



## ET 910

# Curso sobre refrigeración

Formación en refrigeración:  
planificación, montaje y prueba de distintas configuraciones de instalaciones frigoríficas

El sistema de prácticas ideal para las clases orientadas a la práctica

## Concepción y contenidos didácticos

El sistema de prácticas modular permite la construcción de varios circuitos de refrigerante a través de una amplia selección de componentes de refrigeración. Las soluciones de refrigeración y los problemas prácticos se elaboran didácticamente en experimentos.

Con el sistema de prácticas, los campos de aprendizaje en la formación como ingeniero mecatrónico especializado en refrigeración se complementan de forma óptima con ensayos prácticos. El alcance de los ensayos puede ampliarse mediante el uso de mediciones de temperatura. Por lo tanto, el equipo ofrece varios ensayos cualitativos y, por consiguiente, también puede utilizarse con gran éxito en la formación universitaria en los ensayos prácticos del curso de tecnología energética / refrigeración.

Mediante la combinación de los componentes contenidos se pueden simular muchos circuitos de refrigeración de la industria. Mediante la incorporación de unos bypass, el comportamiento de la instalación puede aclararse directamente con o sin el uso de un componente específico. Esto da como resultado una comprensión sostenible de la forma en que los componentes trabajan juntos.

El sistema de prácticas es ideal para el trabajo en grupo independiente con 2–3 aprendices o estudiantes. A diferencia de los montajes experimentales con tuberías fijas, los cambios en el circuito de refrigeración se pueden realizar de forma fácil y rápida y sus efectos se pueden experimentar directamente. Esta retroalimentación inmediata asegura un éxito duradero en el aprendizaje. Al convertir independientemente el diagrama del sistema en un sistema real y funcional, los aprendices/estudiantes logran tener éxitos rápidamente.

El sistema de prácticas ET 910 utiliza componentes industriales estándar de la refrigeración. Esto garantiza la orientación práctica necesaria con un alto valor de reconocimiento. Al seleccionar los componentes, se tuvo mucho cuidado de asegurar que se pudieran cubrir tantos temas de la formación como fuera posible.

Mediante el uso de placas modulares, los ensayos se pueden diseñar de forma flexible y clara. El uso de mangueras bloqueables minimiza las pérdidas de refrigerante al modificar los ensayos.

Incluso hoy en día, los clientes del equipo ET 910 nos dicen que aplican los conocimientos adquiridos a la hora de entender instalaciones complejas, incluso muchos años después.

### Cobertura de campos didácticos en la formación de técnicos en mecatrónica para refrigeración mediante trabajos experimentales con el sistema de prácticas ET 910

Refrigeración	Ingeniería climática	Electrotecnia en la refrigeración e ingeniería climática
Relación entre las funciones del ciclo frigorífico	Estudio de los estados del aire	Fundamentos de la electrotécnica
Fabricación de subsistemas mecánicos	Relaciones fundamentales en la ingeniería de ventilación y climatización	Consumidores de corriente alterna monofásica
Termodinámica, diagrama log p-h	Componentes y funcionamiento del sistema de aire acondicionado	Protección contra peligros eléctricos
Refrigerantes y aceites de lubricación	Climatización, diagrama h-x	Controles sencillos de la refrigeración
Reguladores primarios y secundarios	Circuito de aire en el sistema de conductos	Consumidores de corriente alterna trifásica
Cambiadores de calor	Medidas contra incendios	Accionamientos eléctricos y localización de fallos
Compresores	Ahorro de energía	Regulación de instalaciones frigoríficas
Tuberías		Automatización de edificios
Resolución de problemas, mantenimiento y eliminación		

■ aplicaciones para el sistema de prácticas ET 910

### Espectro de ensayo

#### Distintos elementos de expansión: funcionamiento y características

- válvula manual como elemento de expansión
- válvula de expansión regulada por presión
- tubo capilar
- válvula de expansión termostática con compensación de presión interna

#### Distintas regulaciones de temperatura: funcionamiento y características

- regulación de la temperatura de evaporación mediante el regulador de la presión de evaporación KVP (nivel de refrigeración normal)
- regulación de la temperatura de la cámara frigorífica mediante interruptor termostático con control de compresor
- regulación de la temperatura de la cámara frigorífica mediante regulador de temperatura eléctrico con control de compresor

#### Distintas regulaciones de potencia: funcionamiento y características

- regulador de potencia KVC
- regulador de potencia KVC con postinyección
- regulador de refrigeración eléctrico con válvula magnética y control pump-down

#### Distintas conmutaciones de descongelación en el campo de la congelación: funcionamiento y características

- desconexión del compresor mediante temporizador de descongelación
- desconexión del compresor mediante termostato del evaporador
- calefacción de descongelación eléctrica mediante temporizador de descongelación
- descongelación por gas caliente mediante válvula reversible y temporizador de descongelación

#### Distintas ampliaciones para el circuito de refrigeración: funcionamiento y características

- influencia de un cambiador de calor: subenfriamiento y sobrecalentamiento
- arranque del compresor descargado de presión mediante válvula de derivación con retardo
- control de presión de aspiración mediante regulador de arranque KVL
- separador de líquido en la tubería de aspiración
- funcionamiento con o sin colector

#### Distintas ampliaciones para el circuito de refrigeración: resolución de problemas y mantenimiento

- abertura del circuito de refrigeración con desplazamiento de refrigerante
- abertura del circuito de refrigeración con aspiración del refrigerante
- evacuación del circuito de refrigeración
- llenado del circuito de refrigeración
- búsqueda de fugas
- ajuste de termostatos y reguladores
- control del funcionamiento eléctrico

## ET 910 – ET 910.13 Montaje del sistema de prácticas

### Diseño modular del equipo

El sistema de prácticas de la refrigeración, unidad básica ET 910, representa junto con las siguientes unidades adicionales:

- ET 910.05 Puesto de trabajo de laboratorio,
- ET 910.10 Componentes de la refrigeración para ensayos básicos,
- ET 910.11 Componentes de la refrigeración para ensayos avanzados,
- ET 910.12 Juego de accesorios y
- ET 910.13 Juego de mantenimiento

un sistema modular de una instalación frigorífica de compresión.

El equipamiento básico ya cumple muchas tareas concretas. El sistema se puede ampliar con los equipos ET 910.11 y ET 910.13 para un tratamiento más profundo del tema.

El aspecto modular de la instalación permite a los aprendices/estudiantes diseñar circuitos de refrigeración de diverso grado de dificultad de forma independiente. Los componentes individuales se conectan entre sí con mangueras flexibles. Gracias a la modularidad, también se pueden diseñar sistemas multiusuario a bajo coste.

### Equipamiento básico ET 910.10

#### Fundamentos del circuito de refrigeración

- circuito de refrigeración simple, compuesto por compresor, condensador, recipiente de refrigerante, filtro/secador, válvula de expansión, evaporador
- funcionamiento de los componentes individuales
- presiones y temperaturas en el ciclo
- comportamiento con diferentes cargas de refrigeración
- comportamiento con diferentes temperaturas de la cámara frigorífica
- comportamiento con diferentes caudales máxicos

#### Consideraciones ampliadas del circuito de refrigeración

- funcionamiento del evaporador (presión de evaporación, sobrecalentamiento)
- diferencia entre evaporador ventilado/no ventilado, formación de escarcha en el evaporador
- funcionamiento del condensador y recipiente de refrigerante (presión de condensación)
- funcionamiento del cambiador de calor, subenfriador/sobrecalentador
- funcionamiento del separador de líquidos
- efecto de pérdidas de carga en la tubería, simulación vía válvula manual
- efecto de sobrellenado/subllenado
- funcionamiento del filtro/secador y mirilla
- conexión eléctrica de un consumidor



Equipamiento mínimo para un puesto de trabajo funcional, compuesto por ET 910 Unidad básica, ET 910.10 Componentes de la refrigeración para ensayos fundamentales, ET 910.05 Puesto de trabajo de laboratorio y ET 910.12 Accesorios.

### Juego de ampliación ET 910.11

#### Reguladores primarios y secundarios en el circuito de refrigeración

- diversos elementos de expansión: válvula de estrangulación manual, tubo capilar, válvula de expansión regulada por presión, válvula de expansión termostática
- diversos reguladores de potencia: regulador de la presión de evaporación KVP, regulador de arranque KVL, regulador de potencia KVC con postinyección, termostato eléctrico con válvula electromagnética, regulador de refrigeración con válvula electromagnética
- control «Pump Down» del compresor
- arranque de compresor sin carga vía válvula de derivación retardada

- calefacción de descongelación eléctrica con temporizador de descongelación

- descongelación por gas caliente con válvula reversible de 4 vías y temporizador de descongelación

#### Controles eléctricos simples de la refrigeración

- dominar los fundamentos de control
- realizar tareas concretas de la refrigeración: regulación termostática, sistema de bucle, funcionamiento alterno, circuito de retardo, regulador de refrigeración electrónico

#### ET 910.11 Componentes de la refrigeración para ensayos avanzados



Ensayos adicionales con reguladores primarios y secundarios en el circuito de refrigeración. Mediante componentes eléctricos también es posible realizar tareas en el campo de la electrotecnia.

### Juego de mantenimiento ET 910.13

#### Resolución de problemas y mantenimiento

- vaciar y evacuar la instalación
- llenar la instalación y comprobar la estanqueidad
- abrir la instalación con desplazamiento de refrigerante/Pump-Down
- ajustar válvulas de expansión, termostatos, reguladores de presión

El juego de mantenimiento comprende esencialmente lo siguiente:

- herramientas seleccionadas
- detector de fugas
- multímetro
- equipo de llenado y evacuación

#### ET 910.13 Juego de mantenimiento



Para el llenado y vaciado del sistema. Un juego de mantenimiento ET 910.13 se puede utilizar para varios puestos de trabajo. Con este juego también se pueden procesar tareas de mantenimiento y resolución de problemas.

## Visión general de los componentes modulares

## ET 910.10 Componentes de la refrigeración para ensayos básicos

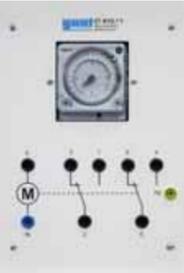
<b>Mirilla con filtro/secador</b> 	<b>Caudalímetro</b> 	<b>Manómetro lado de presión/ lado de aspiración</b> 	<b>Ayuda de montaje</b> 
<b>Cambiador de calor</b> 	<b>Válvula de expansión regulada por presión</b> 	<b>Válvula de expansión termostática</b> 	<b>Interruptor de 3 pines</b> 
<b>Termostato eléctrico 1</b> 	<b>Termostato eléctrico 2</b> 	<b>Separador de líquido</b> 	

## ET 910.12 Juego de accesorios



El juego de accesorios ET 910.12 se necesita para la conexión hidráulica y eléctrica de los componentes entre sí y con la unidad básica. Contiene mangueras de refrigerante en diferentes longitudes y diámetros (en parte con válvulas de cierre), filtro/secador de refrigerante como repuesto, piezas en T, acoplamientos y cables de laboratorio. Además, se incluyen dos tubos capilares de diferente longitud, dos distribuidores y una longitud suficiente de tubo aislante.

## ET 910.11 Componentes de la refrigeración para ensayos avanzados

<b>Válvula manual</b> 	<b>Termostato</b> 	<b>Regulador de la presión de evaporación</b> 	<b>Regulador de la presión de aspiración</b> 
<b>Regulador de potencia</b> 	<b>Válvula reversible de 4 vías</b> 	<b>Válvula de postinyección</b> 	<b>Temporizador de descongelación</b> 
<b>Regulador de refrigeración</b> 	<b>Válvula electromagnética 1</b> 	<b>Válvula electromagnética 2</b> 	<b>Relé temporizado</b> 
<b>Contactador de potencia</b> 	<b>Contactador auxiliar</b> 		

## Montajes experimentales ejemplares

A continuación se presentan, a modo de ejemplo, algunos montajes experimentales interesantes que se pueden realizar con el sistema de prácticas:

- circuito de refrigeración simple con compresor, condensador, válvula de expansión termostática y evaporador
- entender el funcionamiento de un regulador de presión de aspiración en el circuito de refrigerante
- procedimiento de descongelación por gas caliente con una válvula reversible de 4 vías

Antes de trabajar con el sistema de prácticas por primera vez, los aprendices/estudiantes aprenden a leer y comprender diagramas de sistemas o esquemas de procesos de la refrigeración y diagramas de circuitos eléctricos sencillos.

Al compilar los componentes de ensayo necesarios, el alumno puede familiarizarse con los componentes de refrigeración reales que pertenecen a los diagramas del sistema.

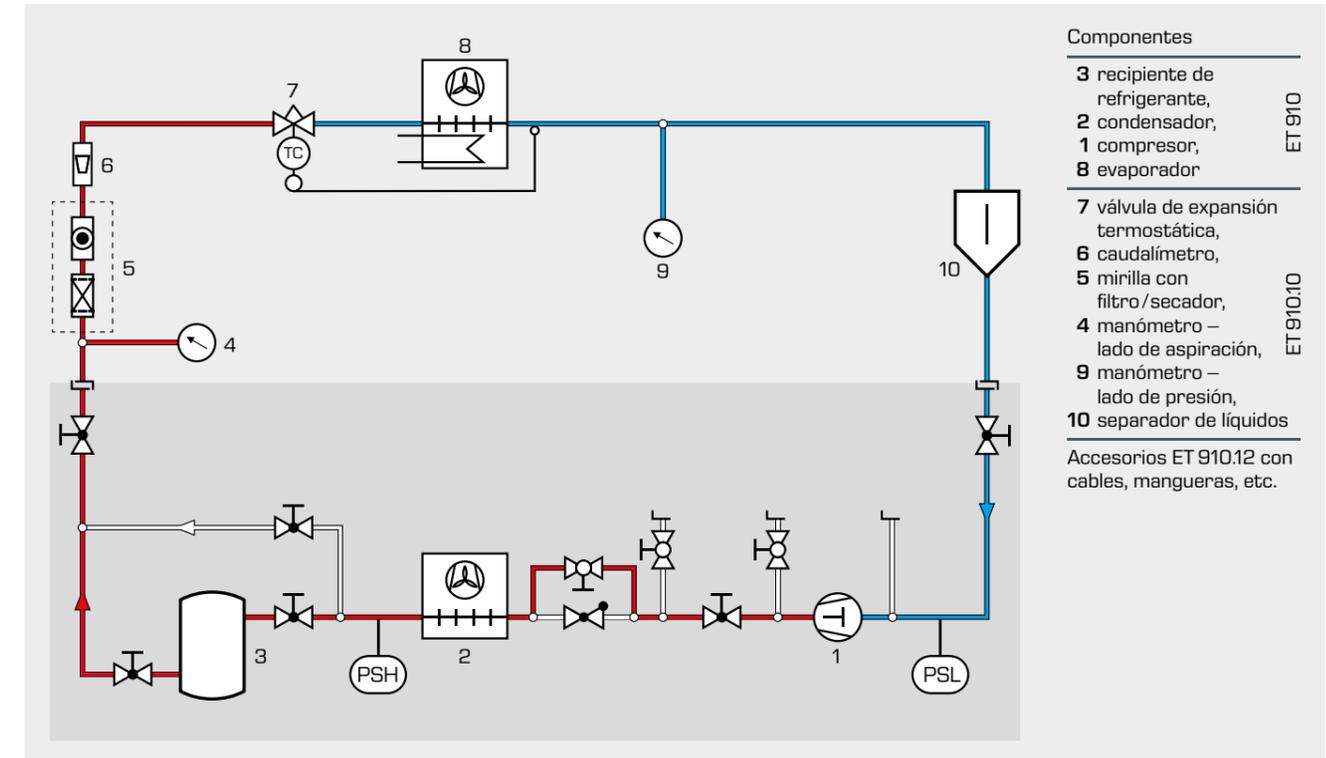
Durante la puesta en marcha se llevan a cabo actividades prácticas como la evacuación, el llenado y una prueba de fugas. En esto, se pueden practicar las normas y reglamentos pertinentes. En la prueba final, los estudiantes pueden entender el

funcionamiento de la instalación en el más amplio sentido de la palabra. El funcionamiento se optimiza mediante el ajuste de los reguladores y elementos de expansión. Los efectos de influencias externas pueden ser demostrados, como p. ej. el cambio de la carga térmica en el evaporador.



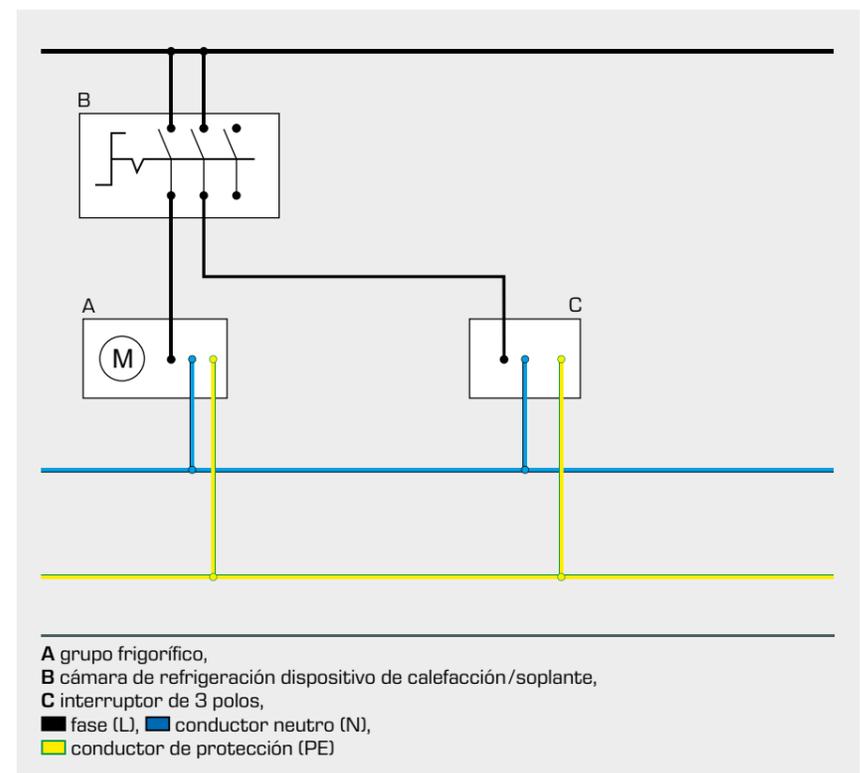
Puesto de trabajo de laboratorio con unidad básica y componentes para ensayos fundamentales

### Ejemplo: circuito de refrigeración sencillo con válvula de expansión termostática



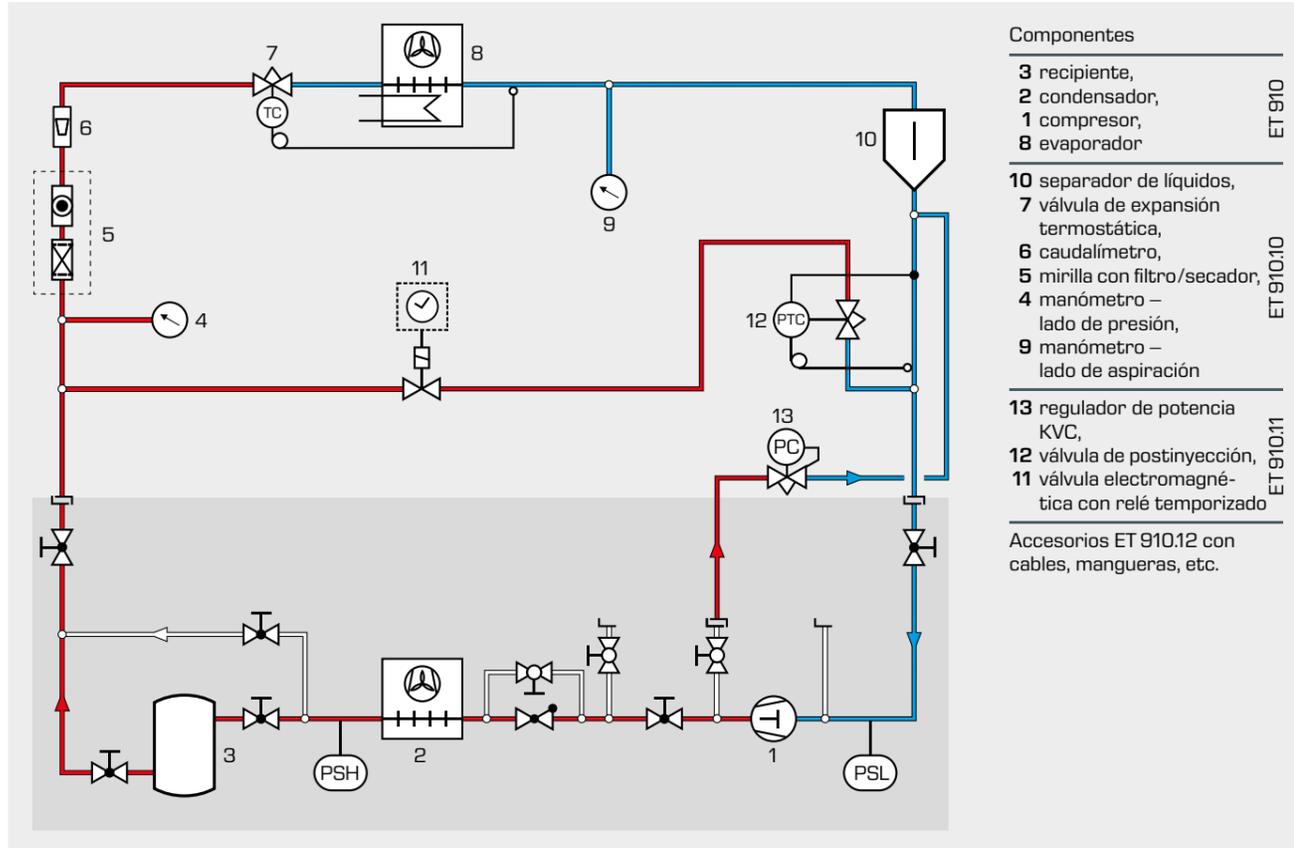
En este ensayo de introducción se monta un circuito de refrigeración sencillo, compuesto por un grupo frigorífico (compresor 1, condensador 2, recipiente de refrigerante 3), cámara de refrigeración con evaporador 8, válvula de expansión termostática 7 y una mirilla con filtro/secador 5.

El comportamiento de regulación de la válvula de expansión se puede observar en el caudalímetro 6. Los manómetros 4, 9 proporcionan información sobre las condiciones de presión existentes en el circuito. Los aprendices/estudiantes se familiarizan con los elementos y las funciones del circuito de refrigeración. El cambio de estado del refrigerante puede seguirse mediante mediciones de presión y temperatura e introducirse en el diagrama log p-h. Sintiendo las temperaturas a mano se profundiza la comprensión de los procesos.

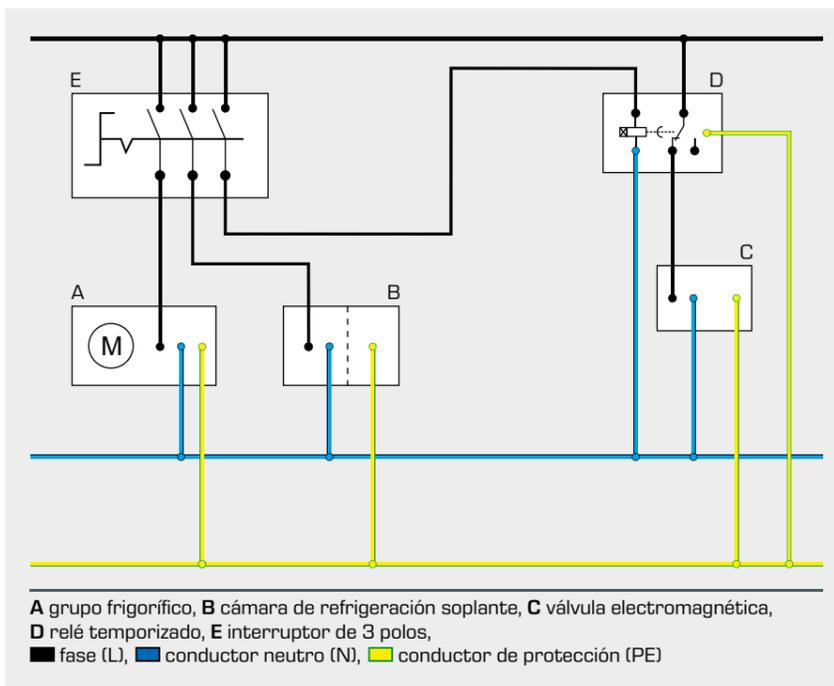


# Montajes experimentales ejemplares

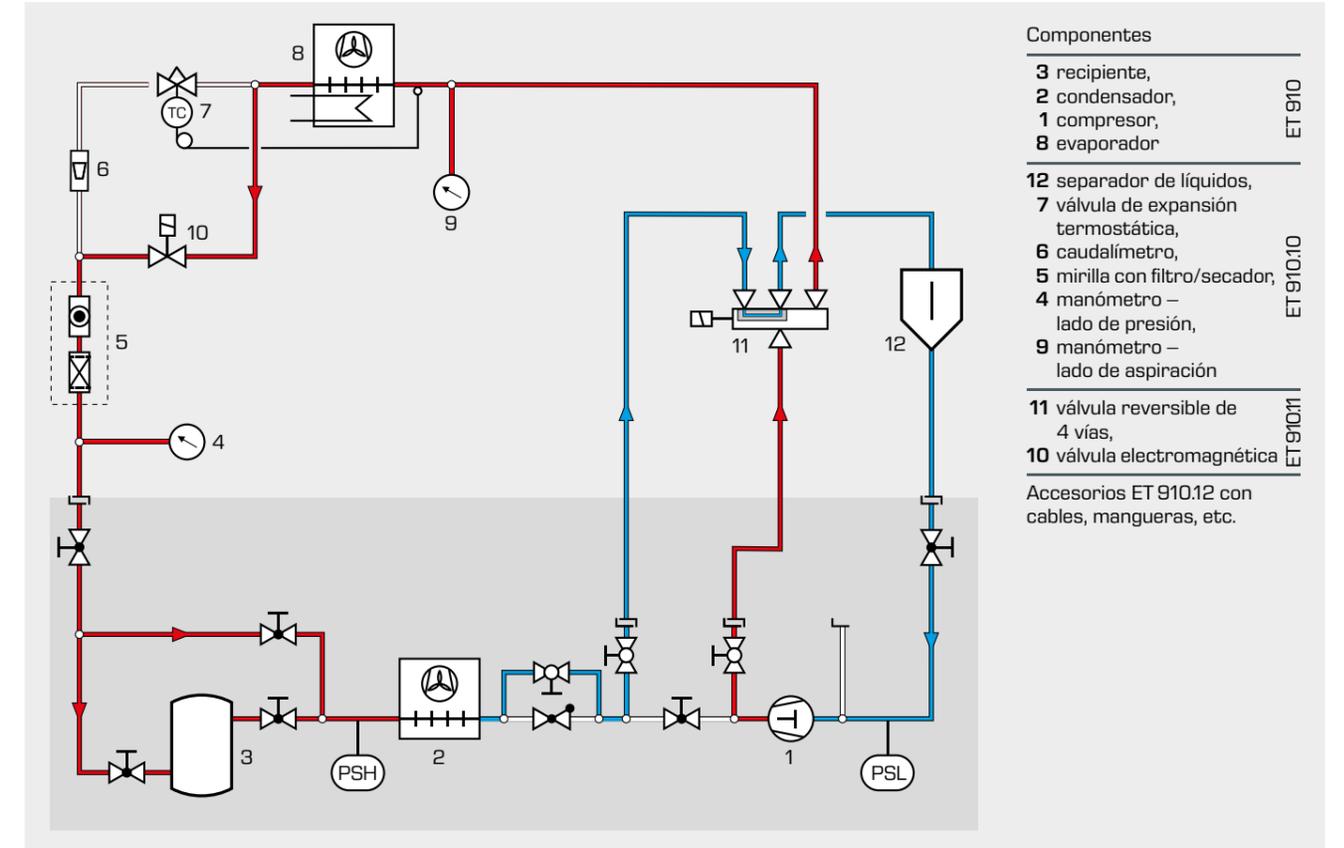
## Ejemplo: regulación de potencia con postinyección



Este ensayo muestra un tipo de regulación de potencia que se utiliza en instalaciones más grandes. Mientras que en las instalaciones pequeñas la potencia es normalmente controlada por la operación de encendido/apagado del compresor, en las instalaciones más grandes se utiliza un regulador de potencia KVC **13**. Si la diferencia de presión entre el lado de presión y el de aspiración del compresor es demasiado alta, el KVC permite que un flujo parcial del gas comprimido fluya de vuelta hacia el lado de aspiración. Esto reduce el caudal másico efectivo del refrigerante. Para evitar el sobrecalentamiento del compresor, se inyecta una pequeña cantidad de refrigerante líquido directamente en la línea de aspiración a través de la válvula de postinyección **12**. El refrigerante se evapora inmediatamente, enfriando de este modo el gas de aspiración. La postinyección se puede desactivar deliberadamente a través de la válvula electromagnética **11**, de modo que la influencia se puede observar inmediatamente.

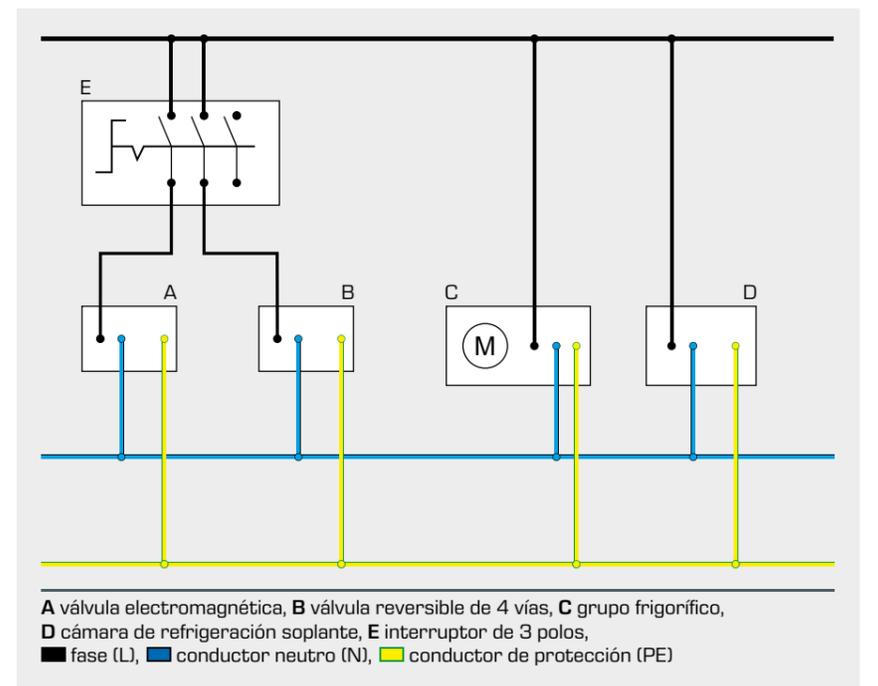


## Ejemplo: descongelación por gas caliente con una válvula reversible de 4 vías



A temperaturas del evaporador inferiores a 0°C, por ejemplo, en instalaciones frigoríficas, el aire se enfría por debajo de la temperatura del punto de rocío, lo que provoca la salida de condensado que se congela en la superficie del evaporador. Esta capa de hielo dificulta la transferencia de calor convectiva y reduce la superficie de transferencia de calor. Además de la posibilidad de utilizar una calefacción de descongelación temporizada, el equipo ET 910 también ofrece la llamada descongelación por gas caliente.

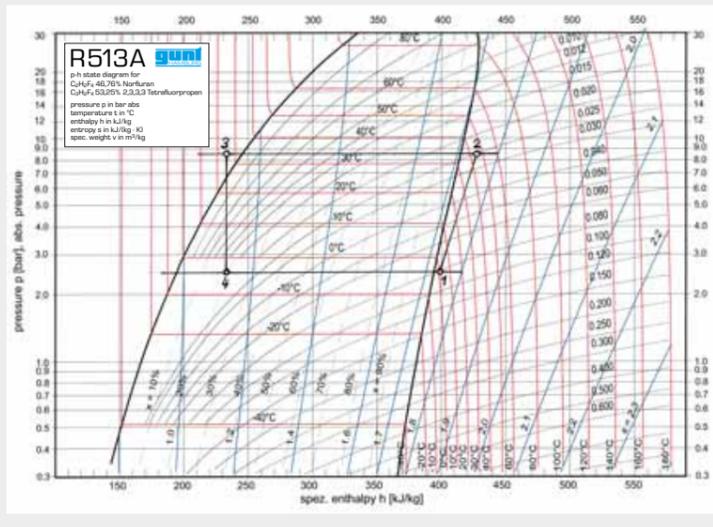
La función del evaporador **8** y del condensador **2** se cambia a través de una válvula reversible de 4 vías **11**, invirtiendo así la dirección del flujo del refrigerante. El evaporador congelado recibe ahora el gas caliente directamente de la salida del compresor y se descongela muy eficazmente.



# Resultados de los ensayos

Medición	1	2	3
Observación			
Presión de evaporación $p_{ev}$ en bares	1.5	1.9	2.1
Presión de condensación, absoluta $p_{co}$ en bares	7.5	7.2	6.7
Temperatura de evaporación en °C (leída en el manómetro)	-4.0	0.0	2.0
Presión de condensación $p_{co}$ en bares	7.5	7.2	6.7
Presión de condensación, absoluta $p_{co}$ en bares	8.5	8.2	7.7
Temperatura de condensación en °C (leída en el manómetro)	33.5	32.0	30.0
Temperatura $T_1$ en °C en la salida del compresor	45.6	42.3	43.0
Temperatura $T_2$ en °C antes de la válvula de expansión	24.8	24.0	27.5
Temperatura $T_3$ en °C en la entrada del evaporador	-2.5	0.5	1.0
Temperatura $T_4$ en °C en la salida del evaporador	-1.2	2.5	5.0
Temperatura $T_5$ en °C en la entrada del compresor	0.4	6.0	8.8
Caudal másico de refrigerante en kg/h	23	28	30

Registrar valores de medición en una instalación frigorífica



Introducir los valores de medición en el diagrama log p-h y dibujar el ciclo

Mediante la medición de las presiones y temperaturas se puede examinar detalladamente el funcionamiento de cada uno de los componentes del circuito de refrigeración.

Al entender los cambios de estado provocados por los componentes colocados por el usuario, se crea una comprensión sostenible del modo de funcionar de los componentes de refrigeración. Además de practicar cómo se realiza correctamente una medición de temperatura (posición de medición correcta y buen contacto del sensor con la tubería) o cómo se lee profesionalmente un manómetro, también se aborda la cuestión del estado estacionario de la instalación.

Introduciendo los valores medidos en el diagrama log p-h, el ciclo puede representarse gráficamente. En el diagrama log p-h, que es muy importante para la refrigeración, el modo de funcionar de los componentes principales se puede ver de manera especialmente clara y se puede discutir en detalle.

El concepto abstracto de la entalpía es clarificado mediante un balance de los flujos de energía intercambiados. Las propiedades básicas de las mezclas de fases, la condensación y la evaporación también se pueden explicar con ayuda del diagrama log p-h.

Medición	1	2	3
<b>Entalpías (lectura del diagrama log p-h)</b>			
$h_1$ en kJ/kg	398	402	405
$h_2$ en kJ/kg	428	426	428
$h_3$ en kJ/kg	233	229	228
$h_4$ en kJ/kg	233	229	228
<b>Diferencias de entalpía</b>			
$h_1 - h_4$ en kJ/kg	165	173	176
$h_2 - h_3$ en kJ/kg	195	197	200
Caudal másico $\dot{m}$ en kg/h	23	28	30
<b>Cálculo de potencia</b>			
Potencia del evaporador $P_e = \frac{\dot{m} \cdot (h_1 - h_4)}{3600}$ en kW	1.054	1.345	1.466
Potencia del condensador $P_c = \frac{\dot{m} \cdot (h_2 - h_3)}{3600}$ en kW	1.245	1.532	1.666
<b>Índice de rendimiento calorífico teórico</b>			
$\eta = \frac{P_e}{P_c}$	5.49	7.18	7.53

Calcular los flujos de energía y determinar el índice de rendimiento calorífico

Los flujos de energía pueden determinarse mediante unos cálculos termodinámicos sencillos. El cálculo del índice de rendimiento calorífico permite hacer afirmaciones sobre la eficacia de la instalación autoconstruida y puede modificarse de forma focalizada mediante el uso de diversos componentes. Además, la influencia de las cargas térmicas o de la tasa de presión en el índice de rendimiento calorífico se ilustra de una forma impresionante.

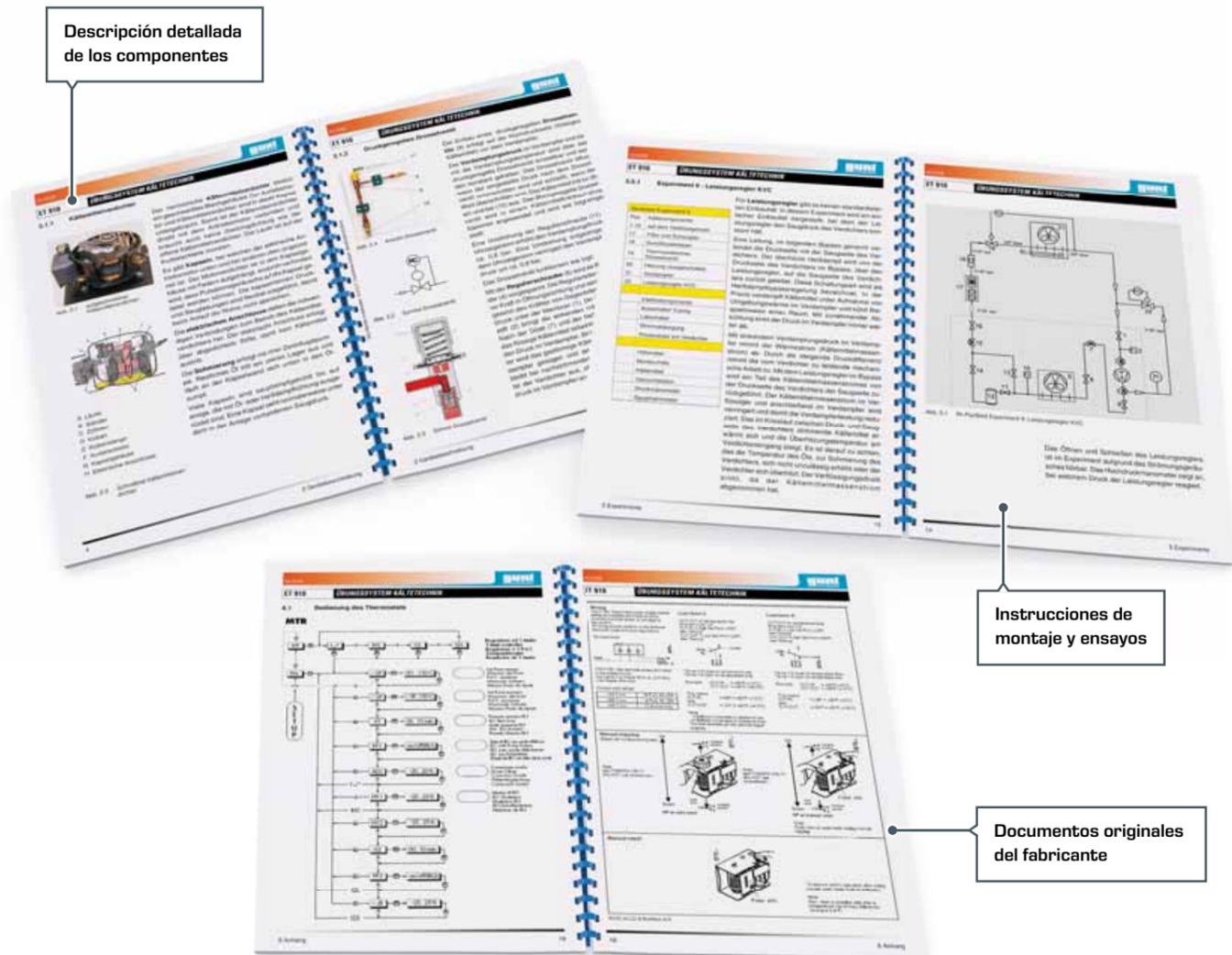
# El material didáctico adjunto

Hemos desarrollado material adjunto detallado para el sistema de prácticas ET 910, que le facilitará el uso del sistema en las clases.

El material didáctico adjunto consta en detalle de:

- descripción completa del sistema ET 910
- indicaciones de mando detalladas
- descripción detallada del montaje y el funcionamiento de los componentes utilizados
- indicaciones de montaje con diagrama de proceso del sistema, esquema de conexiones y lista de piezas
- hojas de trabajo con instrucciones para los ensayos de los estudiantes
- documentos originales del fabricante e instrucciones de montaje para los componentes principales

Materiales en papel y también en PDF.



Descripción detallada de los componentes

Instrucciones de montaje y ensayos

Documentos originales del fabricante

Con la compra del sistema de prácticas ET 910 recibirá un excelente material de documentación y didáctico