

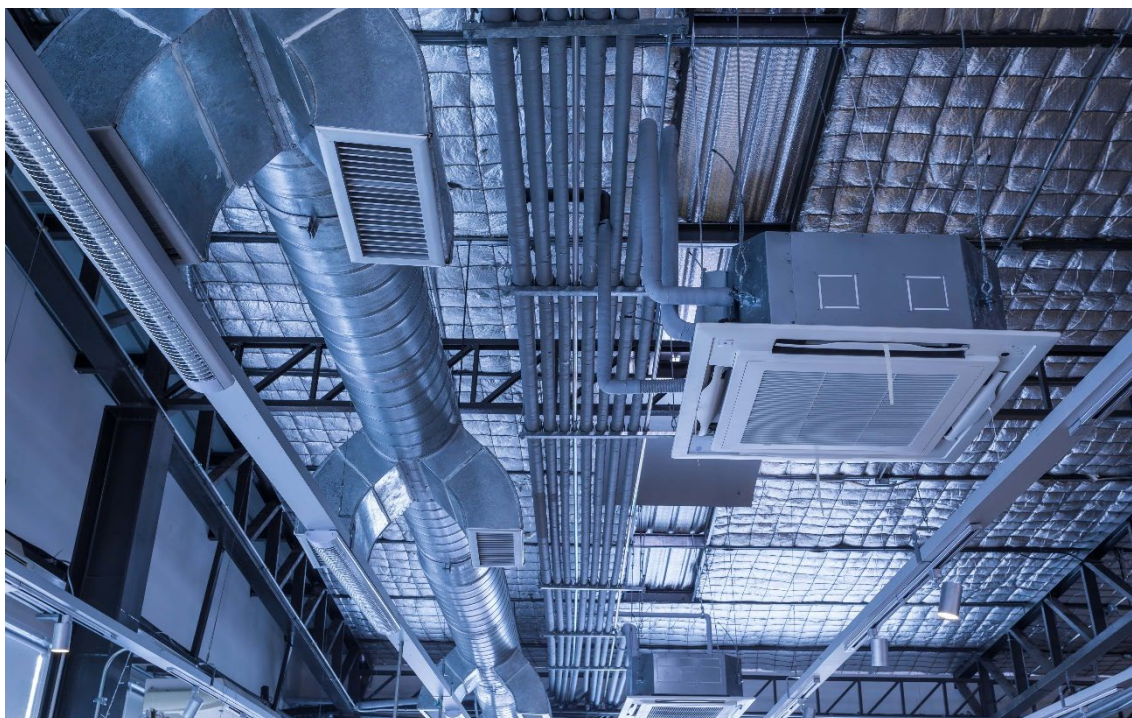
Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

Proyecto Erasmus+ ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

Este proyecto Erasmus+ ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión Europea y las agencias nacionales Erasmus+ no se hacen responsables del uso que pueda hacerse de la información contenida en ella.

Proyecto BIM4Energy

Título: Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos



1 – Objetivos

El tutorial «Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos» tiene como objetivo proporcionar a los participantes una comprensión global de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) eficientes desde el punto de vista energético y de los distintos vectores energéticos que pueden alimentarlos. Los objetivos principales de este tutorial suelen ser los siguientes:

Los objetivos de este tutorial sobre sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos son los siguientes:

- Conocer diversas fuentes de energía, como la electricidad, el gas natural, el propano, la energía solar, la geotérmica y la biomasa, y su idoneidad para aplicaciones de climatización.
- Aprendizaje de los fundamentos de los sistemas HVAC: comprensión de los componentes, principios y funcionamiento de los diferentes sistemas HVAC.
- Comprensión de los indicadores clave de rendimiento (KPI) para medir la eficiencia de los sistemas HVAC, como el índice de eficiencia energética estacional (SEER), el factor de rendimiento estacional de calefacción (HSPF) y el índice de eficiencia energética (EER).
- Saber cómo elegir el sistema de climatización más adecuado para diferentes tipos de edificios y climas en función de la eficiencia energética y la rentabilidad.
- Comprensión de cómo integrar fuentes de energía renovables (por ejemplo, solar, geotérmica) en los sistemas de climatización para maximizar la eficiencia energética y la sostenibilidad.
- Conocimiento de las tareas de mantenimiento rutinarias y las técnicas de resolución de problemas para garantizar un rendimiento óptimo y la longevidad del sistema.
- Comprensión de estrategias para reducir el consumo de energía, como la gestión de la demanda, el deslastre de carga y la tarificación por tiempo de uso.

2 - Metodología de aprendizaje

El profesor ofrecerá una explicación sobre los sistemas de climatización eficientes y los vectores energéticos de unos 30 minutos de duración.

Los alumnos leerán este tutorial y seguirán los pasos que se indican en él, a saber:

- La necesidad de los sistemas HVAC;
- Vectores energéticos utilizados en los sistemas de climatización: ventajas, desventajas y aplicaciones;
- Conceptos básicos de los sistemas HVAC: componentes, funciones e interacción;

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

- Cálculo e interpretación de métricas de eficiencia energética: índice de eficiencia energética (EER), coeficiente de rendimiento (COP) e índice de eficiencia energética estacional (SEER);
- Tipos actuales de sistemas HVAC;
- Tecnologías innovadoras para sistemas HVAC;
- Mantenimiento y optimización de los sistemas de climatización. Programas de mantenimiento preventivo, técnicas de resolución de problemas y estrategias para mejorar el rendimiento del sistema.

Para evaluar el éxito de la aplicación, sugerimos realizar un cuestionario a los alumnos.

3 - Duración del tutorial

La implementación descrita en este tutorial se llevará a cabo a través del sitio web del proyecto BIM4ENERGY mediante autoaprendizaje.

Para esta formación se recomiendan 3 horas lectivas.

4 – Recursos didácticos necesarios

Sala de informática con ordenadores con acceso a Internet.

Software necesario: Microsoft Office.

5 – Contenidos y tutorial

5.1 – La necesidad de los sistemas HVAC

5.1.1. La función de los sistemas de climatización

Los sistemas HVAC son esenciales para mantener un ambiente interior confortable y saludable con una calidad del aire interior (IAQ) aceptable, es decir, aire en el que no hay contaminantes conocidos en concentraciones nocivas según lo determinado por las autoridades competentes y con el que una mayoría sustancial (80 % o más) de las personas expuestas no expresan insatisfacción.

Ofrecen varias ventajas clave:

- **Control de la temperatura:** regulan la temperatura para adaptarla a las preferencias de los ocupantes, garantizando que no se pase ni frío ni calor.
- **Mejora de la calidad del aire:** los sistemas HVAC filtran los contaminantes, los alérgenos y el polvo, lo que reduce el riesgo de problemas respiratorios y alergias.

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

- **Control de la humedad:** ayudan a mantener unos niveles óptimos de humedad, evitando la aparición de moho y garantizando un ambiente confortable.
- **Eficiencia energética:** los sistemas modernos de climatización están diseñados para ser eficientes desde el punto de vista energético, lo que le ayuda a ahorrar en las facturas de servicios públicos.
- **Comodidad y productividad:** un ambiente interior confortable puede mejorar significativamente su estado de ánimo, su productividad y su bienestar general.

En esencia, **los sistemas HVAC crean un espacio de vida o de trabajo más saludable y agradable**, lo que contribuye a una mejor calidad de vida.

5.1.2. Contaminantes del aire

La calidad del aire interior es un componente crucial de un ambiente interior saludable, ya que pasamos una gran parte de nuestro tiempo en interiores. Se dice que pasamos alrededor del 90 % de nuestra vida en interiores.

¿Cómo hemos llegado a esta situación? En primer lugar, nuestros trabajos modernos se desarrollan principalmente en interiores y están relacionados con los ordenadores. En segundo lugar, **hemos aislado nuestros edificios** para ahorrar energía, pero hemos descuidado la calidad del aire interior durante muchos años. Hemos sustituido todos los componentes naturales de nuestros edificios modernos por grandes cantidades de **materiales sintéticos** y, posteriormente, hemos descubierto que muchos de ellos **«liberan» al aire una gran cantidad de contaminantes químicos**. Algunos de ellos están clasificados como carcinógenos para el ser humano por la IARC (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer).

La mala calidad del aire interior puede tener efectos adversos en nuestra salud, productividad y bienestar general. **Los contaminantes del aire** son uno de los factores que más contribuyen a la mala calidad del aire interior (véase la figura 1), y este tutorial tiene por objeto ofrecer una visión global de los tipos de contaminantes del aire, sus fuentes y sus efectos en la salud humana [1].



Figura 1. Contaminantes comunes del aire en el ambiente interior

A lo largo de esta actividad de aprendizaje, aprenderá sobre los diferentes tipos de contaminantes del aire interior, incluidos los compuestos orgánicos volátiles (COV), las partículas en suspensión y los contaminantes biológicos. También aprenderá sobre las

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

fuentes de estos contaminantes y cómo pueden entrar en nuestro ambiente interior, así como estrategias para reducir la exposición y mejorar la calidad del aire interior [2].

Al final de este tutorial, comprenderá mejor los posibles efectos sobre la salud de la exposición a los contaminantes del aire interior y conocerá estrategias prácticas para mejorar la calidad del ambiente interior y crear un entorno interior más saludable para usted y las personas que le rodean.

Los contaminantes atmosféricos son sustancias que se encuentran en el aire y que pueden ser perjudiciales para la salud humana o el medio ambiente. En el contexto de la calidad del aire interior, los contaminantes atmosféricos se refieren a los contaminantes presentes en interiores, como hogares, escuelas y lugares de trabajo. Estos contaminantes pueden tener efectos nocivos para la salud humana, especialmente porque las personas tienden a pasar una gran cantidad de tiempo en interiores [3].

Existen varios tipos de contaminantes atmosféricos, que pueden clasificarse en función de su origen y composición química:

1. **Compuestos orgánicos volátiles (COV):** son sustancias químicas que pueden emitirse desde materiales de construcción, productos de limpieza y otros productos de consumo. Algunos COV comunes son el formaldehído, el benceno y el tolueno.
2. **Formaldehído:** es un COV común que se encuentra en muchos materiales de construcción, muebles y productos domésticos y de belleza.
3. **Partículas en suspensión:** se trata de partículas diminutas que se encuentran en el aire, como el polvo, el polen y las esporas de moho.
4. **Partículas en suspensión procedentes de la cocina:** Las actividades culinarias pueden generar humos y partículas que pueden degradar la calidad del aire interior.
5. **Monóxido de carbono:** es un gas producido por fuentes de combustión, como las cocinas y los calefactores de gas, y puede ser mortal en concentraciones elevadas.
6. **Dióxido de nitrógeno:** es un gas que puede producirse en las cocinas de gas y otras fuentes de combustión y que puede causar problemas respiratorios.
7. **Radón:** es un gas radiactivo natural que puede filtrarse en los edificios desde el suelo y causar cáncer de pulmón.
8. **Contaminantes biológicos:** incluyen el moho, las bacterias, los ácaros del polvo y los virus, que pueden causar diversos problemas de salud, especialmente a personas con alergias o asma.
9. **Amianto:** Es una fibra mineral que se utilizaba habitualmente en materiales de construcción antes de que se reconocieran sus riesgos para la salud. La exposición

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

al amianto puede provocar cáncer de pulmón y mesotelioma.

10. **Plomo:** Es un metal pesado que se encuentra en algunos materiales de construcción y puede causar problemas de desarrollo en los niños y otros problemas de salud en los adultos.
11. **Ozono:** Es un gas que pueden producir algunos purificadores de aire y que puede causar problemas respiratorios.
12. **Pesticidas:** Son productos químicos utilizados para matar plagas, pero también pueden ser perjudiciales para la salud humana.
13. **Humo de segunda mano:** es el humo que exhalan los fumadores o que emiten los productos del tabaco al quemarse.
14. **Retardantes de llama:** Son sustancias químicas que se añaden a los muebles y a los aparatos electrónicos para reducir el riesgo de incendio, pero también pueden ser perjudiciales para la salud humana.

Es importante señalar que esta no es una lista exhaustiva de todos los posibles contaminantes del aire interior, pero estos son algunos de los más comunes.

5.1.3. Estrategias para mejorar la calidad del aire interior

Existen varias estrategias que pueden emplearse para mejorar la calidad del aire interior. Estos enfoques, enumerados por orden de eficacia creciente, pueden mejorar significativamente la calidad del aire dentro de su espacio.

1. **Limpieza regular:** La limpieza regular del ambiente interior puede ayudar a eliminar el polvo, el moho y otros alérgenos que pueden contribuir a la mala calidad del aire interior. Esto incluye aspirar alfombras y tapicerías, limpiar el polvo de las superficies y lavar la ropa de cama y las cortinas.
2. **Minimizar el uso de productos que emiten contaminantes:** Muchos productos domésticos, como los productos de limpieza, las pinturas y los disolventes, pueden emitir contaminantes al aire. Para minimizar la exposición, es importante elegir productos con bajo contenido en COV o etiquetados como «ecológicos» o «respetuosos con el medio ambiente». También es importante utilizar estos productos en zonas bien ventiladas y desecharlos de forma adecuada. Elegir productos seguros y ecológicos puede ayudar a minimizar la exposición a los contaminantes.
3. **Añadir plantas:** Ciertos tipos de plantas pueden ayudar a mejorar la calidad del aire interior al absorber contaminantes y liberar oxígeno. Algunos ejemplos son la planta araña, el lirio de la paz y la hiedra inglesa.
4. **Usar purificadores de aire:** Los purificadores de aire pueden ayudar a eliminar los contaminantes del aire, como el polvo, los alérgenos y los compuestos orgánicos volátiles (COV). Hay varios tipos de purificadores de aire disponibles, como los

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

filtros HEPA, los filtros de carbón activado y los ionizadores.

5. **Evitar fumar en interiores:** El humo del tabaco es uno de los principales contaminantes del aire interior y puede provocar problemas respiratorios, alergias y otros problemas de salud. Es importante evitar fumar en interiores y animar a los demás a hacer lo mismo.
6. **Aumentar la ventilación:** Una de las formas más eficaces de mejorar la calidad del aire interior es aumentando la cantidad de aire exterior que entra en el edificio. Esto se puede conseguir abriendo ventanas y puertas, utilizando extractores de aire y asegurándose de que el sistema de ventilación funciona correctamente.

La más importante de todas, y la que tiene mayor impacto, es aumentar la ventilación. La reducción de los materiales emisores, la limpieza regular y las plantas tienen un impacto reducido en la calidad del aire interior. Los purificadores de aire solo son eficaces si tienen el tamaño adecuado, pero hay que tener en cuenta que recirculan el aire interior y solo actúan sobre contaminantes específicos, como el polvo, los alérgenos y los COV, por lo que no son útiles para la mayoría de los contaminantes presentes.

5.2– Vectores energéticos utilizados en los sistemas de climatización

5.2.1. Tipos de vectores energéticos

Los vectores energéticos son los medios a través de los cuales se transfiere la energía en un sistema de climatización [4]. Estos vectores se pueden clasificar en dos categorías principales:

1. Vectores de energía térmica:

- **Aire:** El medio más común tanto para calefacción como para refrigeración. El aire se calienta o se enfría y luego se hace circular por todo el espacio.
- **Agua:** utilizada en sistemas hidrónicos, el agua se calienta o enfría y luego se hace circular a través de tuberías para calentar o enfriar espacios.
- **Vapor:** otro medio hidrónico, el vapor se utiliza principalmente para aplicaciones de calefacción.
- **Refrigerante:** Se utiliza en ciclos de refrigeración para extraer calor del espacio y transferirlo a un nivel de temperatura más alto.

2. Vectores de energía eléctrica:

- **Electricidad:** Alimenta los ventiladores, bombas, compresores y otros componentes de los sistemas de climatización.

Consideraciones adicionales:

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

- **Cogeneración (CHP):** Algunos sistemas HVAC pueden utilizar la cogeneración, en la que se utiliza la misma fuente de combustible para generar tanto electricidad como calor, lo que mejora la eficiencia energética global.
- **Fuentes de energía renovables:** La energía solar, eólica y geotérmica también pueden utilizarse para alimentar o complementar los sistemas de climatización, reduciendo la dependencia de las fuentes de energía tradicionales.

5.2.2. Ventajas y desventajas de los diferentes vectores energéticos en los sistemas HVAC

El **aire** es un vector energético versátil y ampliamente disponible para los sistemas HVAC. Su capacidad para calentar y enfriar espacios lo convierte en una opción flexible para diversas aplicaciones. Además, el aire es relativamente barato y fácil de instalar, lo que lo convierte en una opción rentable para muchos proyectos HVAC. Su buena conductividad térmica garantiza una transferencia de calor eficiente, lo que se traduce en un rendimiento eficaz de calefacción y refrigeración.

Los sistemas de climatización basados en aire, aunque versátiles, tienen varios inconvenientes. La ineficiencia debida a factores como las fugas y la infiltración de aire puede reducir la eficiencia energética. El ruido generado por los ventiladores de alta velocidad puede resultar molesto. La calidad del aire puede verse comprometida si los alérgenos y los contaminantes no se filtran adecuadamente. Además, el rango de temperatura limitado puede hacer que los sistemas basados en aire sean menos adecuados para aplicaciones que requieren temperaturas extremas.

Aunque el aire ofrece varias ventajas como vector energético en los sistemas HVAC, es importante tener en cuenta sus posibles inconvenientes y sopesarlos con las necesidades y requisitos específicos de la aplicación.

Los sistemas HVAC basados en agua ofrecen varias ventajas. Su eficiencia permite transferir grandes cantidades de calor con una pérdida mínima de energía. Por lo general, son más silenciosos que los sistemas basados en aire, lo que reduce la contaminación acústica. El agua se puede utilizar tanto para calefacción como para refrigeración, así como para agua caliente sanitaria o calefacción radiante. Además, los sistemas basados en agua proporcionan un control preciso de la temperatura, lo que garantiza unos niveles de confort óptimos.

Aunque los sistemas HVAC basados en agua ofrecen muchas ventajas, también tienen algunas desventajas. Los costes iniciales de las tuberías y los equipos pueden ser más elevados en comparación con los sistemas basados en aire. El mantenimiento puede ser más complejo debido a la extensa red de tuberías y bombas. En climas fríos, es necesario abordar los problemas de congelación mediante medidas anticongelantes o de protección contra la congelación. Por último, los sistemas basados en agua pueden ser menos flexibles para la remodelación de edificios existentes, ya que requieren modificaciones importantes de la estructura.

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

Los sistemas HVAC basados en vapor ofrecen varias ventajas. Su alta capacidad calorífica permite una rápida distribución del calor, lo que los hace ideales para grandes edificios comerciales o industriales. El vapor también se puede utilizar para otros procesos industriales, lo que aumenta su versatilidad. Además, los sistemas de vapor son muy adecuados para calentar grandes espacios de manera eficiente.

Los sistemas de climatización basados en vapor, aunque eficaces para la calefacción, tienen varios inconvenientes. Las altas temperaturas y presiones implicadas plantean problemas de seguridad, lo que requiere una manipulación cuidadosa. Los costes iniciales de las calderas y las tuberías pueden ser considerables. El mantenimiento es complejo y requiere conocimientos y equipos especializados. Por último, los sistemas de vapor no son adecuados para aplicaciones de refrigeración, lo que limita su versatilidad.

Los sistemas HVAC basados en refrigerantes ofrecen varias ventajas. Su refrigeración eficiente los hace ideales para aplicaciones de refrigeración. Los refrigerantes también pueden alcanzar temperaturas muy bajas, lo que los hace adecuados para diversos procesos industriales. Además, los sistemas basados en refrigerantes son generalmente más silenciosos que los sistemas basados en aire, lo que reduce la contaminación acústica.

Los sistemas HVAC basados en refrigerantes, aunque eficaces para la refrigeración, presentan varias desventajas. El impacto de muchos refrigerantes en el medio ambiente suscita preocupaciones medioambientales, lo que ha dado lugar a la adopción de normativas. El mantenimiento requiere conocimientos y equipos especializados para manipular los refrigerantes de forma segura. Los costes iniciales pueden ser elevados debido a los requisitos de equipamiento e instalación especializados. Por último, los sistemas basados en refrigerantes se utilizan principalmente para la refrigeración, con capacidades de calefacción limitadas.

Los sistemas HVAC basados en electricidad ofrecen varias ventajas. Su flexibilidad permite utilizar la potencia de una gran variedad de componentes, lo que los hace adaptables a diferentes configuraciones de sistemas. Cuando se combinan con otras tecnologías de ahorro energético, la electricidad puede ser muy eficiente. Además, los sistemas basados en electricidad proporcionan un control preciso de las operaciones de HVAC, lo que garantiza un rendimiento y un confort óptimos.

Los sistemas de climatización basados en la electricidad, aunque ofrecen muchas ventajas, también tienen algunos inconvenientes. Los costes pueden ser elevados, especialmente en regiones con tarifas eléctricas altas. La fiabilidad puede verse afectada por cortes o fluctuaciones en el suministro eléctrico. Además, la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles puede contribuir a problemas medioambientales como las emisiones de gases de efecto invernadero.

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

El mejor vector energético para un sistema HVAC específico depende de varios factores, como el tamaño del edificio, la ubicación, el clima y el nivel de confort deseado.

5.2.3. Aplicaciones de diferentes vectores energéticos en sistemas de climatización

Como se ha mencionado anteriormente, muchos vectores energéticos se adaptan a una amplia gama de aplicaciones [5]. Estos medios versátiles pueden utilizarse de forma eficaz en entornos residenciales, comerciales e industriales, lo que demuestra su amplia aplicabilidad. Los siguientes ejemplos ilustran su versatilidad en diversos contextos.

Aire: Se utiliza habitualmente en los tres sectores. Las aplicaciones residenciales incluyen el aire acondicionado central, la calefacción por aire forzado y las bombas de calor. Las aplicaciones comerciales suelen incluir sistemas VRF, unidades de techo y unidades de ventilación. Las aplicaciones industriales pueden utilizar sistemas de ventilación a gran escala y sistemas de recogida de polvo.

Agua: Se utiliza con frecuencia en entornos residenciales y comerciales. Las aplicaciones residenciales incluyen calefacción radiante y sistemas hidrónicos. Las aplicaciones comerciales suelen incluir plantas de calderas y sistemas de agua refrigerada. Las aplicaciones industriales pueden utilizar sistemas de calefacción y refrigeración de procesos.

Vapor: Se utiliza principalmente en entornos industriales y comerciales. Las aplicaciones industriales incluyen turbinas de vapor para la generación de energía y la calefacción de procesos. Las aplicaciones comerciales pueden incluir sistemas de calefacción por vapor para grandes edificios.

Refrigerante: Se utiliza principalmente en entornos comerciales e industriales. Las aplicaciones comerciales incluyen sistemas de refrigeración de supermercados y máquinas de hielo. Las aplicaciones industriales pueden incluir sistemas de refrigeración de procesos e instalaciones de almacenamiento en frío.

Electricidad: Se utiliza en los tres sectores. Las aplicaciones residenciales incluyen calefactores eléctricos de zócalo, bombas de calor y aire acondicionado eléctrico. Las aplicaciones comerciales suelen incluir enfriadores eléctricos y unidades de ventilación. Las aplicaciones industriales pueden utilizar elementos calefactores eléctricos y sistemas de refrigeración de procesos.

Estos ejemplos demuestran la versatilidad de los diferentes vectores energéticos en los sistemas HVAC, lo que permite ofrecer soluciones a medida para satisfacer las necesidades específicas de diversas aplicaciones. Al comprender los diferentes vectores energéticos utilizados en los sistemas HVAC, es posible optimizar la eficiencia energética y seleccionar el sistema más adecuado para una aplicación determinada.

5.3– Conceptos básicos de los sistemas HVAC: componentes, funciones e interacción

Los sistemas HVAC están diseñados para mantener un ambiente interior confortable mediante el control de la temperatura, la humedad y la calidad del aire. Estos sistemas suelen constar de varios componentes clave que funcionan conjuntamente para alcanzar estos objetivos

5.3.1. Componentes de los sistemas de climatización

Los componentes esenciales de un sistema HVAC incluyen:

- a) fuente de calor;
- b) fuente de refrigeración;
- c) unidad de tratamiento de aire;
- d) humidificador y/o deshumidificador;
- e) ventiladores;
- f) conductos;
- g) reguladores de aire;
- h) registros;
- i) termostato.

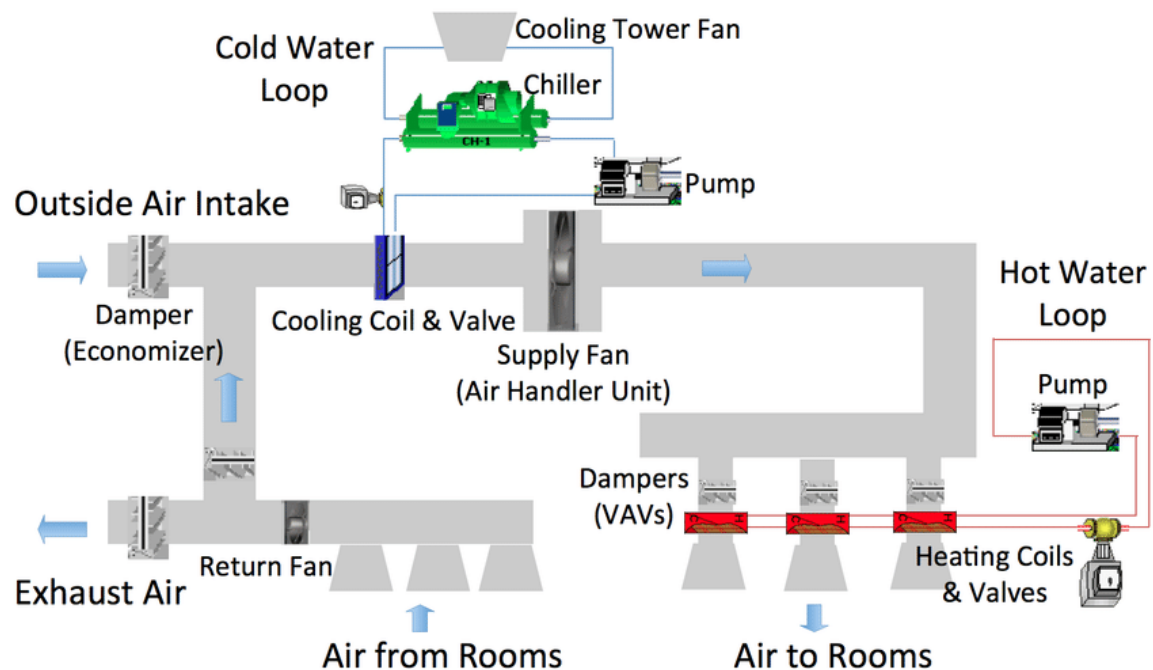


Figura 2. Componentes de un sistema HVAC

Estos elementos interconectados trabajan juntos para regular la temperatura, la humedad y la calidad del aire dentro de los espacios interiores [6].

a) Una **fuentes de calor** habitual en edificios residenciales y comerciales son las **calderas** que utilizan combustibles fósiles como el gas natural, el propano o el petróleo para generar calor. Este calor se transfiere al aire que circula por el sistema HVAC,

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

proporcionando calor a los espacios interiores. **Las calderas**, que se utilizan habitualmente en edificios comerciales e industriales de gran tamaño, calientan agua o vapor, que luego se hace circular a través de una red de tuberías para proporcionar calor a diversas zonas de la estructura. Otra fuente de calor muy popular, **las bombas de calor**, ofrecen la versatilidad de calentar y refrigerar espacios. Estos dispositivos energéticamente eficientes transfieren el calor de una fuente más cálida, como el aire exterior o el suelo, a una fuente más fría, como el aire interior.

b) Los sistemas HVAC emplean diversas **fuentes de refrigeración** para reducir la temperatura interior. **Los aires acondicionados**, que se encuentran habitualmente en edificios residenciales y comerciales, extraen el calor del ambiente interior y lo expulsan al exterior. **Los enfriadores**, que se utilizan a menudo en grandes instalaciones comerciales e industriales, enfrían agua o refrigerante, que luego se hace circular por todo el sistema HVAC para reducir la temperatura interior.



Figura 3. Fuentes de refrigeración: aire acondicionado (izquierda); enfriador (derecha)

c) **La unidad de tratamiento de aire (AHU)** es un componente crucial de los sistemas HVAC que hace circular el aire por todo el edificio. Suele incluir un potente ventilador, un filtro para eliminar los contaminantes y serpentines para calentar o enfriar el aire, lo que garantiza un ambiente interior confortable y saludable [7].

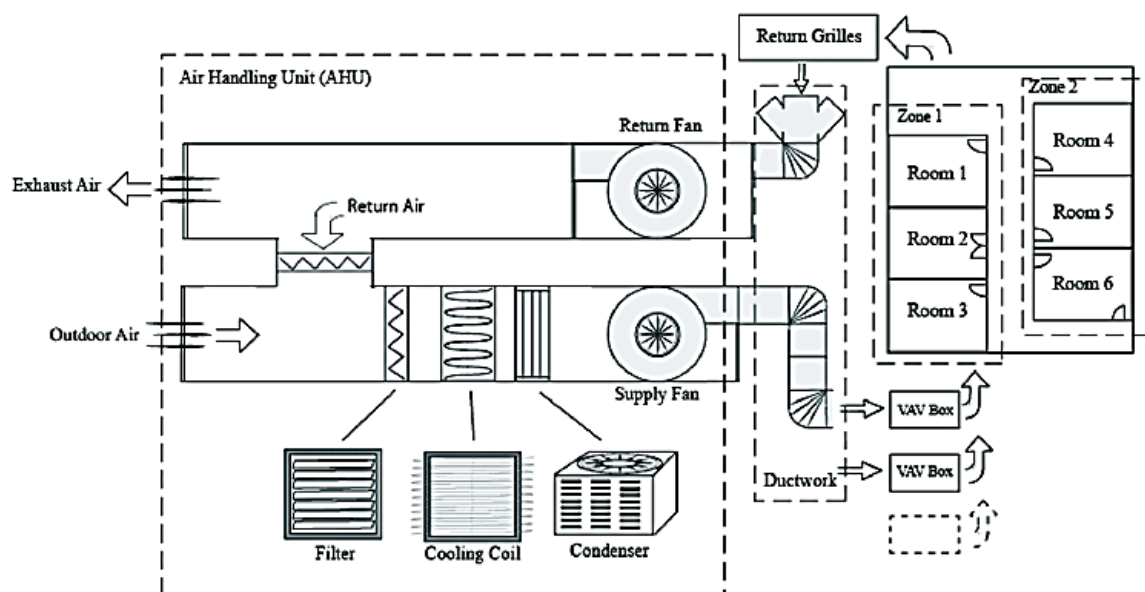


Figura 4. Unidad de tratamiento de aire (AHU) [7]

Para ilustrar el funcionamiento del climatizador, pensemos en un propietario que ajusta el termostato a 26 °C. Cuando la temperatura interior supera este punto de consigna, el termostato detecta la desviación y envía una señal al sistema HVAC. En respuesta, el climatizador, un componente central del sistema, comienza a funcionar.

El ventilador del climatizador comienza a girar, aspirando aire del espacio interior. A medida que el aire pasa por el climatizador, se filtra para eliminar contaminantes como el polvo, el polen y los alérgenos, mejorando la calidad del aire interior. A continuación, se activa la bobina de refrigeración del climatizador, que enfría eficazmente el aire entrante hasta la temperatura deseada.

A continuación, el aire enfriado se impulsa a través de conductos y rejillas de ventilación por toda la vivienda, reduciendo gradualmente la temperatura interior. El termostato supervisa continuamente el ambiente interior, garantizando que la temperatura se mantenga en el punto de consigna deseado. Una vez alcanzada la temperatura deseada, el climatizador y el serpentín de refrigeración se apagan automáticamente, ahorrando energía.

En este ejemplo, el climatizador desempeña un papel crucial en la refrigeración del hogar, ya que aspira el aire, lo filtra, lo enfría y lo distribuye por todo el espacio.

d) **Los humidificadores y deshumidificadores** también son componentes esenciales de los sistemas HVAC que ayudan a regular los niveles de humedad interior. Estos dispositivos desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de un ambiente cómodo y saludable, ya que previenen problemas como la piel seca, los problemas respiratorios y el crecimiento de moho.

Los humidificadores añaden humedad al aire. Se utilizan a menudo en climas secos o durante los meses de invierno, cuando el aire interior puede volverse excesivamente seco debido a los sistemas de calefacción. Al aumentar la humedad, los humidificadores pueden ayudar a aliviar la piel seca, la congestión nasal y la electricidad estática.

Los deshumidificadores eliminan la humedad del aire. Se utilizan habitualmente en climas húmedos o durante los meses de verano, cuando la elevada humedad puede provocar la aparición de moho y olores a humedad. Al reducir la humedad, los deshumidificadores pueden ayudar a prevenir estos problemas y crear un ambiente más confortable.

Tanto los humidificadores como los deshumidificadores suelen funcionar mediante un ventilador que aspira el aire hacia el interior de la unidad. A continuación, el aire pasa por un filtro u otro componente que añade o elimina la humedad. El aire tratado se devuelve a la habitación.

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

Mediante el uso eficaz de humidificadores y deshumidificadores, puede mantener unos niveles óptimos de humedad en su espacio interior, creando un ambiente más saludable y confortable.

e) **Los ventiladores** son dispositivos que crean un flujo de aire mediante la rotación de unas aspas. Se utilizan en diversas aplicaciones en los sistemas de climatización y son esenciales para la circulación, la ventilación, la transferencia de calor y el control de la humedad.

Los ventiladores distribuyen el aire acondicionado por todo el edificio, garantizando una calefacción o refrigeración uniformes en todas las zonas. En los sistemas de calefacción, los ventiladores ayudan a mover el aire caliente desde la caldera a las habitaciones. En los sistemas de refrigeración, aspiran el aire caliente para enfriarlo y luego distribuyen el aire frío.

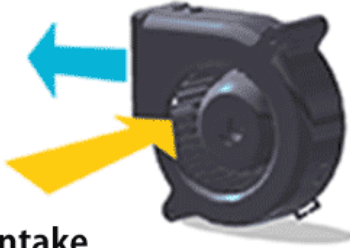
Los ventiladores ayudan a intercambiar el aire interior con el aire exterior, mejorando la calidad del aire y evitando la acumulación de contaminantes. Los ventiladores también pueden ayudar a reducir la humedad moviendo el aire y evitando que se acumule.

Existen diferentes tipos de ventiladores, entre los que se incluyen los ventiladores axiales, los ventiladores centrífugos y los ventiladores sopladores (véase la tabla 1). El tipo de ventilador utilizado depende de la aplicación específica y de las características de flujo de aire requeridas. Básicamente, los ventiladores son el corazón de los sistemas de climatización, ya que garantizan que el aire acondicionado se distribuya de forma eficiente donde se necesita.

Tabla 1: Tipos de ventiladores

Tipo de ventilador	Exterior	Estructura
Axial		
Centrífugo		

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

Soplador		Outlet 360° Direction  Intake
----------	---	---

f) **Los conductos** son un componente fundamental de los sistemas de climatización, ya que se encargan de distribuir el aire acondicionado (calentado o enfriado) por todo el edificio. Como se muestra en la figura 5, los conductos forman una red que conecta el climatizador con las distintas habitaciones y espacios.

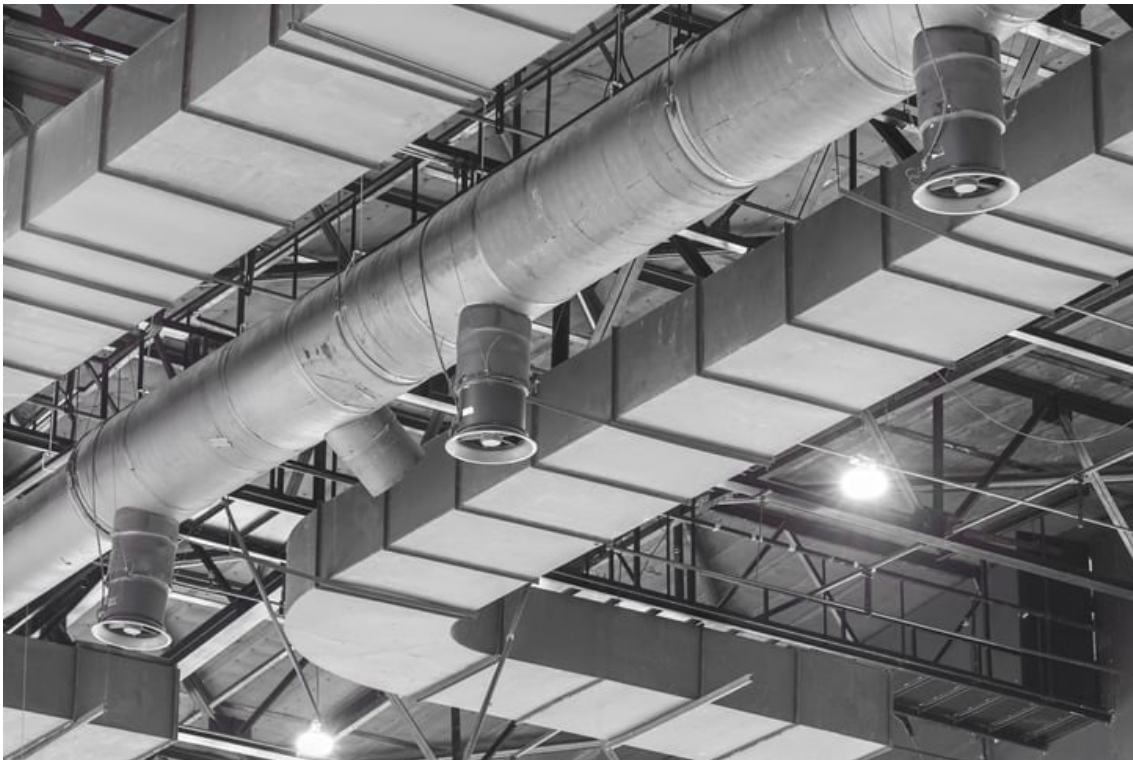


Figura 5. Red de conductos [8]

Los conductos funcionan según un principio sencillo: la unidad de climatización, situada normalmente en un sótano, ático, cuarto de servicio o en el exterior, calienta o enfría el aire mediante una fuente de calor o frío. A continuación, este aire acondicionado se impulsa a una red de conductos de suministro. Estos conductos suelen estar fabricados en metal o materiales flexibles. Los conductos de suministro se ramifican y transportan el aire acondicionado a diferentes habitaciones del edificio. Este aire se expulsa a través de rejillas de ventilación o registros. A medida que el aire acondicionado calienta o enfría los espacios interiores, su eficacia disminuye. Este aire usado se aspira de nuevo hacia la unidad de climatización a través de conductos de

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

retorno. El aire de retorno pasa a través de un filtro para eliminar el polvo, el polen y otros contaminantes. A continuación, se recircula a través del sistema, repitiendo el proceso.

Hay dos tipos principales de conductos: rígidos y flexibles. Los conductos rígidos (de forma circular o rectangular) están fabricados con chapa metálica, son duraderos y ofrecen un flujo de aire eficiente. Los conductos flexibles (de forma circular), fabricados con material flexible, son más fáciles de instalar, pero pueden tener una eficiencia ligeramente inferior.

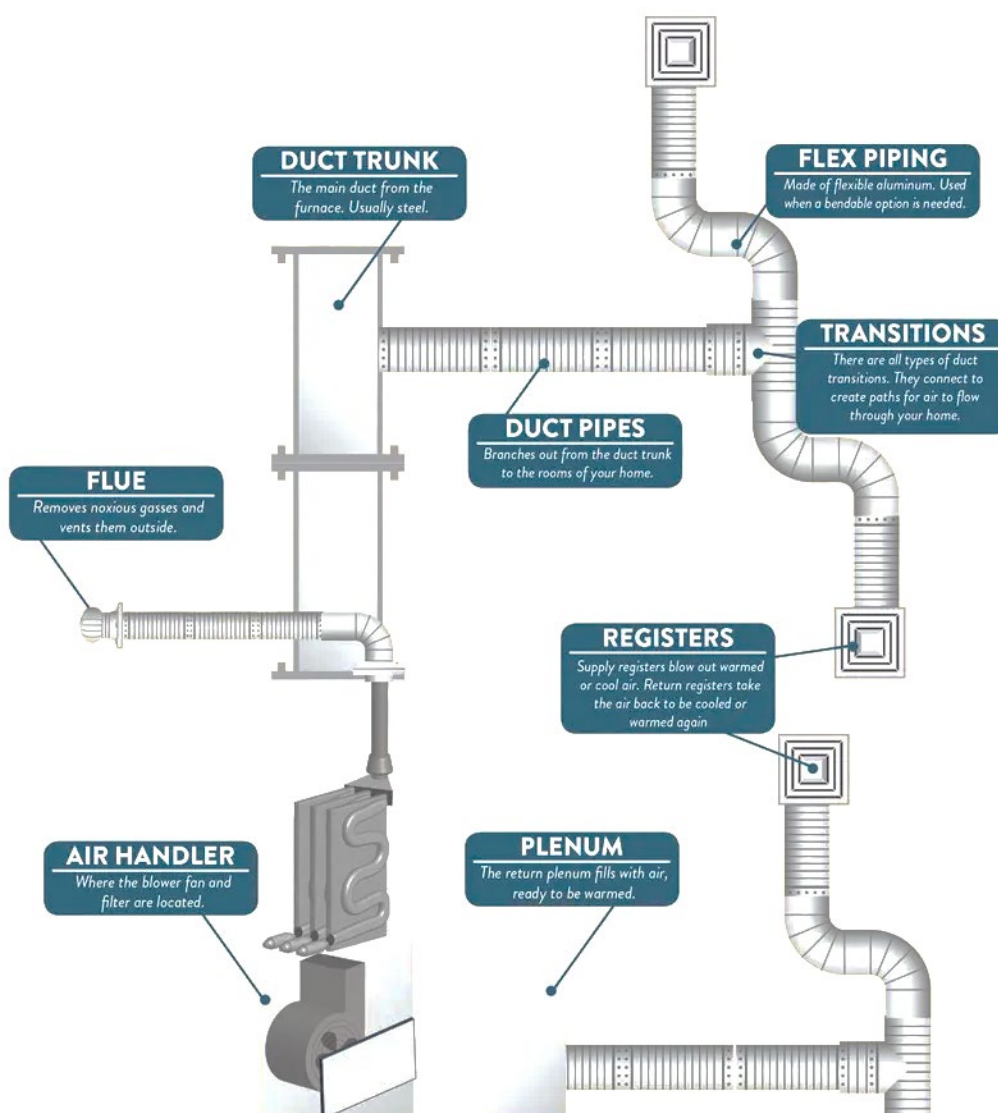


Figura 6. Elementos de la red de conductos [9]

El funcionamiento eficiente de un sistema de climatización depende de una red de conductos bien diseñada e instalada. Los conductos con fugas o mal aislados pueden reducir la eficiencia energética y aumentar los costes. El aislamiento de los conductos ayuda a evitar la pérdida o ganancia de calor, mejorando la eficiencia energética. Los

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

conductos correctamente sellados evitan las fugas de aire y la infiltración de contaminantes del exterior, mejorando la calidad del aire interior. Los conductos garantizan que el aire acondicionado llegue a todas las zonas del edificio, proporcionando un confort constante.

El mantenimiento regular de los conductos es esencial para un rendimiento óptimo y la eficiencia energética. Las inspecciones pueden revelar fugas, obstrucciones u otros problemas que pueden afectar al flujo de aire. La limpieza elimina el polvo, la suciedad y los contaminantes que pueden reducir la eficiencia. El sellado de las fugas ayuda a evitar la pérdida de energía y reduce las facturas de servicios públicos.

Al comprender la función de los conductos en los sistemas de climatización y garantizar su mantenimiento adecuado, los propietarios y ocupantes de los edificios pueden disfrutar de un confort y una eficiencia energética óptimos.

g) **Las compuertas** son dispositivos mecánicos que se utilizan en los sistemas de climatización para gestionar eficazmente el flujo de aire. Estos componentes desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de unas condiciones ambientales óptimas en el interior. Al regular el volumen de aire que pasa a través de los distintos conductos y rejillas de ventilación, las compuertas permiten controlar con precisión la distribución del aire acondicionado en todo el edificio. De este modo, se garantiza que las diferentes zonas reciban la cantidad adecuada de calefacción o refrigeración, lo que se traduce en un mayor confort y eficiencia energética.



Figura 7. Diferentes reguladores según el tipo de conducto

Hay varios tipos de compuertas para adaptarse a diferentes necesidades: compuertas manuales, que se ajustan manualmente con la mano o con una herramienta; compuertas motorizadas, que se controlan mediante motores eléctricos y pueden automatizarse para su funcionamiento a distancia; y compuertas neumáticas, que se accionan con aire comprimido, lo que permite un control preciso y sensible.

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

Las compuertas realizan diversas funciones para garantizar un confort y una eficiencia óptimos en el interior. Sus funciones principales son las siguientes:

- ✓ Equilibrar el flujo de aire: las compuertas distribuyen el aire acondicionado de manera uniforme por todo el edificio, evitando puntos calientes o fríos.
- ✓ Control de la temperatura: al regular el volumen de aire que pasa a través de los serpentines de calefacción o refrigeración, los reguladores mantienen los niveles de temperatura deseados.
- ✓ Prevención de retrocesos de aire: las compuertas evitan que el aire vuelva a entrar en el sistema, lo que garantiza un funcionamiento eficiente y evita la entrada de contaminantes.
- ✓ Eficiencia energética: las compuertas ayudan a optimizar el consumo de energía minimizando las fugas de aire y equilibrando el flujo de aire, lo que reduce la demanda energética total.
- ✓ Calidad del aire interior: al controlar las tasas de ventilación, las compuertas ayudan a mantener un ambiente interior saludable al eliminar los contaminantes e introducir aire fresco.

Veamos un ejemplo de cómo funcionan las compuertas: imaginemos un gran edificio comercial con varias plantas y zonas. Cada zona tiene su propio termostato para controlar la temperatura de esa área. Para garantizar que se suministra la cantidad correcta de aire a cada zona, se instalan compuertas en los conductos.

- Si una zona necesita más calefacción o refrigeración, el termostato envía una señal al sistema HVAC para que aumente el flujo de aire a esa zona. La compuerta que controla el flujo de aire a esa zona se abre, permitiendo que pase más aire.
- Si una zona necesita menos calefacción o refrigeración, el termostato indicará al sistema HVAC que reduzca el flujo de aire a esa zona. La compuerta que controla el flujo de aire a esa zona se cerrará, restringiendo la cantidad de aire que puede pasar.

Al ajustar la posición de estas compuertas, los sistemas HVAC pueden controlar eficazmente la temperatura y el flujo de aire en diferentes zonas de un edificio, garantizando un confort y una eficiencia energética óptimos.

h) **Los registros** son aberturas en las paredes o techos que proporcionan una vía para que el aire acondicionado de los conductos entre en las habitaciones.

Normalmente están equipados con rejillas o lamas que se pueden ajustar para controlar la cantidad de flujo de aire. Al ajustar la posición de la rejilla o las lamas, se puede controlar la cantidad de aire que entra en una habitación. Esto permite personalizar la temperatura y el flujo de aire en diferentes zonas de la vivienda o del

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

edificio. Los registros ayudan a garantizar una distribución uniforme del aire acondicionado en todo el edificio, evitando puntos calientes o fríos.

Hay varios tipos de registros, dependiendo de su ubicación dentro del edificio (véase la figura 8). Los registros de pared suelen estar situados en las paredes de una habitación y pueden ser rectangulares o circulares. Los registros de techo se encuentran en el techo y se utilizan a menudo en habitaciones con techos altos. Los registros de suelo son menos comunes, pero se pueden encontrar en algunos edificios antiguos.

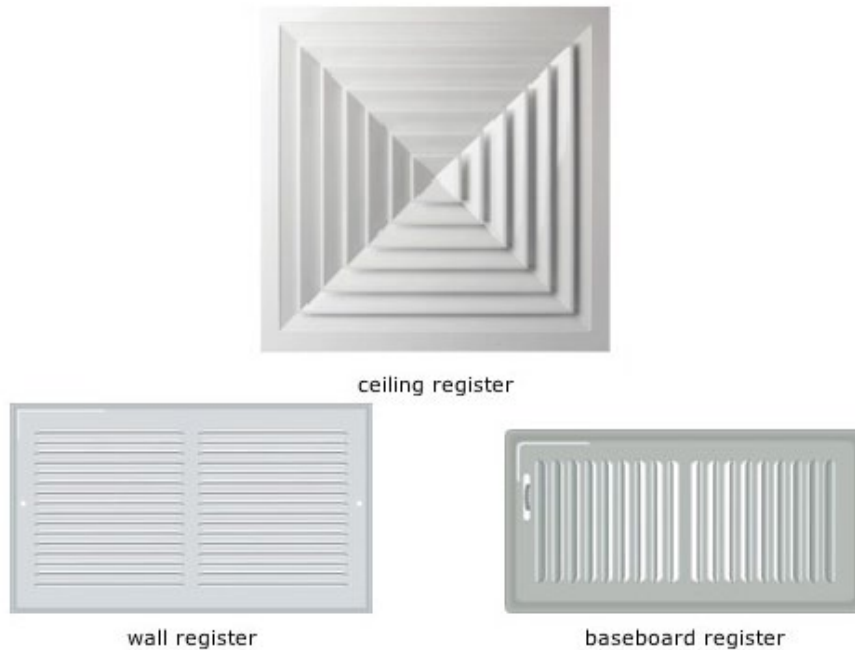


Figura 8. Tipos de registros [10]

i) **El termostato** es la unidad de control central que regula el funcionamiento del sistema HVAC. Actúa como un interruptor sensible a la temperatura, encendiendo o apagando el sistema para mantener la temperatura deseada. El termostato está equipado con un sensor de temperatura, normalmente un termistor. Este sensor controla continuamente la temperatura ambiente de la habitación. El termostato compara la temperatura medida con la temperatura deseada establecida por el usuario. Basándose en esta comparación, el termostato envía señales al sistema HVAC. Por ejemplo, cuando el termostato detecta una bajada de temperatura, activa la fuente de calor. La fuente de calor calienta el aire, que luego circula a través del climatizador y los conductos hasta el espacio interior. El climatizador también puede incluir un filtro para eliminar los contaminantes del aire antes de distribuirlo.

Del mismo modo, cuando el termostato detecta un aumento de la temperatura, activa la fuente de refrigeración. La fuente de refrigeración elimina el calor del aire, que luego se hace circular a través del climatizador y los conductos hacia el espacio interior. Se utilizan humidificadores y deshumidificadores para regular los niveles de humedad, lo que garantiza un confort óptimo y evita posibles problemas de salud.

5.3.2. Funciones de los sistemas HVAC

Los sistemas HVAC realizan las siguientes funciones principales:

1. **Calefacción:** calientan los espacios interiores a una temperatura agradable, utilizando diversos métodos como hornos, bombas de calor, calderas o calefactores eléctricos.
2. **Refrigeración:** Enfían los espacios interiores a una temperatura agradable, normalmente mediante unidades de aire acondicionado que eliminan el calor y la humedad.
3. **Ventilación:** intercambian el aire interior con el aire exterior para mantener una calidad del aire adecuada y evitar la acumulación de contaminantes y aire viciado.
4. **Control de la humedad:** regulan el nivel de humedad en los espacios interiores, evitando el exceso de sequedad o humedad que puede provocar molestias o problemas de salud.
5. **Filtración del aire:** filtran los contaminantes presentes en el aire, como el polvo, el polen y los alérgenos, para mejorar la calidad del aire interior.

Los sistemas HVAC son responsables de crear un ambiente interior confortable, saludable y eficiente mediante el control de la temperatura, la humedad y la calidad del aire.

El siguiente vídeo está disponible para comprender mejor los principios de funcionamiento de los sistemas HVAC.

5.3.3. Interacción entre los componentes de los sistemas HVAC

Los sistemas HVAC son redes complejas de componentes interconectados que funcionan conjuntamente para regular la temperatura, la humedad y la calidad del aire interior [5,6]. Las interacciones entre estos componentes son cruciales para el funcionamiento eficiente y eficaz del sistema.

1. **Termostato y controlador:** El termostato mide la temperatura interior y envía una señal al controlador. En función de la lectura de la temperatura, el controlador activa el equipo de calefacción o refrigeración adecuado.
2. **Equipos de calefacción y refrigeración:** Los equipos de calefacción (por ejemplo, hornos, calderas) convierten el combustible en calor, mientras que los equipos de refrigeración (por ejemplo, aires acondicionados, enfriadores) eliminan el calor del aire interior. Los ventiladores de los equipos de calefacción y refrigeración hacen circular el aire acondicionado por todo el edificio.
3. **Conductos:** Los conductos transportan el aire acondicionado desde los equipos de calefacción o refrigeración a las distintas habitaciones del edificio. Las

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

compuestas dentro de los conductos controlan la cantidad de aire que fluye a las diferentes zonas.

4. **Los registros** son aberturas en las paredes o techos que permiten que el aire acondicionado entre en las habitaciones. Los registros se pueden ajustar para regular la cantidad de aire que se suministra a cada habitación.
5. **Los filtros** eliminan los contaminantes del aire, como el polvo, el polen y los alérgenos. Los filtros también protegen los equipos de calefacción y refrigeración de los daños causados por los contaminantes.
6. **Los sensores** controlan diversas condiciones dentro del sistema HVAC, como la temperatura, la humedad y el flujo de aire. Los datos recopilados por los sensores son utilizados por el controlador para ajustar el funcionamiento del sistema según sea necesario.

Los sistemas HVAC suelen incluir componentes de ventilación que intercambian el aire interior con el aire exterior, mejorando la calidad del aire y eliminando la humedad. Se pueden utilizar deshumidificadores o humidificadores para regular los niveles de humedad interior.

Los sistemas HVAC pueden integrarse con sistemas de automatización de edificios para optimizar el consumo de energía.

Estos componentes y funciones trabajan juntos de manera coordinada para crear un ambiente interior cómodo y saludable. La configuración específica de un sistema HVAC variará en función del tamaño del edificio, su ubicación y el nivel de confort deseado.

5.4– Cálculo e interpretación de los parámetros de eficiencia energética

A la hora de evaluar la eficiencia energética de los sistemas HVAC, se suelen utilizar tres métricas principales: el índice de eficiencia energética (EER), el coeficiente de rendimiento (COP) y el índice de eficiencia energética estacional (SEER). Estas métricas miden la eficiencia de un sistema a la hora de convertir la energía introducida en energía útil.

5.4.1. Índice de eficiencia energética (EER)

- **Definición:** El EER es una medida de la eficiencia con la que un aire acondicionado o una bomba de calor convierte la energía eléctrica en refrigeración o calefacción.
- **Cálculo:** $EER = \text{Capacidad de refrigeración (BTU/h)} / \text{Potencia consumida (vatios)}$
- **Interpretación:** un EER más alto indica un sistema más eficiente. Por ejemplo, un EER de 14 significa que el sistema produce 14 BTU de refrigeración por cada vatio de electricidad consumido.

5.4.2. Coeficiente de rendimiento (COP)

- **Definición:** El COP es una medida similar utilizada para las bombas de calor, que mide la eficiencia de la conversión de energía eléctrica en calor.
- **Cálculo:** $\text{COP} = \text{Capacidad de calefacción (BTU/h)} / \text{Potencia absorbida (vatios)}$
- **Interpretación:** Un COP más alto indica una bomba de calor más eficiente.

5.4.3. Índice de eficiencia energética estacional (SEER)

- **Definición:** El SEER es una medida de la eficiencia energética media de un sistema durante una temporada de refrigeración. Tiene en cuenta factores como la temperatura exterior y la humedad.
- **Cálculo:** El SEER se calcula a partir de una serie de valores EER en diferentes temperaturas exteriores.
- **Interpretación:** un SEER más alto indica un sistema más eficiente durante toda la temporada de refrigeración.

Puntos clave

- **Unidades:** El EER, el COP y el SEER se expresan normalmente en unidades de BTU/h por vatio.
- **Comparación de la eficiencia:** Estas métricas permiten comparar directamente la eficiencia energética de diferentes sistemas de climatización.
- **Normas reglamentarias:** Muchas regiones tienen requisitos mínimos de SEER para los nuevos equipos de climatización con el fin de promover la eficiencia energética.

Al comprender estas métricas, los consumidores pueden tomar decisiones informadas a la hora de seleccionar sistemas de climatización que sean eficientes y rentables.

5.5– Tipos actuales de sistemas de climatización

En función de su tamaño, construcción y características de funcionamiento, los sistemas de climatización se pueden clasificar en:

- a) Sistemas individuales para habitaciones individuales
- b) Sistemas de acondicionamiento de espacios o sistemas de espacios
- c) Sistemas unitarios compactos o sistemas compactos
- d) Sistemas hidrónicos centrales o sistemas centrales

5.5.1. Sistemas individuales o para habitaciones individuales

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

Un **sistema individual** suele emplear un único aire acondicionado autónomo y compacto (instalado en una ventana o en la pared) o unidades interiores y exteriores separadas para dar servicio a una habitación individual (Figura 9).

Los sistemas individuales se caracterizan por su tamaño compacto, su fácil instalación y su coste relativamente bajo. Sin embargo, pueden tener una capacidad de refrigeración o calefacción limitada y pueden ser ruidosos.



Figura 9. Sistemas individuales de climatización [11]

5.5.2. Sistemas de acondicionamiento de espacios o sistemas espaciales

Los sistemas de acondicionamiento de espacios están diseñados para acondicionar un espacio más grande, como un edificio o un grupo de edificios (Figura 10). Son más potentes que los sistemas individuales para habitaciones y ofrecen un mejor control de la temperatura y la calidad del aire. Los sistemas para espacios realizan la refrigeración, la calefacción y la filtración principalmente en el espacio acondicionado o por encima de él. El aire exterior es suministrado por un sistema de ventilación exterior independiente. Son más complejos de instalar y requieren un mantenimiento profesional.

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

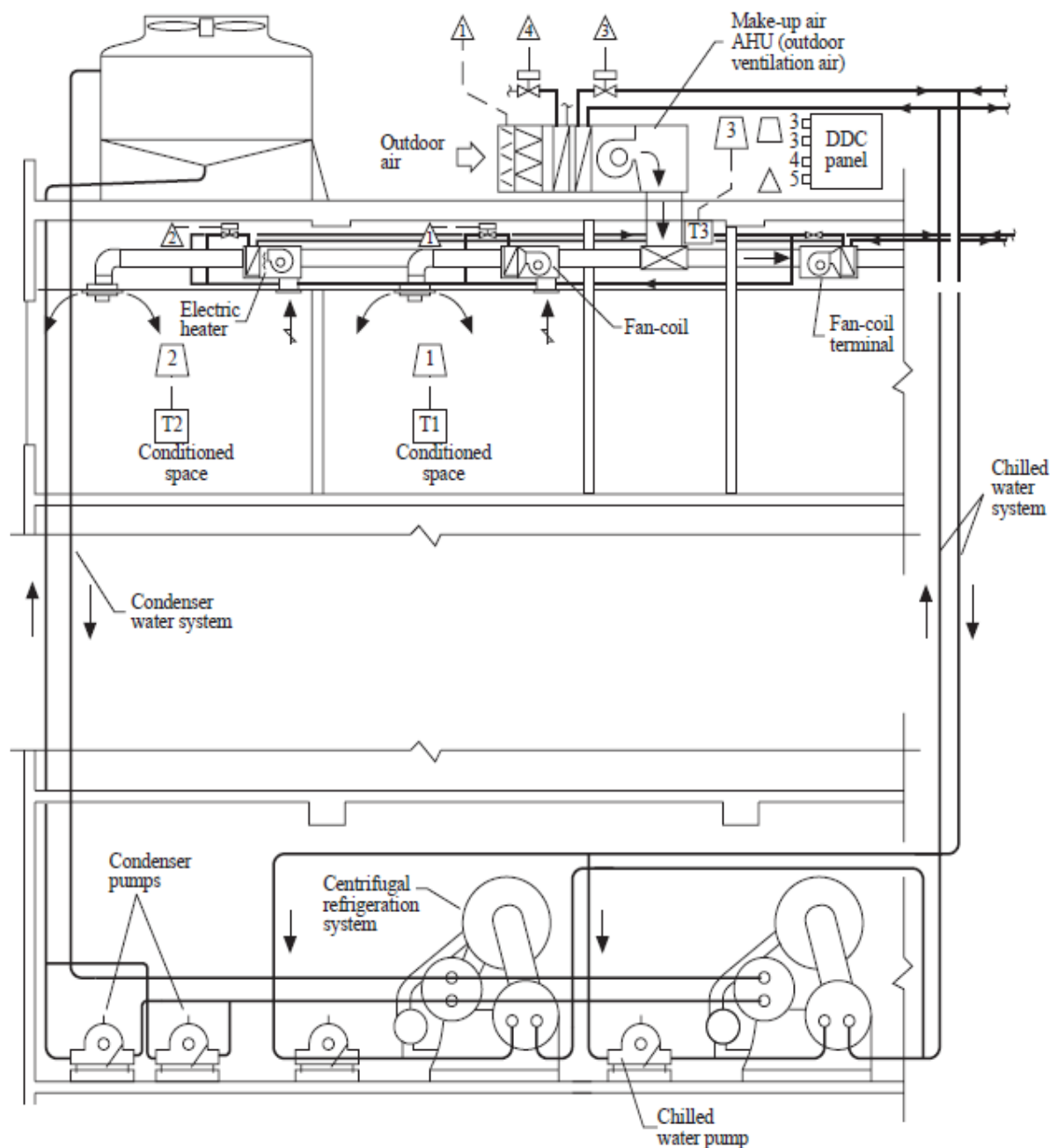


Figura 10. Sistemas de acondicionamiento de espacios

5.5.3. Sistemas unitarios compactos o sistemas compactos

Los sistemas unitarios compactos son unidades fabricadas en fábrica que contienen todos los componentes necesarios (evaporador, condensador, ventilador y controles) en un solo armario (Figura 11). Se caracterizan por su fácil instalación, su funcionamiento eficiente y su mantenimiento relativamente bajo. Se utilizan a menudo en edificios comerciales e industriales.

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

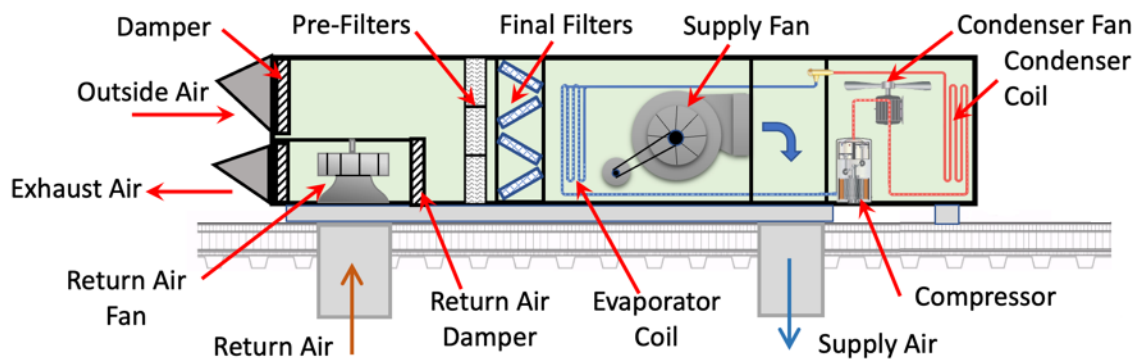


Figura 11. Sistemas compactos [12]

5.5.4. Sistemas hidráulicos centrales o sistemas centrales

Un sistema central utiliza una caldera o un enfriador central para calentar o enfriar agua u otro fluido, que luego se hace circular por todo el edificio para proporcionar calefacción o refrigeración (Figura 12). Como ejemplo, existen sistemas de calefacción central con radiadores o zócalos, y sistemas de refrigeración central con serpentines de agua refrigerada. Para el transporte de energía, la capacidad calorífica del agua es aproximadamente 3400 veces mayor que la del aire. Este sistema es muy eficiente, puede proporcionar calefacción o refrigeración uniforme en todo un edificio grande y se utiliza a menudo en entornos comerciales e institucionales. Sin embargo, su instalación y mantenimiento pueden ser más complejos. Los sistemas centrales son sistemas contruidos, ensamblados e instalados en el lugar.

Chilled water system

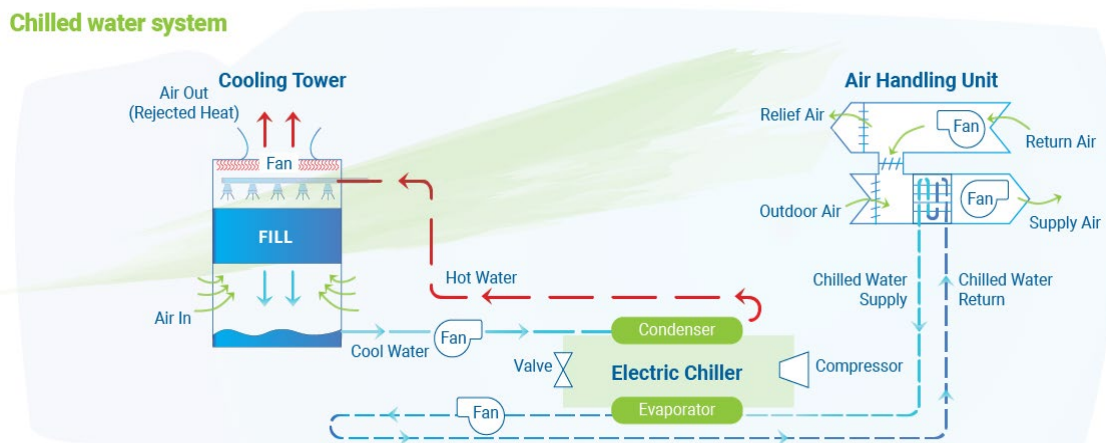


Figura 12. Sistema hidráulico central [13]

A la hora de seleccionar el sistema HVAC más adecuado para sus necesidades, se deben evaluar cuidadosamente varios factores clave, como la eficiencia energética, los costes y la calidad del aire interior.

El índice de eficiencia energética estacional, para los sistemas de refrigeración, mide la eficiencia del sistema durante una temporada de refrigeración. El factor de rendimiento estacional de calefacción, para los sistemas de calefacción, mide la

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

eficiencia del sistema durante una temporada de calefacción. Una clasificación SEER o HSPF más alta indica una mayor eficiencia energética y menores costes de funcionamiento. Comparar las clasificaciones de eficiencia de diferentes modelos puede ayudar a identificar las opciones más eficientes desde el punto de vista energético y, potencialmente, a optar a incentivos de eficiencia energética.

Hay tres tipos de costes cuando se hace referencia a los sistemas de climatización: el coste inicial de instalación, los costes de funcionamiento continuos y los costes de mantenimiento y reparación. El coste inicial de compra e instalación de un sistema de climatización puede variar significativamente en función del tamaño, el tipo y la complejidad del sistema. El consumo de energía es un factor importante en los costes de funcionamiento a largo plazo de un sistema de climatización. Los sistemas energéticamente eficientes pueden ayudar a reducir estos costes con el tiempo. Tenga en cuenta los costes de mantenimiento y reparación previstos asociados a los diferentes sistemas de climatización. Algunos sistemas pueden requerir un mantenimiento más frecuente o costoso.

Otros factores a tener en cuenta a la hora de elegir el sistema HVAC adecuado pueden ser la calidad del aire interior (especialmente cuando el edificio en el que se instala es un hospital), el control de la humedad, el tamaño del sistema, los niveles de ruido, la fiabilidad y la garantía.

Teniendo en cuenta cuidadosamente estos factores, podrá elegir un sistema de climatización que satisfaga sus necesidades, mejore el confort interior y contribuya a la eficiencia energética y la sostenibilidad medioambiental.

5.6– Tecnologías innovadoras para sistemas de climatización

5.6.1. Sistemas de climatización con flujo de refrigerante variable (VRF)

Los sistemas de flujo de refrigerante variable ofrecen varias ventajas con respecto a los sistemas de climatización tradicionales:

- **Funcionamiento sin conductos:** Una de las ventajas más significativas de los sistemas VRF es su capacidad para funcionar sin necesidad de una extensa red de conductos. Esto los hace ideales para la rehabilitación de edificios antiguos o espacios en los que la instalación de conductos es poco práctica o costosa.
- **Control preciso del refrigerante:** los sistemas VRF pueden controlar con precisión la cantidad de refrigerante que fluye a cada unidad evaporadora individual. Esto permite un control de la temperatura altamente personalizado en diferentes zonas de un edificio.
- **Configuraciones flexibles del evaporador:** los sistemas VRF pueden adaptarse a una gran variedad de unidades evaporadoras, con diferentes capacidades y configuraciones. Esta flexibilidad les permite satisfacer las necesidades específicas de calefacción y refrigeración de distintos espacios.

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

- **Control individualizado del confort:** con los sistemas VRF, cada zona o habitación se puede controlar de forma independiente. Esto proporciona a los ocupantes una mayor flexibilidad y confort.
- **Calefacción y refrigeración simultáneas:** los sistemas VRF pueden calentar y refrigerar simultáneamente diferentes zonas de un edificio, lo que los hace ideales para aplicaciones en las que se requiere tanto calefacción como refrigeración.
- **Recuperación de calor:** los sistemas VRF pueden recuperar el calor de una zona y transferirlo a otra, lo que mejora la eficiencia energética y reduce los costes operativos.

Los sistemas VRF ofrecen soluciones versátiles de refrigeración y calefacción. Para **aplicaciones de solo refrigeración**, los sistemas VRF son ideales para mantener temperaturas confortables en diversos entornos, como oficinas, locales comerciales y edificios residenciales. Estos sistemas eliminan eficazmente el calor de los espacios interiores, proporcionando un ambiente agradable y confortable. Además de la refrigeración, los sistemas VRF también pueden configurarse como **bombas de calor** (sistemas de dos tubos, figura 13), pero no simultáneamente. Esto les permite calentar y refrigerar espacios, lo que los hace adecuados para regiones con climas variables. Al invertir el flujo de refrigerante, las bombas de calor VRF pueden extraer el calor del aire exterior y transferirlo al interior, proporcionando una calefacción eficiente durante los meses más fríos.

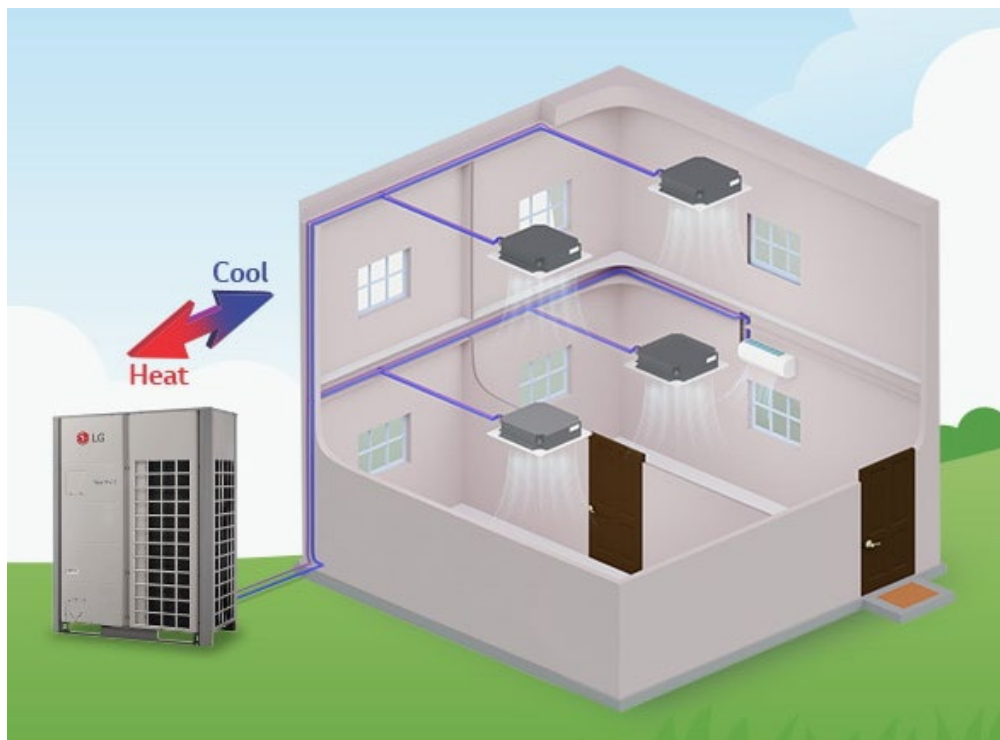


Figura 13. VRF con sistemas de dos tubos

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

Para una mayor eficiencia energética, **los sistemas VRF pueden utilizarse con recuperación de calor** (sistemas de tres tubos, figura 14). En esta configuración, los sistemas VRF pueden capturar y reutilizar el calor residual de una zona del edificio para calentar otra, lo que reduce significativamente el consumo de energía y los costes operativos. Una unidad interior que necesite refrigeración abrirá su línea de líquido y actuará como evaporador, mientras que una unidad interior que necesite calefacción abrirá su gas caliente y actuará como condensador. Esto los convierte en una excelente opción para grandes edificios comerciales e instalaciones que requieren tanto calefacción como refrigeración.

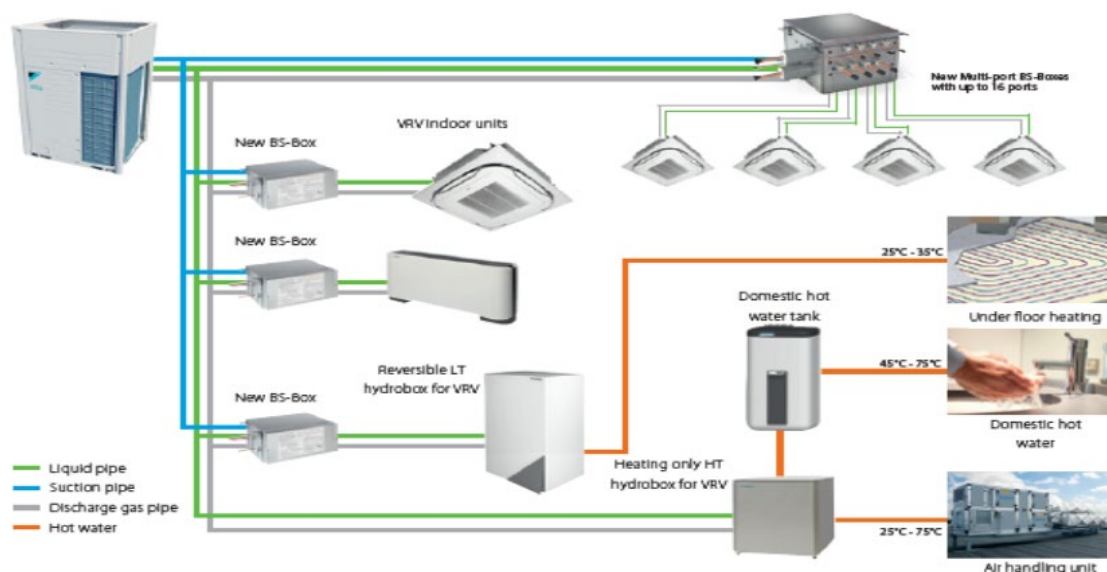


Figura 14. VRF con sistemas de tres tubos [14]

5.6.2. Sistemas VRF híbridos

Los sistemas VRF híbridos representan un avance reciente en la tecnología HVAC, ya que combinan la eficiencia de los sistemas VRF con las ventajas de la calefacción y la refrigeración por agua. Como se puede ver en la figura 15, estos sistemas utilizan una configuración **de recuperación de calor de dos tubos**, en la que el refrigerante se sustituye por agua entre el **controlador de circuito híbrido (HBCC)** y las unidades interiores.

Este innovador diseño ofrece varias ventajas:

- **Reducción del riesgo de fugas:** al utilizar agua en lugar de refrigerante para la conexión final a las unidades interiores, el sistema minimiza significativamente el riesgo de fugas de refrigerante. Esto no solo protege el medio ambiente, sino que también reduce la necesidad de detectar fugas y realizar mantenimientos con frecuencia.
- **Mayor flexibilidad:** los sistemas VRF híbridos ofrecen una mayor flexibilidad en el diseño y la instalación del sistema, ya que las tuberías de agua son generalmente más fáciles de tender e instalar que las líneas de refrigerante.

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

- **Mayor eficiencia energética:** en algunos casos, el uso de agua para la conexión final puede mejorar la eficiencia general del sistema, especialmente en aplicaciones con tuberías largas.
- **Ahorro de costes:** la menor necesidad de detección de fugas de refrigerante y mantenimiento puede suponer un ahorro de costes a largo plazo.

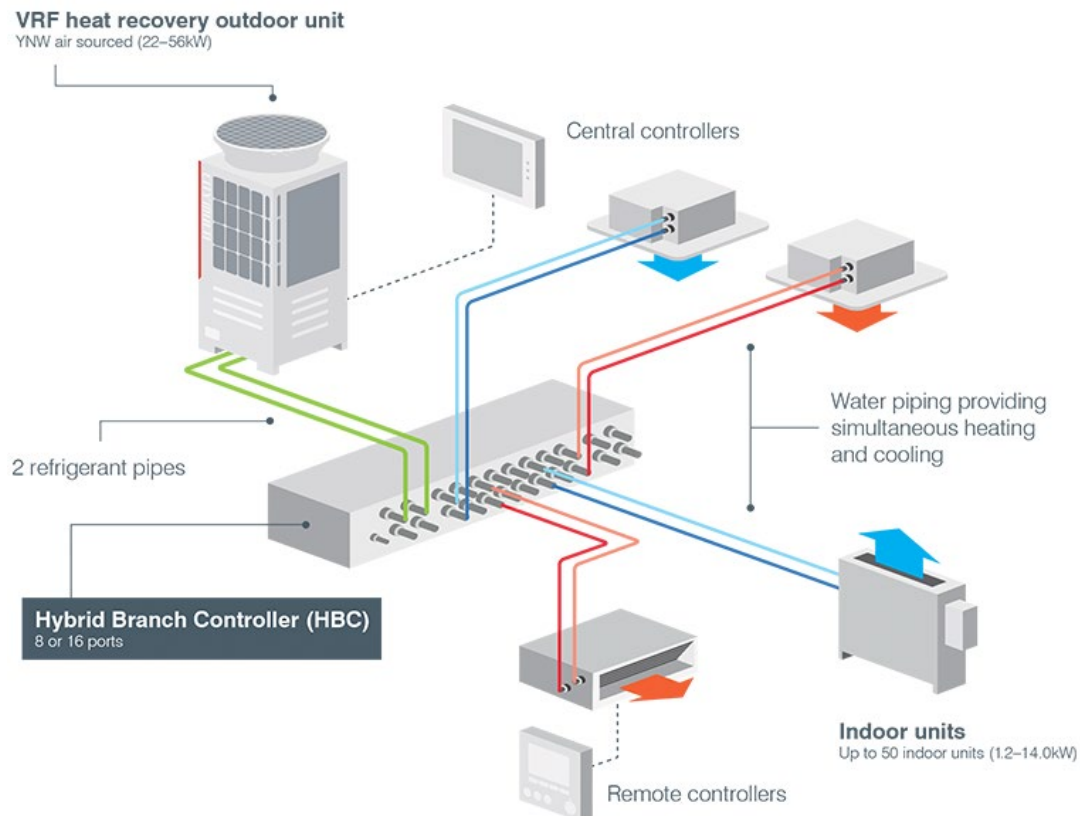


Figura 15. Sistema VRF híbrido [15]

Los sistemas VRF híbridos con recuperación de calor de 2 tubos ofrecen una solución prometedora para quienes buscan un sistema HVAC más sostenible, fiable y rentable. Al combinar las ventajas de la tecnología VRF con los beneficios de la calefacción y la refrigeración por agua, estos sistemas constituyen una opción valiosa para diversas aplicaciones comerciales y residenciales.

5.6.3. Sistema HVAC con intercambiador de calor tierra-aire

Los intercambiadores de calor subterráneos ofrecen una solución sostenible y energéticamente eficiente para el preacondicionamiento del aire de ventilación. Al aprovechar la temperatura relativamente estable de la tierra, estos sistemas pueden reducir significativamente los costes de calefacción y refrigeración.

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

Los intercambiadores de calor subterráneos utilizan una red de tuberías enterradas a una profundidad en la que la temperatura del suelo se mantiene relativamente constante durante todo el año. A profundidades de entre 1,5 y 2,0 m por debajo de la superficie, la temperatura de la tierra es constante (7-12 °C) durante todo el año. Esta temperatura constante puede ser más cálida o más fría que la del aire ambiente, dependiendo de la ubicación y la estación del año. En invierno, el aire puede calentarse hasta 17 °C, mientras que en verano puede enfriarse hasta 14 °C antes de llegar a la unidad de tratamiento de aire. Este preacondicionamiento del aire reduce drásticamente la carga de trabajo de los sistemas tradicionales de calefacción y refrigeración, lo que se traduce en un ahorro sustancial de energía.

Cuando el aire de ventilación entra en el edificio, pasa a través de las tuberías del intercambiador de calor subterráneo (Figura 16). El calor del suelo o hacia el suelo se transfiere al aire de ventilación, precalentándolo o preenfriándolo antes de que entre en el edificio.

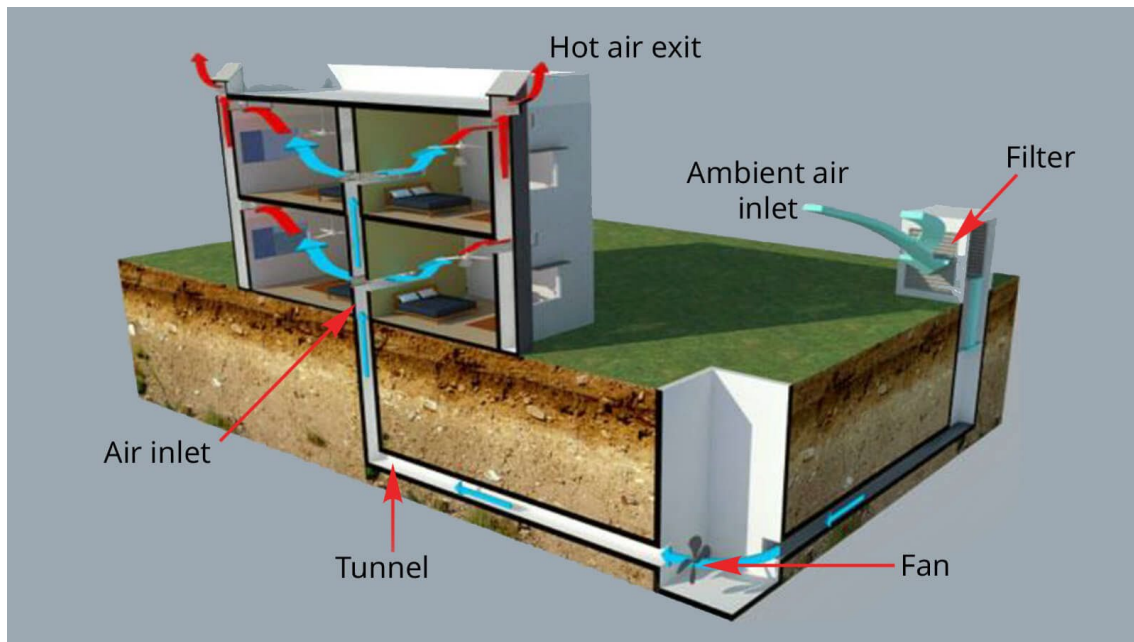


Figura 16. Principio de funcionamiento del sistema HVAC con intercambiador de calor tierra-aire

Al preacondicionar el aire de ventilación, los intercambiadores de calor subterráneos reducen la energía que necesitan los sistemas tradicionales de calefacción o refrigeración para mantener una temperatura interior agradable. Esto puede suponer un ahorro sustancial en los costes energéticos y una reducción de la huella de carbono.

5.7 – Mantenimiento y optimización de los sistemas HVAC

5.7.1. Mantenimiento preventivo

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

El mantenimiento regular es fundamental para garantizar el rendimiento, la eficiencia y la longevidad óptimos de los sistemas HVAC. Un programa de mantenimiento preventivo bien estructurado debe incluir las siguientes tareas:

- **Sustitución de filtros:** sustituya periódicamente los filtros de aire para evitar obstrucciones y mejorar la calidad del aire.
- **Limpieza de las bobinas:** Limpie las bobinas del evaporador y del condensador para mejorar la transferencia de calor.
- **Lubricación:** Lubricar las piezas móviles, como los motores de los ventiladores y los cojinetes, para reducir el desgaste.
- **Inspecciones eléctricas:** compruebe que no haya conexiones sueltas, cables dañados y otros problemas eléctricos.
- **Comprobaciones del refrigerante:** supervise los niveles de refrigerante e inspeccione si hay fugas para mantener el rendimiento óptimo del sistema.
- **Inspecciones de seguridad:** compruebe si hay fugas de monóxido de carbono, fugas de gas y otros riesgos para la seguridad.

Cuando los sistemas de climatización funcionan mal, una solución eficaz puede ayudar a identificar y resolver los problemas rápidamente. Las técnicas habituales de solución de problemas incluyen la comprobación de la alimentación, la inspección de los filtros, la comprobación de obstrucciones y las pruebas de los componentes. Si los problemas persisten, consulte a un técnico cualificado en climatización para obtener un diagnóstico y una reparación profesionales.

5.7.2. Estrategias para mejorar el rendimiento del sistema

- **Mantenimiento regular:** siga un programa de mantenimiento preventivo para evitar problemas y optimizar la eficiencia.
- **Actualizaciones energéticamente eficientes:** Considere la posibilidad de actualizar a un sistema más eficiente energéticamente o instalar componentes que ahorren energía.
- **Dimensionamiento adecuado:** Asegúrese de que el sistema de climatización tenga el tamaño adecuado para el espacio, a fin de evitar el enfriamiento excesivo o el sobrecalentamiento.
- **Sellado de conductos:** Selle los conductos con fugas para evitar la pérdida de energía y mejorar la eficiencia del sistema.
- **Programación del termostato:** utilice termostatos programables para optimizar los horarios de calefacción y refrigeración y reducir el consumo de energía.
- **Inspecciones periódicas:** Realice inspecciones periódicas para identificar posibles problemas y solucionarlos rápidamente.

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

Siguiendo estas estrategias, podrá mantener el rendimiento óptimo de su sistema de climatización, mejorar la eficiencia energética y reducir los costes operativos.

Referencias

- [1] Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) – <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution> (consultado el 28 de agosto de 2024).
- [2] Comisión Europea – https://environment.ec.europa.eu/topics/air_en (consultado el 28 de agosto de 2024).
- [3] Comité Europeo de Normalización (CEN). (2018). Calidad del aire interior. Parte 1: Aspectos generales de la calidad del aire interior y la ventilación. Bruselas: Comité Europeo de Normalización.
- [4] Energy Vectors: Principles and Applications, J.A. Turner y J.C. King, Cambridge University Press, 2016.
- [5] Ingeniería de sistemas energéticos, R.A. Williams y D.C. Larson, John Wiley & Sons Publication House, 2018.
- [6] Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) – <https://www.ashrae.org/> (consultado el 30 de agosto de 2024).
- [7] Ghahramani, A., Galicia, P., Lehrer, D., Varghese, Z., Wang, Z. y Pandit, Y. (2020). Inteligencia artificial para sistemas de confort térmico eficientes: requisitos, aplicaciones actuales y perspectivas futuras. *Frontiers in built environment*, 6, 49.
- [8] <https://www.ny-engineers.com/blog/importance-of-keeping-your-air-ducts-in-good-working-condition> (consultado el 30 de agosto de 2024).
- [9] https://www.engineeringintro.com/construction-works/ductwork-components-for-commercial-buildings/?utm_content=cmp-true (consultado el 30 de agosto de 2024).
- [10] <https://www.visualdictionaryonline.com/house/heating/forced-warm-air-system/types-registers.php> (consultado el 30 de agosto de 2024).
- [11] <https://www.seattletimes.com/explore/at-home/adding-ac-heres-what-you-need-to-know-about-window-units-and-portable-air-conditioners/> (consultado el 3 de septiembre de 2024).
- [12] <https://mepacademy.com/packaged-rooftop-hvac-units-rtus-explained/> (consultado el 3 de septiembre de 2024).
- [13] Li, X., Li, Y., Seem, J. E. y Li, P. (junio de 2012). Control de búsqueda de extremos de torres de refrigeración para el funcionamiento eficiente y autooptimizado de sistemas de agua refrigerada. En *2012 American Control Conference (ACC)* (pp. 3396-3401). IEEE.

Sistemas eficientes de climatización y vectores energéticos

[14] https://www.daikin.ro/ro_ro/grupe-de-produse/VRV-inventat-de-daikin.html
(consultado el 3 de septiembre de 2024).

[15] <https://www.mitsubishi-electric.co.nz/hvrf/r32-hvrf-features-benefits.aspx>
(consultado el 3 de septiembre de 2024).

6 - Entregables

Para evaluar el éxito del tutorial, sugerimos que los alumnos respondan a un cuestionario en línea.

7- Lo que hemos aprendido

El papel de los sistemas HVAC en la regulación de la temperatura, la humedad y la calidad del aire.

Ventajas, desventajas y aplicaciones de diversos vectores energéticos.

Componentes, funciones e interacciones dentro de los sistemas HVAC.

Tipos actuales y tecnologías innovadoras de los sistemas HVAC.

Mantenimiento y optimización de los sistemas de climatización.