H0	Error en la comunicación entre placa principal y placa IPM
E4	Error del sensor T3,T4
E5	Error de la protección de voltaje
E6	Error del motor del ventilador DC Inverter
EA	Un ventilador en la zona A ha funcionado durante más de 5 minutos en modo calefacción
Eb	Se producen dos errores E6 en 10 minutos (recuperación tras apagado)
HH	Error del sensor de temperatura del agua de entrada (Tin)
CE	Error del sensor de temperatura del agua de salida (Tout)
C0	Error del sensor de la temperatura del intercambiador de calor de placas (Tb)
P1	Protección de alta presión
P2	Protección de baja presión
P3	Protección de corriente del compresor
P4	Protección de temperatura de descarga
P5	Protección de alta temperatura T3 de la batería exterior
P6	Protección del módulo IPM
P8	Protección contra tifones
CH	Protección por demasiada diferencia de temperatura entre el agua de entrada y salida en modo calefacción
CL	Protección por demasiada diferencia de temperatura entre el agua de entrada y salida en modo refrigeración
CP	Protección anticongelante del intercambiador de calor de placas
Pb	Protección anticongelante del sistema
C8	Protección del interruptor de flujo de agua
PH	Protección de temperatura de agua muy alta en modo de calefacción
dF	Equipo en desescarche
d8	Normal indica controlador conectado

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

I A

Punto de ajuste en modo refrigeración

(Ajustado en fábrica) = 12 °C, Histéresis = 3 °C.

El compresor arranca con temperaturas de agua superiores a 12 °C.

El compresor se apaga con temperaturas de agua inferiores a 9 °C.

Punto de ajuste en modo de calefacción

(Ajustado en fábrica) = 40 °C, Histéresis = 4 °C.

El compresor arranca con temperaturas de agua inferiores a 38 °C.

El compresor se apaga con temperaturas de agua superiores a 42 °C.

En caso de error de alimentación temporal, cuando vuelva la corriente, el modo que quedará guardado en la memoria será el modo ajustado anteriormente.

Retardo de puesta en marcha del compresor

Dos funciones evitan que el compresor se ponga en marcha con mucha frecuencia

- Tiempo mínimo desde la última puesta en marcha 300 segundos.

Bomba

La placa electrónica incluye una salida de control de bomba. La bomba arranca cuando se enciende la instalación y al menos 285 segundos antes de que el compresor arranque; y se detiene 120 segundos después de que la instalación se apague. Después de 120 segundos de funcionamiento de la bomba, cuando el flujo de agua se encuentre a velocidad total, las funciones de alarma de flujo de agua se activarán (interruptor de presión diferencial e interruptor de flujo). La bomba debe estar conectada a los terminales PL y PN en la placa terminal del instalador.

Control de velocidad del ventilador

Para el correcto funcionamiento de la unidad a diferentes temperaturas exteriores, el microprocesador controla la velocidad del ventilador según la lectura de presión de la sonda de presión, permitiendo así que el intercambiador de calor aumente y/o disminuya su rendimiento, manteniendo la temperatura de evaporación o condensación prácticamente constante.

El ventilador funciona de forma independiente al compresor.

Alarma de prevención de congelación

Para evitar que el agua se congele y dañe el intercambiador de calor de placas, el microprocesador apaga el compresor si la temperatura medida por el sensor de temperatura de salida del intercambiador de calor es inferior a 3 °C. El ajuste de la temperatura de prevención de congelación puede ser modificado únicamente por un centro de servicio técnico autorizado y solo después de comprobar que el circuito de agua contiene anticongelante. La activación de esta alarma apaga el compresor pero no la bomba, que permanecerá activa. Para restaurar sus funciones normales, la temperatura de agua de salida debe aumentar hasta más de +15 °C. El reinicio es manual.

Alarma de caudal de agua

El microprocesador proporciona el rendimiento de la alarma del flujo de agua, controlada por un interruptor de presión diferencial ajustado según la normativa estándar en el dispositivo que se debe instalar en la tubería de suministro de agua.

Este dispositivo de seguridad puede activarse después de 120 segundos de funcionamiento de la bomba, cuando el flujo de agua se haya acelerado.

La activación de esta alarma apaga el compresor pero no la bomba, que permanece activa. Para reiniciar sus funciones normales, el contacto de la alarma debe estar desactivado durante al menos 15 segundos.

Cuando la corriente eléctrica excede el valor de ajuste y la temperatura del condensador supera 62 °C, el sistema se apagará, pero no regresará al funcionamiento normal hasta que la temperatura del condensador disminuya por debajo de 52 °C.

A

APAGADO DURANTE PERÍODOS PROLONGADOS

Si se prevé que no se va a usar la unidad durante períodos prolongados.

Después de desactivar el refrigerador:

- Asegúrese de que esté en modo apagado " ① ", o desconecte la unidad de la fuente de alimentación.
- Asegúrese de que el interruptor del mando esté apagado (si hubiere).
- Cierre las válvulas de agua.



Importante

Si hay posibilidad de que la temperatura exterior disminuya bajo cero, existe riesgo de congelación.

El circuito de agua DEBE VACIARSE Y DESCONECTARSE DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN (tenga cuidado, cuando se drene después de que la bomba de calor haya estado en funcionamiento, ya que el agua puede estar caliente) o debe agregarse anticongelante.

Nunca realice ninguna tarea de limpieza sin haber desconectado la unidad de la fuente de alimentación principal.

Si se daña el cable de alimentación, debe sustituirlo el fabricante o su agente de servicio técnico o un fabricante o agente de servicio técnico igualmente calificado.

Un mantenimiento regular es fundamental para mantener la eficacia de la unidad en términos de rendimiento y de consumo energético. Debe observarse el plan de mantenimiento del Servicio de Asistencia Técnica, con un servicio anual que incluye las siguientes tareas y comprobaciones:

- Llenado del circuito de agua.
- Presencia de burbujas de aire en el circuito de agua.
- Eficacia de los dispositivos de seguridad.
- Tensión de alimentación.
- Entrada de energía.
- Estanqueidad de conexiones eléctricas e hidráulicas.
- Estado del contactor del compresor.
- Eficiencia del calentador del intercambiador de calor de placas.
- Comprobación de la presión de funcionamiento, sobrecalentamiento y subrefrigeración.
- Eficacia del calentador del compresor.
- Limpieza de la bobina con aletas (*).
- Limpieza de las rejillas del ventilador.
- Limpieza de la bandeja de drenaje de condensado (si está instalada).

(*) Para los dispositivos de la "bomba de calor", las comprobaciones deben llevarse a cabo trimestralmente. Para las unidades instaladas próximas a la costa, los intervalos de mantenimiento deben reducirse a la mitad.

MANTENIMIENTO EXTRAORDINARIO

A

Nunca realice ninguna tarea de limpieza sin haber desconectado la unidad de la fuente de alimentación principal.

Lavado químico

Se recomienda lavar con químicos el intercambiador de calor de placas después de cada 3 años de funcionamiento.

Contenido de gas refrigerante

Los sistemas refrigerados se llenan con gas refrigerante R410a y se prueban en la fábrica. En condiciones normales no debería haber necesidad de que el Servicio de Asistencia Técnica intervenga para comprobar el gas refrigerante. Sin embargo, con el tiempo, pueden desarrollarse pequeñas fugas en las juntas, que provocan pérdidas de refrigerante y drenaje del circuito, haciendo que la unidad funcione deficientemente. En este caso, deben identificarse y repararse las fugas de refrigerante y recargar el circuito refrigerante. Proceda del siguiente modo:

- Vacíe y seque todo el circuito refrigerante usando una bomba de vacío conectada a la llave de presión alta y baja, hasta que el medidor de vacío indique alrededor de 10 Pa. Espere un par de minutos y compruebe que este valor no supere los 200 Pa.
- Conecte el cilindro de gas refrigerante o un cilindro de relleno a la conexión del indicador de presión de la línea de baja presión.
- Llene la cantidad de gas refrigerante indicada en la placa de clasificación de la unidad.
- Compruebe siempre los valores de sobrecalentamiento y subrefrigeración. En condiciones de funcionamiento normales deberían encontrarse entre 5 y 10 °C y entre 4 y 8 °C, respectivamente.
- Después de un par de horas de estar funcionando, compruebe que el indicador de líquido indica circuito seco (verde seco).

Importante

En el caso de fugas parciales, el circuito debe vaciarse por completo antes de volver a llenarse

El refrigerante R410a debe llenarse únicamente en estado líquido. Las condiciones de funcionamiento diferentes a las nominales pueden producir valores considerablemente diferentes.

La prueba de estanqueidad o identificación de fugas debe llevarse a cabo únicamente usando gas refrigerante R410a, y comprobando con un detector de fugas adecuado.

Prohibición

1. El circuito refrigerante no debe llenarse con un refrigerante que no sea el indicado en las especificaciones.
2. El uso de un refrigerante diferente puede provocar graves daños al compresor.
3. Nunca debe usarse oxígeno, acetileno u otros gases inflamables o tóxicos en el circuito refrigerante debido a que pueden provocar explosiones o intoxicación.
4. No deben usarse aceites que no sean los indicados en el manual indicado. El uso de aceites diferentes puede provocar graves daños al compresor.

A

ELIMINACIÓN

No deseche este producto en la basura doméstica.

Es necesaria la recogida de dichos residuos por separado para el tratamiento especial.

No se deshaga de los aparatos eléctricos como residuos urbanos no seleccionados, utilizar las instalaciones de recogida selectiva de residuos.

Póngase en contacto con su gobierno local para obtener información sobre los sistemas de recogida disponibles.

Si los aparatos eléctricos se eliminan en vertederos, sustancias peligrosas pueden filtrarse en el agua subterránea y entrar en la cadena alimentaria, dañando su salud y bienestar.



I

A

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
La unidad no arranca	No existe alimentación eléctrica	- Comprobar la existencia de voltaje - Compruebe los sistemas de seguridad del aparato (ICP, etc)
	El interruptor principal esta apagado La señal remota ON/OFF esta en OFF El panel de control esta apagado El interruptor principal de la unidad esta apagado Protección térmica del compresor	Activar el interruptor
	Voltaje de entrada bajo	Comprobar la entrada de voltaje
	Falla la bobina del contactor Falla la placa electrónica Falla el compresor	Sustituir el componente
Bajo rendimiento	Falta de refrigerante Operación fuera de los limites recomendados	Comprobarlo
Ruido del compresor	Hay líquido volviendo al compresor Fijación inadecuada	Comprobarlo
	Fases desordenadas (Solo uds. trif.)	Cambiar el orden de fases
Ruido y vibraciones	Contacto entre cuerpos metálicos	Comprobarlo
	Fijación débil	Repararlo
	Tornillos flojos	Apretar los tornillos

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
El compresor se detiene debido a la activación de algún dispositivo de protección	Presión demasiado alta Presión de aspiración baja Bajo voltaje Conexiones eléctricas flojas Operación fuera de los límites recomendados	Comprobarlo
	Fallo de los presostatos	Comprobarlo
	Sustituir el componente	Comprobar el voltaje de entrada Comprobar las soldaduras
Alta presión de descarga (mas de 36 BAR)	Alta temperatura del agua externo Alta temperatura del agua de entrada	Comprobarlo
	Insuficiente ventiación Insuficiente caudal de agua	Comprobar el ventilador Comprobar la bomba
	Falla el ventilador	Comprobarlo
	Aire en el circuito de agua	Corregirlo
	Exceso de carga de refrigerante	Comprobarlo
Baja presión de descarga (menos de 25 BAR)	Baja temperatura de salida de aire Baja temperatura de entrada de agua	Comprobarlo
	Humedad en el circuito frigorífico	Corregirlo
	Falla el motor ventilador	Comprobarlo
	Aire en el circuito de agua	Comprobarlo
	Falta de carga de refrigerante	Comprobarlo
Alta presión de aspiración (mas de 10 BAR)	Alta temperatura de aire exterior Alta temperatura del agua de entrada	Comprobarlo
Baja presión de aspiración (menos de 5 BAR)	Baja temperatura del agua externo Baja temperatura del agua de entrada Filtro de agua obstruido Intercambiador de placas obstruido	Comprobarlo



SOLICITE INFORMACIÓN ADICIONAL:

Teléfono: 93 446 27 80 - Fax: 93 456 90 32

eMail: mundoclima@salvadorescoda.com

ASISTENCIA TÉCNICA:

Teléfono: 93 652 53 57 - Fax: 93 635 45 08