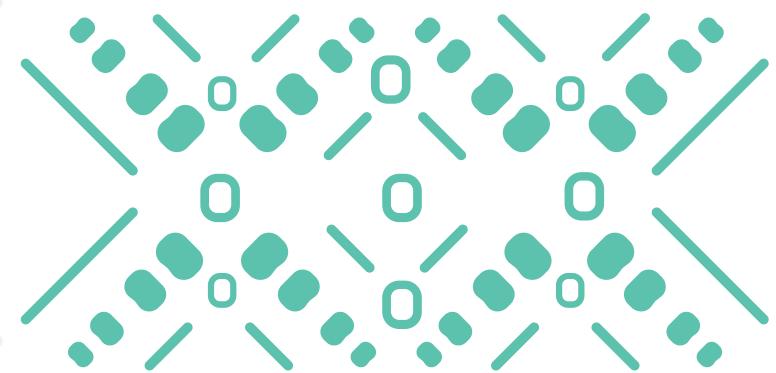


**TREN
MAYA**
TSÍIMIN K'ÁAK

Lección 3

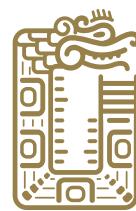
Lección 3



CURSO 8

Sistemas electromecánicos

con Ramiro Pérez López



ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1: Tablero de control y transformador eléctrico.</i>	.....	6
<i>Imagen 2: Transformador eléctrico.</i>	.....	6
<i>Imagen 3: Planta de emergencia a Diesel.</i>	.....	7
<i>Imagen 4: Tablero con interruptores eléctricos.</i>	.....	8
<i>Imagen 5: Prueba de in sistema de iluminación.</i>	.....	8
<i>Imagen 6: Instalación de un medidor trifasico.</i>	.....	9
<i>Imagen 7: Iluminación de un anden de trenes.</i>	.....	9
<i>Imagen 8: Iluminación de señalizaciones.</i>	.....	10
<i>Imagen 9: Escaleras eléctricas en una estación de metro de la Ciudad de México.</i>	.....	10
<i>Imagen 10: Instalación de ductos de aire acondicionado.</i>	.....	11
<i>Imagen 11: Iluminación de una estación de tren.</i>	.....	11
<i>Imagen 12: Transición aéreo-subterránea.</i>	.....	12
<i>Imagen 13: Tableros eléctricos de Media Tensión.</i>	.....	12
<i>Imagen 14: Tableros eléctricos dentro de una subestación eléctrica.</i>	.....	13
<i>Imagen 15: Revisión a un tablero eléctrico de distribución.</i>	.....	13
<i>Imagen 16: Instalación de interruptor automático.</i>	.....	14
<i>Imagen 17: Disyuntores de corriente residual (RCD).</i>	.....	14
<i>Imagen 18: fusibles eléctricos.</i>	.....	15
<i>Imagen 19: Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS).</i>	.....	16
<i>Imagen 20: Configuración de tableros eléctricos.</i>	.....	16
<i>Imagen 21: Intervención a un transformador eléctrico tipo pedestal.</i>	.....	17
<i>Imagen 22: Revisión de un tablero eléctrico.</i>	.....	18
<i>Imagen 23: Toma de valores a un elemento del tablero eléctrico.</i>	.....	18
<i>Imagen 24: Revisión de tablero eléctrico.</i>	.....	19
<i>Imagen 25: Transformadores eléctricos.</i>	.....	19
<i>Imagen 26: Interruptores eléctricos.</i>	.....	20
<i>Imagen 27: Barras de distribución de cobre.</i>	.....	20
<i>Imagen 28: Tablero con relevadores eléctricos.</i>	.....	21
<i>Imagen 29: Diseño de subestaciones eléctricas.</i>	.....	22
<i>Imagen 30: Toma de valores con multímetros de un tablero eléctrico.</i>	.....	22
<i>Imagen 31: Plantas eléctricas de respaldo.</i>	.....	23
<i>Imagen 32: Revisión de relevadores.</i>	.....	24
<i>Imagen 33: Actividad nocturna dentro de una estación de metro.</i>	.....	24
<i>Imagen 34: Proyecto de la estación Tulum del Tren Maya.</i>	.....	25
<i>Imagen 35: Tren suburbano de la Ciudad de México.</i>	.....	25
<i>Imagen 36: Mantenimiento a tablero eléctrico.</i>	.....	26
<i>Imagen 37: Proyecto de la estación Palenque del Tren Maya.</i>	.....	26
<i>Imagen 38: Estación ferroviaria en Birmingham, Inglaterra.</i>	.....	27
<i>Imagen 39: Iluminación a las afueras de una estación ferroviaria.</i>	.....	28
<i>Imagen 40: Iluminación al interior de una estación ferroviaria.</i>	.....	28
	.....	29

<i>Imagen 41: Panel de iluminación LED.</i>	.....	31
<i>Imagen 42: Iluminación dentro de una estación ferroviaria.</i>	.....	31
<i>Imagen 43: Lampara de iluminación Fluorescente.</i>	.....	33
<i>Imagen 44: Iluminación de una estación ferroviaria con lámparas Fluorescentes.</i>	.....	34
<i>Imagen 45: Traslados dentro de una estación ferroviaria.</i>	.....	36
<i>Imagen 46: Instalación de alimentadores para luminarias de una estación ferroviaria.</i>	.....	37
<i>Imagen 47: Escaleras eléctricas dentro de una estación ferroviaria.</i>	.....	38
<i>Imagen 48: Ejemplo de un motor eléctrico.</i>	.....	38
<i>Imagen 49: Elementos principales de un motor eléctrico.</i>	.....	39
<i>Imagen 50: Motor para elevadores y sus contrapesos.</i>	.....	39
<i>Imagen 51: Motor de corriente continua para la apertura de puestas eléctricas.</i>	.....	40
<i>Imagen 52: Mantenimiento de un motor del sistema HVAC.</i>	.....	41
<i>Imagen 53: Elevador dentro de una estación ferroviaria en Alemania.</i>	.....	42
<i>Imagen 54: Elevador eléctrico para el uso de personas discapacitadas en NY, E.U.A.</i>	.....	43
<i>Imagen 55: Elevador eléctrico para personas discapacitadas. .</i>	.....	44
<i>Imagen 56: Escaleras eléctricas dentro de una estación ferroviaria.</i>	.....	45
<i>Imagen 57: Mantenimiento de escaleras eléctricas de una estación ferroviaria.</i>	.....	46
<i>Imagen 58: Movimiento de usuarios dentro de una estación ferroviaria.</i>	.....	47
<i>Imagen 59: Escaleras eléctricas dentro de una estación ferroviaria.</i>	.....	47
<i>Imagen 60: Elementos de un sistema de HVAC.</i>	.....	49
<i>Imagen 61: Ductos del sistema de HVAC.</i>	.....	50
<i>Imagen 62: Elementos del sistema de HVAC en el techo de un edificio.</i>	.....	52
<i>Imagen 63: Caldera de agua.</i>	.....	52
<i>Imagen 64: Enfriadores del sistema de HVAC.</i>	.....	53
<i>Imagen 65: Elementos de un sistema de aire acondicionado.</i>	.....	54
<i>Imagen 66: Ventilador de un ventilador de inyección para el sistema HVAC.</i>	.....	55
<i>Imagen 67: Ductos de suministro de un sistema de HVAC.</i>	.....	56
<i>Imagen 68: Condensadores de aire acondicionado.</i>	.....	57
<i>Imagen 69: Sensores y termostatos.</i>	.....	58
<i>Imagen 70: Ductos de suministro de un sistema HVAC.</i>	.....	59
<i>Imagen 71: Condensadores de un sistema de HVAC.</i>	.....	59
<i>Imagen 72: Extractores de aire atmosféricos.</i>	.....	60
<i>Imagen 73: Ejemplo de un sistema de control de temperatura de zonas.</i>	.....	61
<i>Imagen 74: Condensadores de un sistema de HVAC.</i>	.....	62
<i>Imagen 75: Sistema de HVAC industrial.</i>	.....	63
<i>Imagen 76: Mantenimiento a condensadores de HVAC.</i>	.....	65
<i>Imagen 77: Planeación de trabajos para mantenimiento.</i>	.....	66
<i>Imagen 78: Diagrama del movimiento del aire por el sistema de HVAC.</i>	.....	66
<i>Imagen 79: Representación de la eficiencia energética.</i>	.....	67

Lección 3

SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS EN ESTACIONES

Sistemas de Energía Eléctrica

La electromecánica es una disciplina que integra la ingeniería eléctrica y la mecánica para diseñar y analizar sistemas que combinan componentes eléctricos y mecánicos. En el ámbito de las edificaciones, y particularmente en las estaciones de tren, los sistemas electromecánicos desempeñan un papel esencial para garantizar operaciones eficientes y seguras.

Estos sistemas deben diseñarse como una red interconectada que permita transformar la energía eléctrica en movimiento y control de manera eficiente, cumpliendo con los estándares más altos de seguridad y fiabilidad en el sector ferroviario. Entre las tecnologías clave que comprenden los sistemas electromecánicos se encuentran:

- Sistemas de Energía Eléctrica
- Sistemas de Climatización
- Sistema de protección Contra Incendio
- Sistemas de Agua.

El suministro de energía eléctrica es fundamental para el funcionamiento integral de una estación de tren. Este abarca la iluminación, los sistemas de señalización, las puertas automáticas, los controles operativos y las infraestructuras específicas de los trenes, como las vías de carga eléctrica en el caso de los trenes eléctricos. La distribución de energía debe ser segura, eficiente y confiable, garantizando la continuidad operativa y la seguridad de los usuarios en todo momento.

Principios de Distribución Eléctrica

La distribución eléctrica se refiere al proceso de transportar electricidad desde una subestación hasta los usuarios finales (en este caso, los sistemas de la estación de tren). Este proceso involucra varios pasos y componentes clave que aseguran que la electricidad llegue de manera eficiente y sin interrupciones.

Componentes clave en la distribución eléctrica

Subestaciones eléctricas

Las subestaciones son instalaciones clave en las que la electricidad de alta tensión se reduce a un voltaje adecuado para su distribución a las estaciones de tren y sus alrededores. Las subestaciones constan de transformadores, interruptores y otros equipos esenciales para la regulación del voltaje.

Imagen 1: Tablero de control y transformador eléctrico.



Fuente: SITICED. (2019, 17 de diciembre). ¿Qué es una subestación eléctrica? SITICED., de <https://siticed.com.mx/2019/12/17/que-es-una-subestacion-electrica/>

Transformadores

Son dispositivos utilizados para aumentar o disminuir el voltaje de la electricidad. En una estación de tren, los transformadores se utilizan para reducir la alta tensión de la electricidad proveniente de la subestación hasta niveles adecuados para su uso en sistemas electromecánicos, iluminación, y equipos de trenes eléctricos.

Imagen 2: Transformador eléctrico.



Fuente: Ingeniería de Subestaciones. (s.f.). Fundamentos de los transformadores de poder. Ingeniería de Subestaciones, de <https://ingenieriadesubestaciones.com/fundamentos-de-los-transformadores-de-poder/>)

Planta de respaldo (Generación de emergencia)

En una estación de tren, es vital tener una planta de respaldo que garantice el suministro eléctrico en caso de que la red principal falle. Las plantas de respaldo son generadores que entran en funcionamiento automáticamente cuando se detecta una interrupción en la energía suministrada por la red. Estas plantas suelen ser de tipo diésel o gas y están diseñadas para proveer energía a sistemas críticos, como la iluminación de emergencia, los sistemas de comunicación, las puertas automáticas, los semáforos y la señalización. En estaciones más grandes o con mayor volumen de tráfico, estas plantas de respaldo pueden también alimentar los sistemas de trenes eléctricos durante los primeros minutos de una falla en la red.

Imagen 3: Planta de emergencia a Diesel.



Fuente: LBS Power. (s.f.). Planta de emergencia Kohler J8OU. LBS Power, de <https://www.lbspower.com/es/planta-de-emergencia-kohler-j8ou>

Interruptores y seccionadores

Los interruptores y seccionadores son dispositivos de protección que permiten desconectar las secciones de la red eléctrica para realizar mantenimiento o para aislar fallas. Los interruptores automáticos son muy comunes en las estaciones de tren para minimizar riesgos ante fluctuaciones de corriente o cortocircuitos. Los seccionadores, en cambio, se utilizan para aislar partes de la instalación de forma segura.

Imagen 4: Tablero con interruptores eléctricos.



Fuente: Elektron. (s.f.). Tableros eléctricos: Todo lo que necesitas saber sobre ellos. Elektron, de <https://www.elektron.com.mx/blog/post/tableros-electricos-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los>

Red de distribución de baja tensión

Después de pasar por la subestación y los transformadores, la electricidad se distribuye a través de cables y circuitos de baja tensión hacia los sistemas dentro de la estación. Este sistema se divide en varias ramas que alimentan diferentes áreas: andenes, oficinas, salas de control, y la infraestructura de los andenes.

Imagen 5: Prueba de in sistema de iluminación.



Fuente: CodeBuddy. (s.f.). Navigating low voltage wiring: Code & best practices for safe installation. CodeBuddy, de <https://codebuddy.chat/navigating-low-voltage-wiring-code-best-practices-for-safe-installation/>

Medidores de energía eléctrica

Son dispositivos esenciales para monitorear el consumo de energía de la estación. Permiten a los operadores controlar la cantidad de electricidad utilizada, detectar ineficiencias o sobrecargas y ajustar la operación para evitar problemas.

Imagen 6: Instalación de un medidor trifásico.



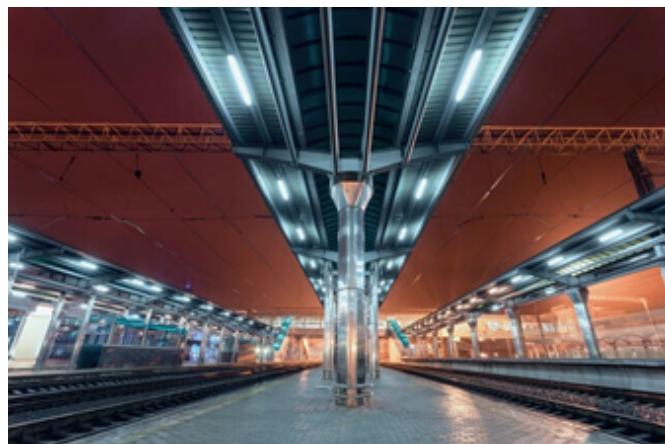
Fuente: CESI Energy. (s.f.). Medidores eléctricos: Definición y clasificación. CESI Energy, de <https://cesienergy.com/medidores-electricos-definicion-y-clasificacion/>

Distribución Eléctrica

En una estación ferroviaria, la distribución eléctrica debe ser capaz de atender diferentes necesidades energéticas que van desde la iluminación de andenes hasta la alimentación de trenes eléctricos o sistemas de control y comunicación. Las principales áreas que requieren energía eléctrica en una estación incluyen:

Sistemas de iluminación: Se utilizan para garantizar la visibilidad en todo el entorno de la estación, desde los andenes hasta las zonas comunes.

Imagen 7: Iluminación de un andén de trenes.



Fuente: Alamy. (s.f.). Modern futuristic railway station with illumination in fog at night [Fotografía]. Alamy, de <https://www.alamy.com/stock-photo-modern-futuristic-railway-station-with-illumination-in-fog-at-night-141984082.html>

Sistemas de señalización y comunicación: Incluyen semáforos, señales de seguridad, y sistemas de intercomunicación.

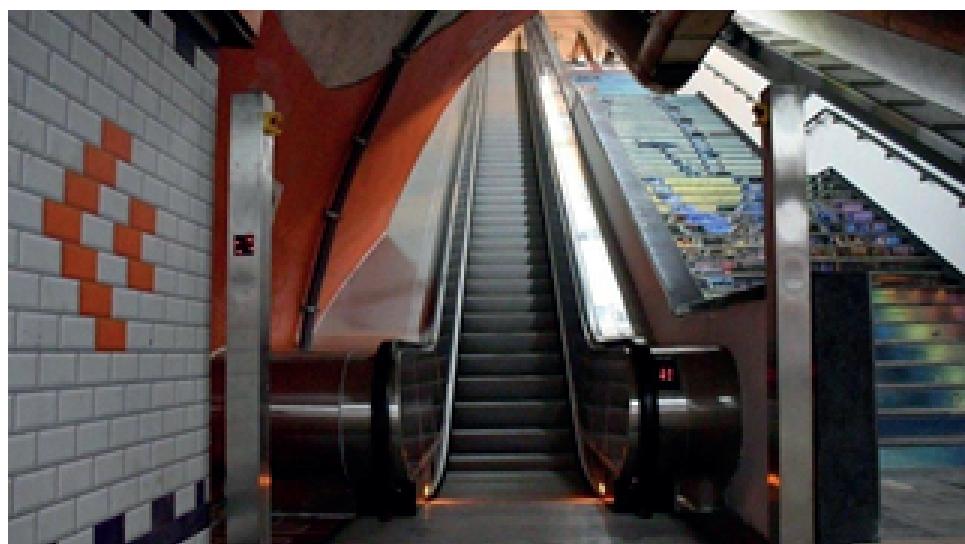
Imagen 8: Iluminación de señalizaciones.



Fuente: Wikipedia. (s.f.). Señalización ferroviaria. En Wikipedia, la encyclopédie libre, de https://es.wikipedia.org/wiki/Se%C3%B1alizaci%C3%B3n_ferroviaria

Equipos electromecánicos: Como ascensores, escaleras eléctricas y puertas automáticas.

Imagen 9: Escaleras eléctricas en una estación de metro de la Ciudad de México.



Fuente: Milenio. (s.f.). Metro CDMX: Instalan escaleras eléctricas en 2 estaciones. Milenio, de <https://www.milenio.com/politica/comunidad/metro-cdmx-instalan-escaleras-electricas-2-estaciones>

Sistemas de climatización: Calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC).

Imagen 10: Instalación de ductos de aire acondicionado.



Fuente: Getty Images. (s.f.). Train air conditioner [Fotografía]. Getty Images, de <https://www.gettyimages.com.mx/fotos/train-air-conditioner?page=4>

Trenes eléctricos y sistemas ferroviarios: Si la estación soporta trenes eléctricos, se necesita una infraestructura de distribución eléctrica que proporcione energía directamente a las vías o a los pantógrafos de los trenes.

Imagen 11: Iluminación de una estación de tren.



Fuente: Network Rail. (2019, 16 de diciembre). South Wales rail passengers benefit from first electric services between Cardiff and London. Network Rail, de <https://www.networkrailmediacentre.co.uk/news/south-wales-rail-passengers-benefit-from-first-electric-services-between-cardiff-and-london>

Alimentación principal (media tensión): Esta se conecta a la red general de distribución de energía eléctrica del área o directamente a la planta generadora.

Imagen 12: Transición aéreo-subterránea. Alimentación en Media tensión a estación Campeche Tren Maya.



Fuente: Google Maps. (s.f.). Transición aéreo-subterránea. Alimentación en Media Tensión a estación Campeche, Tren Maya [Mapa]. Google Maps, de <https://www.google.com/maps>

Subestación de la estación: Reduce el voltaje a niveles adecuados.

Imagen 13: Tableros eléctricos de Media Tensión.



Fuente: La Prensa. (s.f.). Nueva subestación eléctrica de alta tensión beneficia movilidad del metro. Recuperado de <https://www.la-prensa.com.mx/metropoli/nueva-subestacion-electrica-de-alta-tension-beneficia-movilidad-del-metro-11294558.html>

Distribución secundaria: A través de líneas de baja tensión hacia distintos sectores de la estación (andén, oficinas, etc.).

Imagen 14: Tableros eléctricos dentro de una subestación eléctrica.



Fuente: CELCO. (s.f.). Tableros de distribución eléctrica: Importancia y tipos. Recuperado de <https://celco.com.co/tableros-de-distribucion-electrica-importancia-tipos/>

Sistemas internos de distribución: Los paneles eléctricos, interruptores y cuadros de distribución permiten regular el flujo de energía a las distintas áreas según se requiera.

Imagen 15: Revisión a un tablero eléctrico de distribución.



Fuente: Tecnológica Bach. (s.f.). Instalación y mantenimiento de tableros eléctricos. Recuperado de <https://www.tecnologiacabach.com.pe/installacion-y-mantenimiento-de-tableros-electricos/>

Equipos de Protección y Seguridad Eléctrica

La distribución de energía eléctrica no solo debe ser eficiente, sino también segura. Para ello, se implementan equipos de protección y dispositivos de seguridad que previenen daños a los equipos y garantizan la integridad de los usuarios. Los componentes más importantes incluyen:

Interruptores automáticos: Dispositivos que cortan el paso de la corriente cuando detectan una sobrecarga o un cortocircuito.

Imagen 16: Instalación de interruptor automático.



Fuente: Grupo Casa Lima. (s.f.). Interruptores o llaves termomagnéticas: ¿Qué es, precio y características? Recuperado de <https://grupocasalima.com/blog/electricidad/interruptores-o-llaves-termomagneticas-que-es-precio-caracteristicas/>

Disyuntores de corriente residual (RCD): Ayudan a prevenir electrocuciones al detectar fugas de corriente hacia tierra.

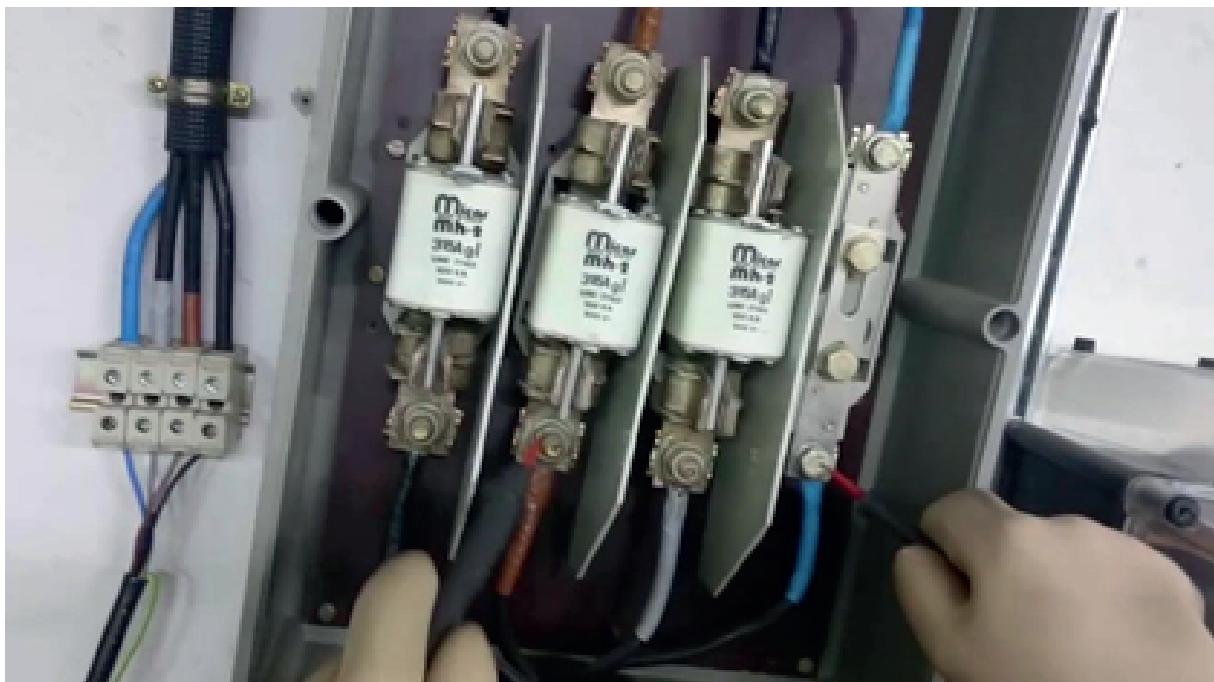
Imagen 17: Disyuntores de corriente residual (RCD).



Fuente: Circuit Breaker. (s.f.). Producto 7103. Recuperado de <https://circuit-breaker.seec.com.tw/es/product/7103.html>

Fusibles: Dispositivos de protección de bajo costo que interrumpen la corriente cuando se excede un valor preestablecido.

Imagen 18: Fusibles eléctricos.



Fuente: AoSLuz. (s.f.). Tipos de fusibles. Recuperado de <https://xn--aosluz-wwa.com.ar/tag/tipos-de-fusibles/>

Consideraciones para la Distribución Eléctrica en Estaciones ferroviarias.

Al diseñar un sistema de distribución eléctrica para una estación de tren, deben tenerse en cuenta varios factores:

Redundancia: Es fundamental que la estación de tren tenga sistemas redundantes para garantizar que no haya interrupciones en el suministro eléctrico. Esto puede incluir generadores de emergencia, fuentes de energía alternativas y sistemas de distribución duales.

Sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS): Aseguran que, en caso de fallo de la red principal, los sistemas críticos continúen operando mientras se restablece la energía. Esto es especialmente importante en el caso de sistemas de control de trenes y comunicaciones.

Imagen 19: Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS).



Fuente: Circuit Energy. (s.f.). Industrial UPS solutions. Recuperado de <https://www.circuitenergy.ca/service/industrial-ups-solutions>

Eficiencia energética: La estación de tren debe contar con tecnologías que permitan un uso eficiente de la electricidad, como iluminación LED y sistemas de control inteligentes que ajusten el consumo según la demanda.

Mantenimiento regular: Los equipos eléctricos deben ser inspeccionados y mantenidos periódicamente para evitar fallos. El mantenimiento preventivo ayuda a asegurar que los sistemas funcionen de manera segura y eficiente.

Imagen 20: Configuración de tableros eléctricos.



Fuente: ToolSense. (s.f.). Electrical preventive maintenance checklist and how-to guide. Recuperado de <https://toolsense.io/maintenance/electrical-preventive-maintenance-checklist-and-how-to-guide/>

La distribución eléctrica en una estación de tren es un proceso complejo que involucra una variedad de componentes, desde plantas de respaldo y subestaciones hasta interruptores y transformadores. Un diseño adecuado del sistema de distribución es esencial para el funcionamiento seguro y eficiente de la estación.

Además, la implementación de sistemas de protección y mantenimiento preventivo asegura la continuidad operativa y minimiza riesgos tanto para los usuarios como para el personal.

Subestaciones: Función y diseño en la distribución de energía eléctrica.

Funciones principales de las Subestaciones Eléctricas.

Las subestaciones en las estaciones ferroviarias desempeñan diversas funciones clave, que son esenciales para el funcionamiento seguro y eficiente de la estación y sus servicios:

- **Transformación de Tensión:** la subestación reduce la energía de media tensión (13.2 kV o 33.2 kV) de la red general de distribución a baja tensión para la alimentación de los diferentes sistemas que se localizan dentro de la estación.

Imagen 21: Intervención a un transformador eléctrico tipo pedestal.



Fuente: Daelim Electric. (s.f.). Transformadores tipo pedestal de 1000 kVA. Recuperado de <https://daelim-electric.com/es-transformadores-tipo-pedestal-de-1000-kva/>

- **Distribución de Energía:** Una vez que la energía ha sido transformada, la subestación la distribuye a diferentes sistemas dentro de la estación, sistemas de iluminación, señales, comunicaciones, y otros equipos. La correcta distribución de la energía eléctrica es esencial para mantener la estación en funcionamiento.

Imagen 22: Revisión de un tablero eléctrico.



Fuente: InHand Networks. (s.f.). Intelligent low-voltage power distribution. Recuperado de <https://www.inhand.com/en/cases/intelligent-low-voltage-power-distribution/>

- **Protección de Equipos:** Las subestaciones están equipadas con sistemas de protección como interruptores automáticos, fusibles y relés que desconectan el suministro eléctrico cuando se detectan fallos, sobrecargas o cortocircuitos. Esto previene daños a la infraestructura y equipos conectados, así como posibles riesgos de seguridad.

Imagen 23: Toma de valores a un elemento del tablero eléctrico.



Fuente: Fierros. (s.f.). Dispositivos de protección eléctricos: Uso y características. Recuperado de <https://www.fierros.com.co/es/noticias/dispositivos-de-proteccion-electricos-uso-y-caracteristicas>

- **Monitoreo y Control:** Las subestaciones modernas cuentan con sistemas avanzados de monitoreo y control que permiten supervisar en tiempo real el estado de la energía, detectar posibles fallos y gestionar el flujo de electricidad. Esto facilita una intervención rápida y mejora la confiabilidad y eficiencia de la estación.

Imagen 24: Revisión de tablero eléctrico.



Fuente: GFT. (s.f.). Optimización del consumo de energía en HVAC. Recuperado de <https://www.gft.com/es/es/blog/optimizacion-consumo-energia-hvac>

Componentes claves de una Subestación Eléctrica

Para que una subestación cumpla su función de manera eficiente, debe contar con varios componentes esenciales que trabajan de forma coordinada:

- **Transformadores:** Son responsables de reducir la tensión de la electricidad de media a baja tensión, adaptándola a los requisitos de los sistemas ferroviarios. En algunas estaciones, se utilizan también transformadores de corriente continua para alimentar a los trenes que operan con este tipo de energía.

Imagen 25: Transformadores eléctricos.



Fuente: Daelim Electric. (s.f.). Productores de transformadores. Recuperado de <https://daelim-electric.com/transformer-producers/>

- **Interruptores y Seccionadores:** Estos dispositivos controlan y protegen la energía dentro de la subestación. Los interruptores permiten cortar el flujo de energía en caso de emergencia, mientras que los seccionadores permiten desconectar secciones específicas de la subestación para mantenimiento sin interrumpir el servicio.

Imagen 26: Interruptores eléctricos.



Fuente: Tecnalia. (s.f.). Ensayos de interruptores de baja tensión. Recuperado de <https://www.tecnalia.com/servicios-de-laboratorio/ensayos-de-interruptores-de-baja-tension>

- **Barras de Distribución (Busbars):** Son elementos conductores que permiten la distribución de la electricidad desde los transformadores y rectificadores hacia los diferentes sistemas de la estación. Las barras de distribución se conectan a los distintos equipos de la subestación y permiten la gestión eficiente del flujo de energía.

Imagen 27: Barras de distribución de cobre.



Fuente: Approved Sheet Metal. (s.f.). Sheet metal busbar skills. Recuperado de <https://www.approvedsheetmetal.com/blog/sheet-metal-busbar-skills>

- **Sistemas de Protección y Control:** Los sistemas de protección incluyen dispositivos como disyuntores y fusibles, que desconectan los circuitos defectuosos o sobrecargados. Los sistemas de control permiten supervisar el funcionamiento de los equipos y ajustar el suministro según las necesidades de la estación.

Imagen 28: Tablero con relevadores eléctricos.



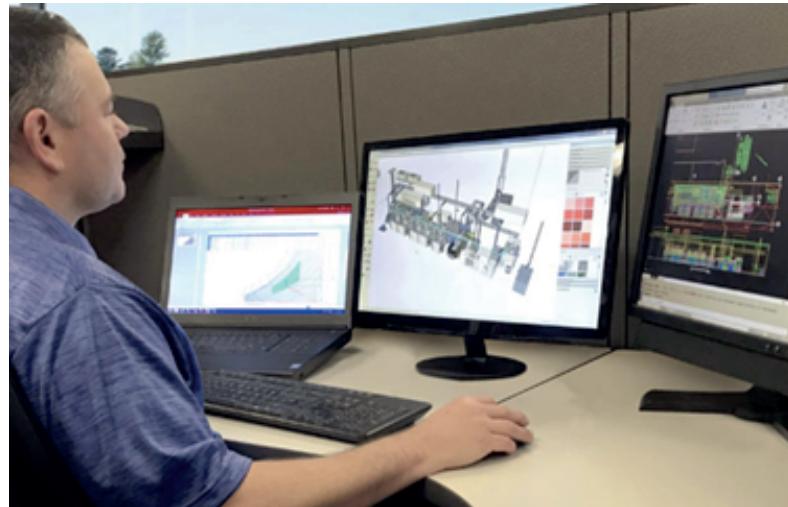
Fuente: TRC Companies. (s.f.). Protection and controls in electrical power engineering. Recuperado de <https://www.trccompanies.com/services/engineering/electrical-power/protection-and-controls/>

Diseño de una Subestación Eléctrica

El diseño de una subestación eléctrica en estaciones ferroviarias debe ser cuidadoso y específico para satisfacer las demandas particulares del entorno ferroviario. Entre las principales consideraciones de diseño se incluyen:

- **Capacidad de Carga:** El diseño de la subestación debe tener en cuenta no solo el suministro de energía para los trenes, sino también para otros sistemas vitales como la iluminación de andenes, sistemas de ventilación, y equipos de señalización. Se debe considerar el nivel máximo de carga, especialmente en horarios de mayor afluencia de pasajeros.

Imagen 29: Diseño de subestaciones eléctricas.



Fuente: The Citi Group. (s.f.). What is an industrial electrical design engineer? Recuperado de <https://thecitigroup.co.uk/what-is-an-industrial-electrical-design-engineer/>

- **Seguridad y Protección:** Es esencial que la subestación esté diseñada con mecanismos de protección para evitar accidentes. Esto incluye sistemas de desconexión rápida ante fallos y dispositivos de seguridad para prevenir el acceso no autorizado. Los equipos deben estar protegidos contra daños debido a sobrecargas o condiciones climáticas adversas.

Imagen 30: Toma de valores con multímetros de un tablero eléctrico.



Fuente: Motorba. (s.f.). Fórmula para calcular la potencia de un motor eléctrico. Recuperado de https://motorba.com.ar/formula-potencia-motor-electrico/#google_vignette

- **Redundancia y Fiabilidad:** En un entorno ferroviario, donde el tiempo es esencial, es crucial que la subestación sea redundante, es decir, debe contar con sistemas de respaldo como generadores de emergencia, que mantengan el suministro de energía en caso de que falle la red principal. Esto garantiza que la estación pueda seguir operando incluso en situaciones de emergencia.

Imagen 31: Plantas eléctricas de respaldo.



Fuente: Cummins. (s.f.). ¿Qué es una planta eléctrica de respaldo? Recuperado de <https://cummins.cumandes.com/energia/que-es-una-planta-electrica-de-respaldo/>

- **Control Remoto y Automatización:** Las subestaciones de estaciones ferroviarias deben contar con sistemas de automatización para monitorear el estado de los equipos y hacer ajustes automáticos según la demanda. Los operadores pueden controlar la subestación de forma remota, lo que facilita la resolución rápida de problemas y la mejora de la eficiencia operativa.

Imagen 32: Revisión de relevadores.



Fuente: SEL Engineering Services. (s.f.). Automation engineering services. Recuperado de <https://selinc.com/es/engineering-services/automation/>

Consideraciones Específicas en la Distribución de Energía para Andenes

Las estaciones ferroviarias tienen requerimientos especiales que deben ser considerados al distribuir la energía eléctrica, especialmente en los andenes:

- **Suministro Continuo para los Trenes y Sistemas Auxiliares:** Las subestaciones deben garantizar que no haya interrupciones en el suministro, incluso en momentos de alta demanda. Además, los sistemas auxiliares como la iluminación, las pantallas de información y las comunicaciones deben recibir energía de forma confiable.

Imagen 33: Actividad nocturna dentro de una estación de metro.



Fuente: Stockcake. (s.f.). Busy train station. Recuperado de https://stockcake.com/i/busy-train-station_1242337_194372

- **Interferencias Electromagnéticas:** Las subestaciones deben ser diseñadas de manera que no generen interferencias electromagnéticas que puedan afectar la señalización o los sistemas de comunicación del tren. Esto es especialmente importante en estaciones ferroviarias ubicadas en áreas urbanas con infraestructura eléctrica densa.
- **Eficiencia Energética:** Las estaciones ferroviarias están adoptando un enfoque más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Las subestaciones pueden integrar tecnologías de energía renovable, como paneles solares o sistemas de almacenamiento de energía, para reducir la huella de carbono y mejorar la eficiencia energética general.

Imagen 34: Proyecto de la estación Tulum del Tren Maya.



Fuente: SIPSE. (s.f.). Fotogalería: Así lucirá la estación del Tren Maya en Tulum. Recuperado de https://sipse.com/novedades/fotogaleria-así-lucirá-la-estación-del-tren-maya-en-tulum-401390.html#google_vignette

Retos y Desafíos en el Diseño de Subestaciones Ferroviarias

El diseño y operación de subestaciones para estaciones ferroviarias presenta una serie de retos, que incluyen:

- **Fluctuaciones en la Demanda:** La demanda de energía puede variar considerablemente según el momento del día. Las subestaciones deben ser capaces de gestionar estos cambios de manera eficiente, especialmente durante las horas punta, cuando la demanda de energía aumenta significativamente.

Imagen 35: Tren suburbano de la Ciudad de México.



Fuente: Siete24. (s.f.). Este será el horario del Tren Suburbano en Navidad y Año Nuevo. Recuperado de <https://siete24.mx/-mexico/cdmx/este-será-el-horario-del-tren-suburbano-en-navidad-y-ano-nuevo/>

- **Mantenimiento de Equipos:** Las subestaciones deben ser diseñadas para facilitar el mantenimiento de sus equipos sin interrumpir el suministro eléctrico. Esto incluye la instalación de equipos de monitoreo y control que permitan detectar problemas antes de que ocurran y facilitar la reparación de componentes.

Imagen 36: Mantenimiento a tablero eléctrico.



Fuente: Lake Electric. (s.f.). The importance of electrical maintenance. Recuperado de

- **Integración con Nuevas Tecnologías:** A medida que el transporte ferroviario evoluciona, surgen nuevas necesidades de energía, especialmente con el aumento de trenes de alta velocidad o sistemas de electrificación de nuevas líneas. Las subestaciones deben ser lo suficientemente flexibles para integrar estas innovaciones sin comprometer la eficiencia.

Imagen 37: Proyecto de la estación Palenque del Tren Maya.



Fuente: Travel Trade Caribbean. (s.f.). En imágenes: Las estaciones del Tren Maya. Recuperado de <https://www.traveltrade-caribbean.es/en-imagenes-las-estaciones-del-tren-maya/>

Las subestaciones eléctricas son componentes esenciales en el suministro de energía en las estaciones ferroviarias, garantizando que los equipos auxiliares de los andenes reciban energía de manera continua y confiable. Un diseño bien planificado de estas subestaciones, que contemple la capacidad de carga, la protección, la redundancia y la eficiencia energética, es crucial para el buen funcionamiento de las estaciones y para la seguridad de los usuarios.

Alumbrado: Tipos de Sistemas de Iluminación (LED, Fluorescentes) y su Importancia.

Introducción al Alumbrado en Estaciones Ferroviarias

El alumbrado en las estaciones ferroviarias es un componente crucial para la operación eficiente y segura de las instalaciones. La iluminación no solo tiene un papel funcional, sino que también mejora la experiencia de los pasajeros. Además, una adecuada planificación del sistema de iluminación contribuye significativamente a la eficiencia energética de la estación.

En las estaciones ferroviarias, el alumbrado debe cumplir diversas funciones, que incluyen:

- **Visibilidad y Seguridad:** Una buena iluminación asegura que los pasajeros puedan ver las señales y las rutas de evacuación en caso de emergencia. También ayuda a los trabajadores a realizar tareas de mantenimiento y supervisión de manera segura.

Imagen 38 Estación ferroviaria en Birmingham, Inglaterra.



Fuente: Bond, R. (s.f.). Train station photo. Recuperado de https://www.flickr.com/photos/robert_bond75/32113077634/

- **Confort y Estética:** La iluminación debe ser suficiente para crear un ambiente cómodo en las salas de espera, pasillos y andenes, pero no debe ser excesiva ni generar deslumbramientos que puedan incomodar a los usuarios.

Imagen 39 Iluminación a las afueras de una estación ferroviaria.



Fuente: Orchard Roofing and Building. (s.f.). Leeds train station refurbishment. Recuperado de <https://www.orchardroofingandbuilding.co.uk/projects/leeds-train-station-refurbishment/>

- **Eficiencia Energética:** Dado que muchas estaciones ferroviarias operan las 24 horas del día, el consumo de energía asociado a la iluminación puede ser significativo. Es fundamental optar por tecnologías eficientes que minimicen el costo de operación y ayudan a reducir la huella de carbono de la estación.

Imagen 40 Iluminación al interior de una estación ferroviaria.



Fuente: Network Rail. (s.f.). Lighting the way at London Liverpool Street. Recuperado de <https://www.networkrailmediacentre.co.uk/news/lighting-the-way-at-london-liverpool-street>

Tipos de Sistemas de Iluminación

Iluminación LED

La iluminación LED (diodo emisor de luz) es una de las opciones más populares en la actualidad debido a su eficiencia energética y su capacidad de adaptación a diferentes entornos.

Imagen 41: Panel de iluminación LED.



Fuente: Cambridge Medical. (s.f.). LED lights: Are they beneficial to our skin? Recuperado de <https://www.cambridgemedical.com.sg/led-lights-are-they-beneficial-to-our-skin/>

- **Alta eficiencia energética:** Los LEDs consumen menos energía para producir la misma cantidad de luz que otras tecnologías. Esto se debe a que convierten hasta un 90% de la energía en luz visible, mientras que otras fuentes de luz pierden mucha energía en forma de calor.
- **Vida útil prolongada:** Las lámparas LED tienen una vida útil mucho más larga que las lámparas tradicionales, alcanzando hasta 50,000 horas de uso en lugar de las 10,000 horas típicas de una lámpara fluorescente. Esto reduce los costos de mantenimiento y reemplazo.
- **Encendido instantáneo:** A diferencia de las lámparas fluorescentes, los LEDs se encienden instantáneamente, lo cual es una ventaja en estaciones ferroviarias donde se requiere iluminación constante y sin retrasos.
- **Mayor control sobre la temperatura del color:** Los LEDs permiten una mayor versatilidad en el diseño de la iluminación, ya que pueden emitir diferentes tonos de luz, desde blancos cálidos hasta fríos. Esto es útil para crear ambientes que se adapten mejor a cada área de la estación.

Ventajas en Estaciones Ferroviarias:

- Los LEDs pueden adaptarse a las distintas necesidades de iluminación de las estaciones ferroviarias, como la iluminación de andenes, áreas de tránsito y oficinas.
- Dado su bajo consumo y larga vida útil, son ideales para estaciones que operan durante largas horas, lo que resulta en ahorros significativos de energía y reducción de costos operativos.
- Su alta eficiencia también contribuye a la sostenibilidad de las estaciones ferroviarias, alineándose con las políticas de reducción de huella de carbono y mejorando la imagen ecológica de las estaciones.

Desventajas en Estaciones Ferroviarias:

Si consideramos las estaciones ferroviarias que utilizan iluminación LED, las cuatro desventajas principales, considerando su impacto general y frecuencia, serían:

- Aunque las luces LED son más eficientes a largo plazo, la instalación inicial puede ser costosa debido al precio de las lámparas LED y la infraestructura necesaria para adaptarlas, especialmente en estaciones antiguas que requieren actualizaciones.
- Las luces LED pueden ser más sensibles a las fluctuaciones de voltaje, lo que podría reducir su vida útil o causar fallas en sistemas con suministro eléctrico inestable, algo común en ciertas áreas.
- Aunque son más eficientes energéticamente, la producción de LED implica el uso de materiales no reciclables y procesos contaminantes. Además, la disposición inadecuada de luminarias LED puede generar desechos electrónicos difíciles de gestionar.

Estas desventajas deben ser consideradas al implementar iluminación LED en estaciones ferroviarias, equilibrando su eficiencia y beneficios a largo plazo con los retos asociados.

Imagen 42: Iluminación dentro de una estación ferroviaria.

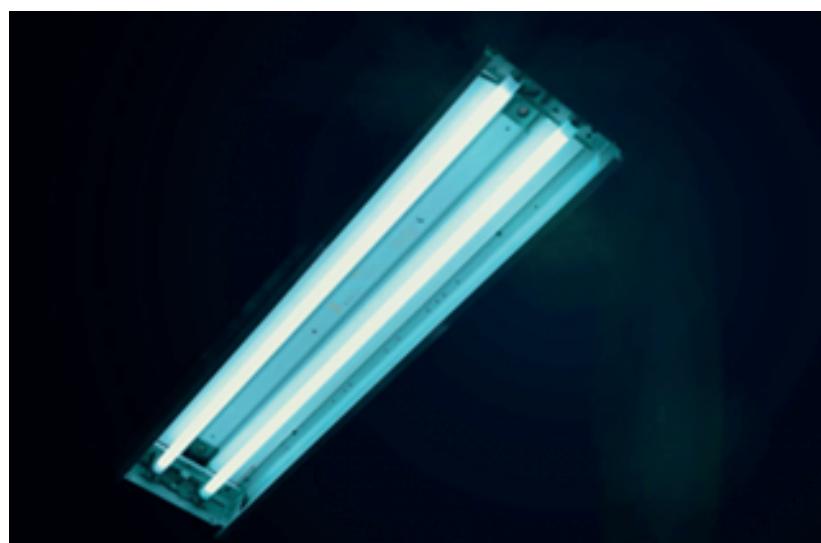


Fuente: ADLT. (s.f.). Railway applications. Recuperado de <https://adlt.com.au/applications/railway/>

Iluminación Fluorescente

Las lámparas fluorescentes fueron una de las opciones más utilizadas en instalaciones comerciales e industriales durante varias décadas. Aunque han sido en gran parte reemplazadas por los LEDs, las lámparas fluorescentes todavía se utilizan en algunas estaciones debido a su costo inicial más bajo.

Imagen 43: Lampara de iluminación Fluorescente.



Fuente: Bricodecoración. (s.f.). Diferencias entre tubos fluorescentes y tubos LED. Recuperado de <https://www.bricodecoracion.com/lamparas/diferencias-entre-tubos-fluorescentes-tubos-led#fdiferencias-entre-tubos-fluorescentes-tubos-led>

Características:

- **Eficiencia energética moderada:** Las lámparas fluorescentes ofrecen una eficiencia energética superior a las bombillas incandescentes, pero son menos eficientes que los LEDs. Usualmente convierten entre el 60% y 70% de la energía en luz visible.
- **Vida útil media:** Las lámparas fluorescentes tienen una vida útil que varía entre 7,000 y 15,000 horas. Aunque son más duraderas que las bombillas incandescentes, no alcanzan la vida útil de los LEDs.
- **Encendido progresivo:** Las lámparas fluorescentes requieren un tiempo de calentamiento para alcanzar su luminosidad máxima, lo que puede ser una desventaja en situaciones donde la luz debe ser instantánea.
- **Requieren un balasto:** El funcionamiento de las lámparas fluorescentes depende de un dispositivo llamado balasto, que regula el flujo de electricidad hacia la lámpara. Esto puede generar algo de complejidad en el mantenimiento y el reemplazo.

Ventajas en Estaciones Ferroviarias:

- Las lámparas fluorescentes son una opción económica en términos de inversión inicial, lo que puede ser un factor determinante en estaciones de tren de menor tamaño o en áreas que no requieren una iluminación tan intensiva.
- Son más eficientes que las bombillas incandescentes y, por lo tanto, son una opción más respetuosa con el medio ambiente en comparación con tecnologías más antiguas.

Desventajas en Estaciones Ferroviarias:

- Las lámparas fluorescentes generan más calor que las luces LED, lo que puede aumentar la carga de los sistemas de climatización, especialmente en estaciones cerradas o subterráneas, incrementando los costos operativos.
- Aunque más eficientes que las incandescentes, las luces fluorescentes consumen más energía que las LED, lo que incrementa los costos de electricidad, especialmente en estaciones con largas horas de funcionamiento.

- Las lámparas fluorescentes contienen pequeñas cantidades de mercurio, un material tóxico que representa un riesgo ambiental si no se manejan adecuadamente al desecharlas. Esto puede generar problemas en la gestión de residuos.
- Las luces fluorescentes tienen una vida útil más corta en comparación con las LED, lo que implica un reemplazo más frecuente. Esto puede interrumpir las operaciones, aumentar los costos de mantenimiento y generar más residuos.

Imagen 44: Iluminación de una estación ferroviaria con lámparas Fluorescentes.



Fuente: Abergeldie. (s.f.). Broadmeadow Station upgrade. Recuperado de <https://abergeldie.com/projects/broadmeadow-station-upgrade/>

Importancia del Alumbrado en Estaciones Ferroviarias

El alumbrado no es solo una necesidad básica de visibilidad, sino que tiene un impacto directo en la seguridad, la eficiencia operativa y la experiencia del usuario. Algunas de las principales razones por las cuales el alumbrado es tan importante en las estaciones ferroviarias incluyen:

- **Seguridad:** Un sistema de iluminación adecuado es esencial para prevenir accidentes, especialmente en áreas de alto tráfico como los andenes y las zonas de acceso a los trenes. Además, mejora la visibilidad en condiciones de baja luz o durante la noche, cuando los trenes y pasajeros están más expuestos a riesgos.

- **Operatividad:** Las estaciones ferroviarias necesitan un sistema de iluminación que permita a los operadores y trabajadores realizar sus tareas de mantenimiento y supervisión de manera eficiente. La correcta iluminación de zonas de trabajo también es fundamental para las tareas de control, mantenimiento de los trenes y otras funciones operativas.
- **Confort y Experiencia del Usuario:** Los pasajeros dependen de la iluminación para orientarse dentro de la estación. Un entorno bien iluminado también crea una atmósfera más agradable, lo que contribuye a una mejor experiencia general para los usuarios.
- **Eficiencia Energética:** El costo de la electricidad puede ser uno de los mayores gastos operativos de las estaciones ferroviarias. La adopción de tecnologías eficientes como los LEDs ayuda a reducir estos costos, lo que es esencial en estaciones con alto tráfico de personas y operaciones continuas.

Imagen 45: Traslados dentro de una estación ferroviaria.



Fuente: Back on Track. (s.f.). EU project: Revitalisation of cross-border night trains. Recuperado de <https://back-on-track.eu-eu-project-revitalisation-of-cross-border-night-trains/>

Tabla 2: Comparativa de Tecnologías LED vs Fluorescente

Característica	LED	Fluorescente
Eficiencia Energética	Muy alta (hasta 90% de eficiencia)	Moderada (alrededor de 60-70%)
Vida útil	25,000-50,000 horas	7,000-15,000 horas
Costo inicial	Alto (aunque está bajando con el tiempo)	Bajo a moderado
Tiempo de encendido	Instantáneo	Requiere tiempo para alcanzar el brillo máximo
Reemplazo	Menos frecuente, debido a la larga vida útil	Más frecuente, requiere reemplazo regular
Impacto ambiental	Bajo (sin mercurio)	Contiene mercurio, lo que implica mayores riesgos ambientales
Mantenimiento	Bajo, debido a la durabilidad	Alto, ya que debe ser reemplazado más frecuentemente

Fuente: Elaboración propia

Consideraciones en el Diseño del Alumbrado Ferroviario

Un diseño de alumbrado eficiente debe tener en cuenta factores como el tipo de espacios, la duración del uso, las normativas de seguridad y los costos operativos. Además, es fundamental integrar tecnologías que no solo aseguren la visibilidad, sino que también optimicen el uso de la energía:

- **Zonas de alta y baja demanda:** Las áreas de mayor circulación, como los andenes y las entradas, requieren iluminación más intensa y constante. Las zonas de menor uso, como los pasillos o las salas de espera, pueden beneficiarse de iluminación más suave y de bajo consumo.

- Control de la iluminación:** Es recomendable incorporar sistemas de control de la intensidad lumínica para ajustar la iluminación de acuerdo con la hora del día o el nivel de ocupación de la estación, lo que ayuda a ahorrar energía.

- Cumplimiento de normativas:** El diseño debe cumplir con las normativas locales e internacionales sobre iluminación en espacios públicos, así como con los estándares de seguridad eléctrica y accesibilidad para personas con discapacidad.

Imagen 46: Instalación de alimentadores para luminarias de una estación ferroviaria.



Fuente: MBTA. (s.f.). Status update. Recuperado de <https://x.com/MBTA/status/1175024475030609920>

Retos y Desafíos en la Implementación del Alumbrado

La implementación de un sistema de alumbrado eficiente y sostenible en las estaciones ferroviarias presenta varios desafíos, como el alto costo inicial de los LEDs, la necesidad de actualización en las infraestructuras antiguas y la gestión del mantenimiento.

El alumbrado en estaciones ferroviarias es esencial para garantizar la seguridad, eficiencia energética y confort de los pasajeros. Los sistemas de iluminación LED, a pesar de su mayor costo inicial, ofrecen una serie de ventajas en términos de eficiencia energética, durabilidad y reducción de costos operativos a largo plazo. Por otro lado, las lámparas fluorescentes siguen siendo una opción viable en ciertas áreas con menor demanda de iluminación.

Un diseño adecuado de iluminación debe considerar la variedad de necesidades de cada estación y apostar por tecnologías que no solo mejoren la visibilidad, sino que también contribuyan a la sostenibilidad y eficiencia operativa.

Fuerza: Uso de electricidad para Sistemas de Fuerza (Motores Eléctricos, Ascensores, Escaleras Eléctricas).

Introducción a los Sistemas Electromecánicos en Estaciones de Tren

Las estaciones ferroviarias son infraestructuras de gran tamaño y complejidad, donde interactúan diversos sistemas electromecánicos. Estos sistemas permiten que el transporte ferroviario sea rápido, seguro y eficiente, y los sistemas de energía eléctrica son fundamentales para el funcionamiento de la mayoría de ellos. La **energía eléctrica** alimenta una amplia gama de equipos esenciales dentro de la estación, desde motores que accionan puertas automáticas, hasta sistemas de transporte vertical como ascensores y escaleras eléctricas.

En este punto, nos centraremos en cómo la electricidad alimenta los sistemas de fuerza, que son aquellos que permiten el movimiento de cargas y personas dentro de la estación. A través de ejemplos de motores eléctricos, ascensores y escaleras eléctricas, se mostrará cómo estos sistemas contribuyen a la operatividad de la estación ferroviaria, mejorando tanto la eficiencia como la accesibilidad.

Imagen 47: Escaleras eléctricas dentro de una estación ferroviaria.



Fuente: UNSW. (2020, junio). Metro rail: The big picture of Sydney transport. Recuperado de https://www.unsw.edu.au/news-room/news/2020/06/metro-rail--_the-big-picture-of-sydney-transport

Motores Eléctricos

Definición y Funcionamiento de un Motor Eléctrico:

Un motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica mediante el principio de electromagnetismo. Este tipo de motor utiliza campos magnéticos generados por la corriente eléctrica para producir un movimiento rotatorio, que se puede utilizar para accionar otros equipos mecánicos.

Imagen 48: Ejemplo de un motor eléctrico.

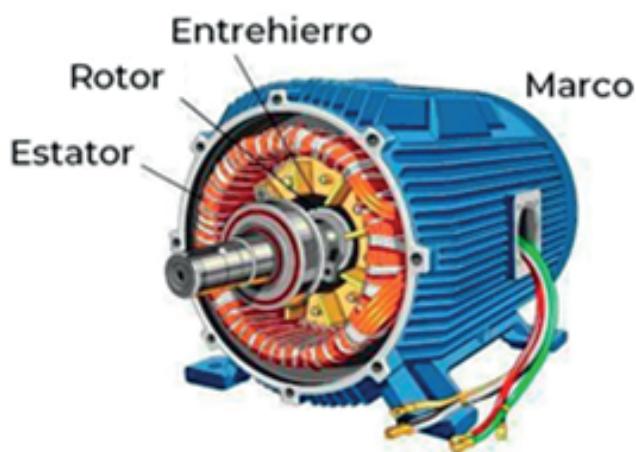


Fuente: Appliance Standards. (s.f.). Electric motors. Recuperado de <https://appliance-standards.org/product/electric-motors>

Componentes de un Motor Eléctrico:

- **Estator:** Parte fija del motor que genera el campo magnético.
- **Rotor:** Parte móvil del motor que gira al interactuar con el campo magnético.
- **Comutador (en algunos motores):** Interrumpe y cambia la dirección de la corriente en el rotor, permitiendo un movimiento continuo.

Imagen 49: Elementos principales de un motor eléctrico.



Fuente: Sector Electricidad. (s.f.). Componentes de un motor básico eléctrico. Recuperado de <https://www.sectorelectricidad.com/35366/componentes-de-un-motor-basico-electrico/>

Tipos de Motores Eléctricos Utilizados.

Motores de Corriente Alterna (CA):

Los motores de CA son los más comunes en estaciones ferroviarias debido a su alta eficiencia y capacidad para operar a gran escala. Son ideales para sistemas de gran potencia, como ascensores y sistemas de ventilación, que necesitan operar continuamente sin interrupciones.

Imagen 50: Motor para elevadores y sus contrapesos.

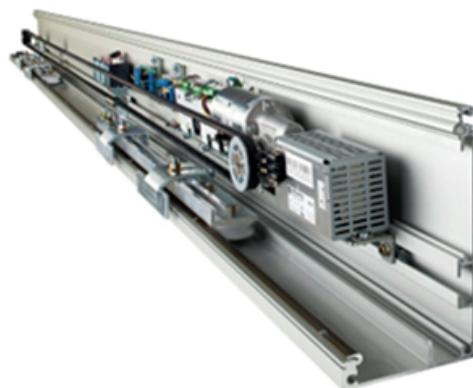


Fuente: Smoulift. (s.f.). Elevator motors. Recuperado de <https://smoulift.com/elevator-motors/>

Motores de Corriente Continua (CC):

Los motores de CC se utilizan en sistemas más pequeños y en aplicaciones donde se requiere un control preciso de la velocidad, como en las puertas automáticas y otros mecanismos de acceso.

Imagen 51: Motor de corriente continua para la apertura de puestas eléctricas.



Fuente: IndiaMART. (s.f.). Automatic door motor. Recuperado de <https://www.indiamart.com/proddetail/automatic-door-motor-9510111797.html>

Razones para el uso de Motores Eléctricos en Estaciones Ferroviarias:

- **Eficiencia energética:** Los motores eléctricos convierten una gran parte de la energía consumida en trabajo útil, lo que hace que sean más eficientes que otros sistemas de propulsión.
- **Mantenimiento sencillo:** Los motores eléctricos requieren menos mantenimiento comparado con sistemas hidráulicos o neumáticos.
- **Control preciso:** Se puede ajustar fácilmente la velocidad de los motores eléctricos, lo que proporciona un control preciso en aplicaciones como puertas automáticas o escaleras mecánicas.

Aplicaciones en Estaciones Ferroviarias:

- **Puertas automáticas y portales de acceso:** Los motores eléctricos permiten la operación de puertas automáticas que brindan acceso rápido y seguro a los andenes y zonas de la estación.
- **Sistemas de ventilación y calefacción:** Motores eléctricos accionan los ventiladores de aire para mantener la circulación de aire fresco y evitar la acumulación de calor en áreas subterráneas.

Imagen 52: Mantenimiento de un motor del sistema HVAC.



Fuente: IndiaMART. (s.f.). Air blower repairing services. Recuperado de <https://www.indiamart.com/proddetail/air-blower-repairing-services-2850013951762.html>

Ascensores Eléctricos en Estaciones de Tren

Definición y Funcionamiento de un Ascensor Eléctrico:

Los ascensores eléctricos son sistemas que utilizan un motor eléctrico para mover una cabina de un nivel a otro. Se componen de una serie de componentes, como cables, poleas, contrapesos y frenos electromagnéticos, que permiten un funcionamiento seguro y eficiente. Los ascensores son especialmente importantes en estaciones ferroviarias de múltiples niveles o subterráneas, donde los pasajeros deben desplazarse entre diferentes alturas.

Imagen 53: Elevador dentro de una estación ferroviaria en Alemania.



Fuente: Alamy. (s.f.). Rathaus underground station, Bochum, Germany. Recuperado de <https://www.alamy.com/stock-photo-rathaus-underground-station-bochum-germany-88761744.html?imageid=ADFDCC226-AFD3-41E5-32B-BDB3A9BB5571&p=250811&pn=1&searchId=95ea989843dbbf2c11aefc8752513&searchtype=0>

Componentes principales

- **Motor eléctrico:** Genera el movimiento necesario para elevar o descender la cabina del ascensor.
- **Poleas y cables:** Transmiten la fuerza del motor a la cabina, asegurando su movimiento controlado.
- **Contrapeso:** Equilibra la carga del ascensor, reduciendo la carga de trabajo del motor y mejorando la eficiencia energética.
- **Freno electromagnético:** Detiene el ascensor en caso de emergencia y garantiza que se quede estacionado en el nivel correcto.

Características destacadas de los Ascensores Eléctricos:

- **Alta capacidad de carga:** Son ideales para estaciones con gran afluencia de pasajeros, ya que permiten el transporte de personas de forma eficiente.
- **Accesibilidad:** Son fundamentales para asegurar el acceso de personas con movilidad reducida.
- **Operación silenciosa:** Los ascensores eléctricos son mucho más silenciosos que los sistemas hidráulicos.

Imagen 54: Elevador eléctrico para el uso de personas discapacitadas en Nueva York, E.U.A.



Fuente: The New York Times. (2018, octubre 2). New York today: Trapped in a subway elevator. Recuperado de <https://www.nytimes.com/2018/10/02/nyregion/new-york-today-trapped-in-a-subway-elevator.html>

Aplicaciones en Estaciones Ferroviarias:

- **Acceso entre plataformas y áreas de espera:** Los ascensores permiten a los pasajeros subir y bajar de forma rápida y segura entre los distintos niveles de la estación.
- **Uso en áreas con alta afluencia de pasajeros:** En estaciones de gran tamaño, los ascensores son esenciales para evitar el congestionamiento en las escaleras o rampas.

Imagen 55: Elevador eléctrico para personas discapacitadas. .



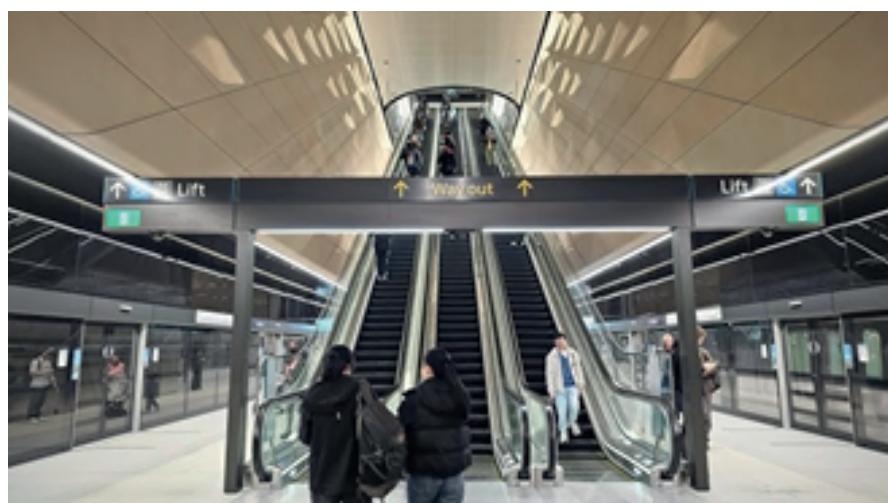
Fuente: Stannah Lifts. (s.f.). Edinburgh Haymarket: Vertical access success in major rail revamp. Recuperado de <https://www.stannahlifts.co.uk/case-studies/edinburgh-haymarket-vertical-access-success-major-rail-revamp/>

Escaleras Eléctricas en Estaciones Ferroviarias

Definición y Funcionamiento de las Escaleras Eléctricas

Las escaleras eléctricas, también conocidas como escaleras mecánicas, son sistemas de transporte vertical continuo que funcionan mediante un motor eléctrico que mueve una cadena de escalones. Estas escaleras facilitan el desplazamiento de los pasajeros entre diferentes niveles de la estación, especialmente en aquellas con mucho tránsito de personas, como en grandes estaciones subterráneas.

Imagen 56: Escaleras eléctricas dentro de una estación ferroviaria.

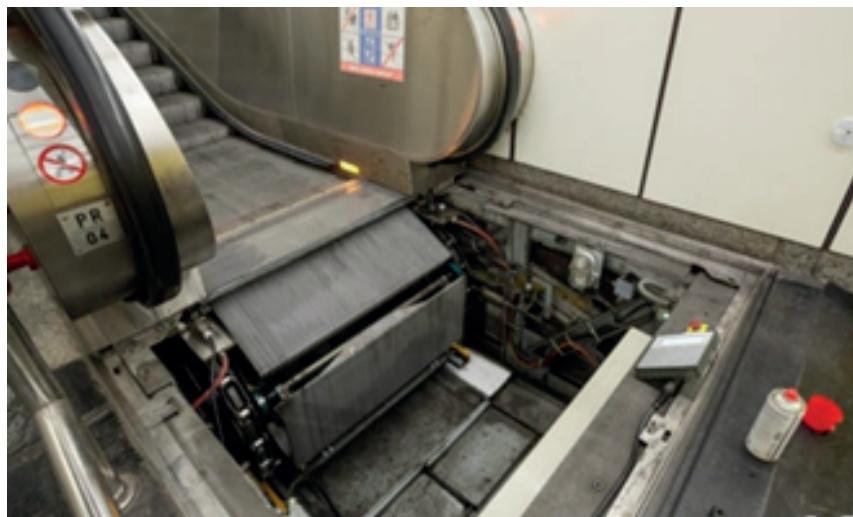


Fuente: YouTube. (s.f.). Video sobre tecnología. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=Y-yaS0XWFxCK>

Componentes principales

- **Motor eléctrico:** Es el encargado de accionar el movimiento continuo de la escalera.
- **Cadena de escalones:** Los escalones se mueven de manera continua, llevando a los pasajeros hacia arriba o hacia abajo.
- **Rieles y poleas:** Guían y soportan el movimiento de la cadena de escalones.
- **Sistema de seguridad:** Incluye sensores y frenos electromagnéticos que garantizan la seguridad de los usuarios.

Imagen 57: Mantenimiento de escaleras eléctricas de una estación ferroviaria.



Fuente: Sadi Transmisiones. (s.f.). Escalera mecánica. Recuperado de <https://sadirtransmisiones.com/escalera-mecanica/>

Ventajas de las Escaleras Eléctricas:

- **Capacidad de transporte elevada:** Pueden transportar un número significativo de pasajeros de manera continua, lo que mejora el flujo de personas en las estaciones de alta demanda.
- **Comodidad y accesibilidad:** A diferencia de las escaleras convencionales, las escaleras eléctricas permiten que los pasajeros suban o bajen sin esfuerzo, lo que es especialmente útil en estaciones con muchos niveles.
- **Reducción de congestión:** Ayudan a reducir el congestionamiento en áreas de paso, especialmente durante las horas pico.

Desventajas de las Escaleras Eléctricas.

- **Mantenimiento costoso:** Las escaleras eléctricas requieren un mantenimiento regular y especializado, lo que puede resultar caro, especialmente si se producen fallos en los motores o componentes electrónicos.
- **Riesgo de fallos mecánicos o eléctricos:** Si la escalera eléctrica se avería, puede dejar a los pasajeros sin una opción rápida para moverse entre niveles, causando inconvenientes y congestionando el área.
- **Consumo energético:** Las escaleras eléctricas requieren energía constante para funcionar, lo que contribuye al consumo energético y puede resultar en mayores costos operativos.
- **Espacio limitado:** Aunque son útiles para mover a muchas personas rápidamente, las escaleras eléctricas ocupan más espacio que las escaleras tradicionales, lo que podría ser un desafío en estaciones con espacio limitado.
- **Riesgo de accidentes:** Si no se mantienen correctamente, las escaleras eléctricas pueden representar un riesgo de accidentes, como caídas o lesiones por mal funcionamiento o desgaste de las escaleras.

Imagen 58: Movimiento de usuarios dentro de una estación ferroviaria.

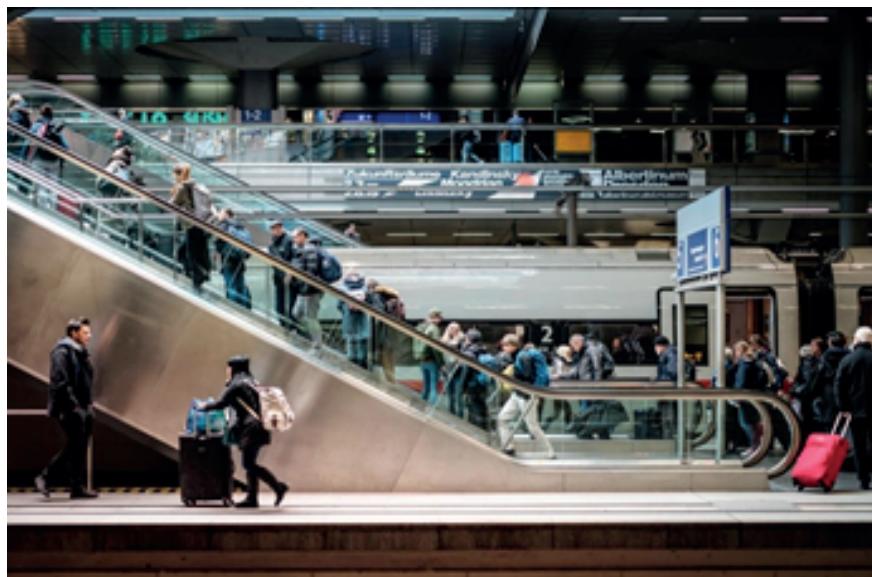


Fuente: Alamy. (s.f.). Train station RRX: Regional Express train on platform, passengers, Essen NRW, Germany. Recuperado de <https://www.alamy.com/train-station-rrx-regional-express-train-on-platform-passengers-essen-nrw-germany-image491335620.html?imageId=F917B9C7-8534-47A3-93D0-5D0AE8DA8CB&p=15790&pn=2&searchId=77dbd8381ba746d2e571a8b1df8084c8&searchType=0>

Aplicaciones en Estaciones Ferroviarias:

- **Transporte vertical en grandes estaciones:** Las escaleras eléctricas son esenciales para conectar diferentes niveles dentro de una estación y facilitar el movimiento de pasajeros de manera rápida y eficiente.
- **Áreas de gran afluencia:** Son especialmente útiles en estaciones con alta cantidad de viajeros que requieren desplazarse rápidamente entre los andenes y las zonas comerciales o de espera.

Imagen 59: Escaleras eléctricas dentro de una estación ferroviaria.



Fuente: Alamy. (s.f.). Train station RRX: Regional Express train on platform, passengers, Essen NRW, Germany. Recuperado de https://www.alamy.com/train-station-rrx-regional-express-train-on-platform-passengers-essen-nrw-germany-image491335620.html?image_id=491335620.

La Electricidad como Fuente de Fuerza en Estaciones Ferroviarias

La electricidad en la operatividad de estaciones ferroviarias:

- **Fiabilidad:** Los sistemas eléctricos son muy confiables y pueden operar durante largos períodos sin interrupciones significativas. Esto es crucial en estaciones de tren donde la eficiencia y la puntualidad son esenciales.
- **Flexibilidad y escalabilidad:** La electricidad permite una gran flexibilidad en el control de los sistemas de fuerza. Los motores eléctricos, ascensores y escaleras eléctricas pueden ajustarse fácilmente a las necesidades cambiantes de la estación.

Imagen 60: Elementos de un sistema de HVAC.



Fuente: ICOM Inc. (s.f.). Are all HVAC systems the same? Recuperado de <https://www.icominc.com/hvac-system-tips/are-all-hvac-systems-the-same/>

Consideraciones Ambientales:

- **Uso de fuentes de energía renovable:** Muchas estaciones ferroviarias están adoptando tecnologías de energía renovable, como paneles solares y eólica, para alimentar sus sistemas eléctricos. Esto contribuye a la sostenibilidad y reducción de la huella de carbono de las estaciones.
- **Reducción del consumo energético:** Con un diseño eficiente y el uso de tecnologías inteligentes, como la iluminación LED y los sistemas de gestión energética, las estaciones ferroviarias pueden reducir significativamente su consumo de electricidad.

El uso de electricidad para alimentar los sistemas de fuerza en estaciones ferroviarias es fundamental para garantizar la eficiencia operativa, la seguridad de los pasajeros y la accesibilidad. Los motores eléctricos, ascensores y escaleras eléctricas son los principales responsables de la movilidad vertical y de la automatización de diversas tareas dentro de la estación, contribuyendo al buen funcionamiento de la infraestructura.

A medida que las estaciones ferroviarias siguen evolucionando y enfrentando mayores desafíos en términos de capacidad y sostenibilidad, el diseño, mantenimiento y operación eficiente de estos sistemas se vuelve aún más crucial para asegurar una experiencia positiva para los pasajeros.

Sistemas de Climatización

Los sistemas de climatización son fundamentales en las edificaciones modernas, ya que permiten controlar factores ambientales clave como la temperatura, la humedad, la calidad del aire y, en algunos casos, la presión. Estos sistemas no solo garantizan un ambiente cómodo y saludable para los ocupantes, sino que también tienen un impacto significativo en la eficiencia energética y el rendimiento de los edificios. A lo largo del tiempo, la evolución de la tecnología HVAC ha permitido el desarrollo de sistemas más sostenibles, capaces de optimizar el consumo energético y reducir el impacto ambiental, con el uso de tecnologías inteligentes que ajustan las condiciones internas según la ocupación y las condiciones climáticas externas.

La historia de la climatización comenzó con sistemas rudimentarios, como los hipocaustos romanos, que proporcionaban calefacción en edificios. Sin embargo, el gran avance llegó en 1902, cuando Willis Haviland Carrier inventó el primer aire acondicionado moderno, inicialmente diseñado para controlar la humedad en una imprenta. Este invento revolucionó diversas industrias, convirtiéndose en un componente esencial en la vida cotidiana. Con el tiempo, los sistemas HVAC han evolucionado para ser más eficientes y respetuosos con el medio ambiente, integrando tecnologías de energía renovable y utilizando refrigerantes ecológicos, lo que permite a los edificios no solo ofrecer mayor confort, sino también reducir el consumo de energía y las emisiones de carbono.

Imagen 61: Ductos del sistema de HVAC.



Fuente: Soler & Palau. (s.f.). Distribución del aire en sistemas HVAC. Recuperado de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/distribucion-del-aire-en-sistemas-hvac/>

Definición de HVAC: Sistemas de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado

Introducción a HVAC

El término HVAC hace referencia a los Sistemas de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (**Heating, Ventilation, and Air Conditioning en inglés**), que son esenciales para garantizar un ambiente interior confortable en cualquier tipo de edificación. Los sistemas HVAC no solo controlan la temperatura, sino que también regulan la humedad, la calidad del aire y la distribución del aire en el espacio cerrado. Estos sistemas juegan un papel fundamental en la creación de un entorno saludable, eficiente y cómodo tanto en edificios residenciales como comerciales o industriales.

- **Heating (Calefacción):** Se refiere al proceso de aumentar la temperatura de un espacio interior, especialmente en condiciones frías o durante el invierno.
- **Ventilation (Ventilación):** Es el proceso de renovar el aire dentro de un edificio para mantener la calidad del aire, remover contaminantes, controlar la humedad y aportar oxígeno fresco.
- **Air Conditioning (Aire Acondicionado):** Se refiere al proceso de enfriar el aire dentro de un espacio cerrado para mantener una temperatura confortable, especialmente en ambientes calurosos.

Imagen 62: Elementos del sistema de HVAC en el techo de un edificio.



Fuente: Prointer. (s.f.). Sistemas HVAC para prevenir el COVID-19. Recuperado de <https://prointer.es/sistemas-hvac-para-prevenir-el-covid-19/>

Funciones principales a un Sistema a HVAC

Un sistema HVAC debe cumplir tres funciones primarias:

1. Control de Temperatura:

- Calefacción: En climas fríos, un sistema de calefacción es necesario para mantener la temperatura ambiente en un rango confortable.
- Aire Acondicionado: En climas calurosos, el aire acondicionado enfriá el aire, eliminando el calor excesivo del interior de un edificio.

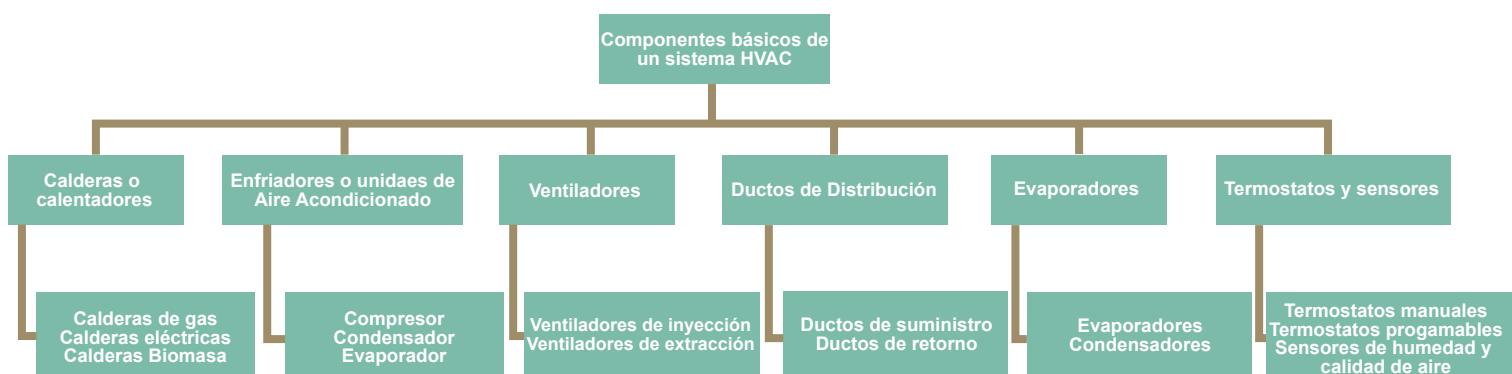
2. Control de Humedad:

- Los sistemas HVAC también controlan la humedad del aire, ya que tanto un exceso como una deficiencia de humedad pueden ser incómodos y afectar la salud. Los sistemas de aire acondicionado, por ejemplo, extraen la humedad del aire mientras lo enfrián.

3. Ventilación:

- La ventilación asegura que el aire interior se mantenga limpio y saludable, eliminando contaminantes como dióxido de carbono (CO₂), olores, humo, partículas suspendidas y otros contaminantes. También facilita la renovación del aire para proporcionar oxígeno fresco a los ocupantes.

Componentes Básicos de un Sistema HVAC



Fuente: Elaboración propia

Un sistema HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) es una red compleja de componentes interdependientes que trabajan en conjunto para proporcionar confort térmico, control de la humedad, calidad del aire y eficiencia energética en los edificios. Estos sistemas son fundamentales en la creación de un ambiente interior agradable y saludable, tanto en viviendas como en edificaciones comerciales e industriales. A continuación, se describen los componentes clave que forman parte de un sistema HVAC:

1. Calderas o Calentadores

Las calderas o calentadores son dispositivos utilizados para generar calor y elevar la temperatura del aire o del agua en un sistema HVAC. Estos equipos son esenciales en la calefacción de los edificios durante los meses fríos, y existen varias tecnologías y tipos de calderas, que varían según el combustible que utilizan y el modo de distribución del calor:

- **Calderas de gas:** Son las más comunes en sistemas de calefacción centralizada y utilizan gas natural o propano como fuente de energía para calentar agua. Esta agua caliente se distribuye a través de radiadores, calefacción por suelo radiante o intercambiadores de calor.
- **Calderas eléctricas:** Utilizan electricidad para calentar el agua. Aunque son menos eficientes que las calderas de gas son ideales en áreas donde el gas no está disponible o en instalaciones más pequeñas.
- **Calderas de biomasa:** Utilizan materiales orgánicos, como pellets de madera, astillas o residuos agrícolas, como fuente de energía renovable. Estas calderas son más sostenibles y se emplean en instalaciones que buscan reducir su huella de carbono.

En sistemas de calefacción por radiadores, las calderas calientan el agua que luego circula a través de un sistema de tubos, distribuyendo el calor de manera eficiente en cada habitación. Las bombas de calor, aunque no son estrictamente calderas, también se consideran parte de los sistemas de calefacción y se describen más adelante.

Imagen 63: Caldera de agua.



Fuente: EVVO Home. (s.f.). Diferencias entre caldera y termo eléctrico. Recuperado de <https://evvohome.com/blogs/news/-diferencias-entre-caldera-termo-electrico>

2. Enfriadores o Unidades de Aire Acondicionado

Los enfriadores o unidades de aire acondicionado son los componentes encargados de enfriar el aire en el interior de un edificio, especialmente durante los meses calurosos. Estos sistemas trabajan mediante la extracción del calor del aire interior y su liberación al exterior. Los componentes clave de los sistemas de aire acondicionado incluyen:

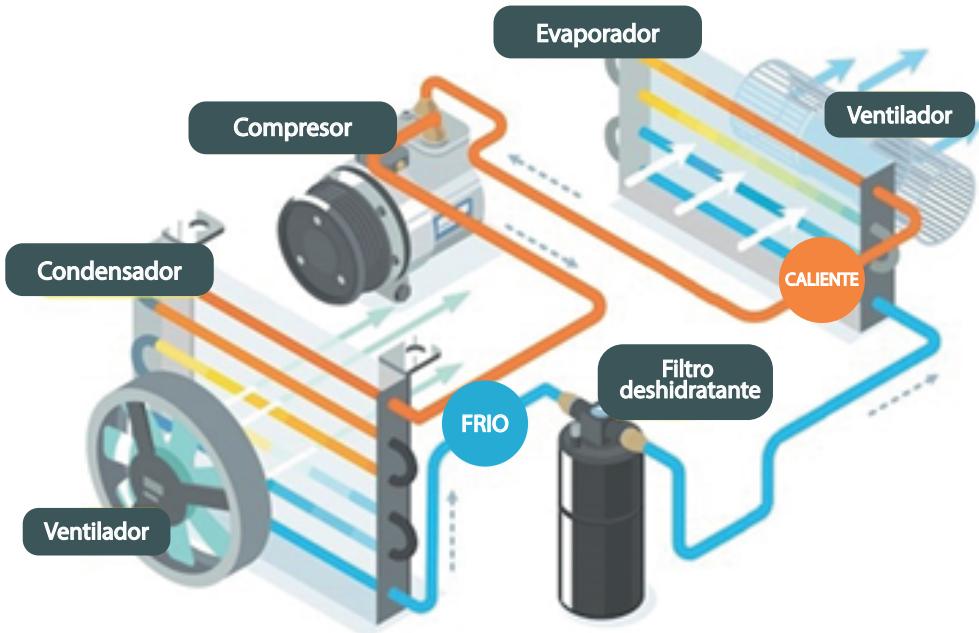
Imagen 64: Enfriadores del sistema de HVAC.



Fuente: Freepik. (s.f.). Aire acondicionado HVAC en techo de edificio industrial. Recuperado de https://www.freepik.es/fotos-premium/aire-acondicionado-hvac-techo-edificio-industrial_32090567.htm)

- **Compresor:** El compresor es un componente fundamental del sistema de aire acondicionado. Este dispositivo toma el refrigerante en forma de gas a baja presión y lo comprime a alta presión y temperatura, enviándolo al condensador.
- **Condensador:** En el condensador, el gas caliente pierde calor al entrar en contacto con el aire exterior. Este proceso convierte el gas en líquido, y es aquí donde el calor extraído del interior del edificio se disipa.
- **Evaporador:** El evaporador se encarga de absorber el calor del aire interior. El refrigerante líquido, a baja presión, fluye a través del evaporador y se convierte nuevamente en gas, absorbiendo calor del aire que circula a su alrededor, enfriándose. Este aire frío es luego distribuido por todo el espacio.

Imagen 65: Elementos de un sistema de aire acondicionado.



Fuente: Insotec Clima. (s.f.). ¿Cómo funciona el aire acondicionado? Recuperado de <https://www.insotec-clima.com/como-funciona-aire-acondicionado/>

Las bombas de calor, que combinan los roles de calefacción y refrigeración en un solo sistema, también emplean estos mismos componentes (compresor, condensador y evaporador) para intercambiar calor de manera eficiente, adaptándose tanto a climas fríos como cálidos.

3. Ventiladores

Los ventiladores son componentes clave en la circulación del aire dentro de un sistema HVAC. Su función principal es mover el aire a través de los conductos de distribución, distribuyendo el aire caliente, frío o fresco por todo el edificio. Los ventiladores también son responsables de mantener la calidad del aire interior al extraer o introducir aire fresco, y controlar la presión en el sistema. Existen varios tipos de ventiladores según su función:

- **Ventiladores de inyección:** Estos ventiladores introducen aire fresco o acondicionado (caliente o frío) en los espacios interiores. Son esenciales para garantizar una distribución uniforme. Ventiladores de inyección del aire, lo que asegura que todas las áreas del edificio mantengan una temperatura constante y agradable.
- **Ventiladores de extracción:** Su función es extraer el aire viciado, caliente o contaminado de los espacios interiores. Son fundamentales para mantener la calidad del aire al eliminar olores, contaminantes y exceso de humedad. Los ventiladores de extracción también se utilizan en sistemas de ventilación mecánica controlada (VMC) para mejorar la circulación del aire sin necesidad de abrir ventanas.

Imagen 66: Ventilador de un ventilador de inyección para el sistema HVAC.



Fuente: Soler & Palau. (s.f.). Sector HVAC: Modelo BDB. Recuperado de <https://www.solerpalau.mx/producto.php?linea=OEM&modelo=Sector+HVAC&submodelo=BDB>

4. Ductos de Distribución

Los ductos de distribución son las vías por las cuales el aire tratado (ya sea caliente, frío o ventilado) se transporta a las distintas áreas de la edificación. Los ductos están diseñados para ser lo más eficientes posible, minimizando las fugas de aire y asegurando que el aire se distribuya uniformemente por todo el espacio. Pueden ser de diferentes materiales, como metal (acero galvanizado o aluminio), plástico o fibra de vidrio, dependiendo del tipo de sistema HVAC y las necesidades específicas del edificio. Existen dos tipos de ductos principales:

- **Ductos de suministro:** Estos ductos transportan el aire caliente o frío hacia los espacios interiores. Están diseñados para distribuir el aire de manera eficiente a todas las habitaciones o zonas del edificio.
- **Ductos de retorno:** Son los encargados de devolver el aire viciado o recalentado al sistema HVAC para su renovación. El correcto diseño de los ductos de retorno es crucial para mantener una presión y flujo de aire equilibrados.

Imagen 67: Ductos de suministro de un sistema de HVAC.



Fuente: GG123. (s.f.). Tipos de ductos para aire acondicionado. Recuperado de <https://gg123.com.mx/es/blog/tipos-de-ductos-para-aire-acondicionado.html>

5. Evaporadores y Condensadores

Los evaporadores y condensadores son componentes críticos en los sistemas de refrigeración, incluidos los sistemas de aire acondicionado y las bombas de calor. Estos dispositivos permiten el intercambio de calor entre el aire interior y el refrigerante, facilitando el enfriamiento o calentamiento del aire:

- **Evaporadores:** Son los componentes donde el refrigerante absorbe el calor del aire interior. El refrigerante, al expandirse, se convierte en gas frío que elimina calor del aire interior, enfriando el espacio.
- **Condensadores:** Los condensadores disipan el calor absorbido por el refrigerante. El gas caliente se enfria y se condensa en líquido, liberando el calor hacia el ambiente exterior.

Imagen 68: Condensadores de aire acondicionado.



Fuente: ESA Copper Group. (s.f.). ¿Cómo funciona el condensador de un aire acondicionado? Recuperado de <https://esa.coppergroupint.com/aire-acondicionado/como-funciona-el-condensador-de-un-aire-acondicionado/>

6. Termostatos y Sensores

Los termostatos y sensores son dispositivos de control esenciales que permiten regular la temperatura, la humedad y, en algunos casos, la calidad del aire dentro de un edificio. Su función principal es mantener un ambiente cómodo y constante, activando o desactivando los componentes del sistema HVAC según sea necesario. Existen varios tipos de termostatos y sensores:

- **Termostatos manuales:** Son los más simples y permiten ajustar la temperatura del aire mediante controles mecánicos o digitales.
- **Termostatos programables:** Estos dispositivos permiten configurar horarios para que el sistema HVAC funcione de manera más eficiente, ajustando la temperatura según las horas del día o la ocupación del edificio.
- **Sensores de humedad y calidad del aire:** Muchos sistemas modernos incorporan sensores que no solo controlan la temperatura, sino que también monitorizan la humedad y la concentración de contaminantes en el aire, como dióxido de carbono (CO_2), polvo o compuestos orgánicos volátiles (COVs). Estos sensores permiten ajustes automáticos para garantizar un ambiente saludable.

Imagen 69: Sensores y termostatos.



Fuente: Honeywell Building. (s.f.). Sensores Honeywell. Recuperado de <https://honeywellbuilding.com/sensores-honeywell/>

4. Tipos de Sistemas HVAC

Existen diferentes tipos de sistemas HVAC, cada uno diseñado para diferentes necesidades y características de la edificación. Los sistemas pueden clasificarse según su tipo de distribución, la fuente de energía utilizada o el proceso de enfriamiento o calefacción empleado.

Sistemas Centralizados

Son sistemas grandes que sirven a todo el edificio. Un solo equipo centralizado genera y distribuye aire frío o caliente a través de ductos hacia los diferentes espacios del edificio.

- **Ventajas:** Eficiencia en edificios grandes, mayor control centralizado, opción de integración con sistemas de control inteligente.
- **Desventajas:** Mayor costo inicial y de mantenimiento, dificultad para ajustar las temperaturas en diferentes áreas del edificio.

Imagen 70: Ductos de suministro de un sistema HVAC.



Fuente: TS Clima. (s.f.). Sistemas de climatización centralizados: ¿Qué son y cómo funcionan? Recuperado de <https://tsclima.com/sistemas-de-climatizacion-centralizados-que-son-y-como-funcionan>

Sistemas Descentralizados

Cada unidad de climatización es independiente y sirve a una habitación o área específica del edificio. Un ejemplo común son los sistemas split de aire acondicionado.

- **Ventajas:** Menor costo inicial, flexibilidad, facilidad para controlar zonas específicas.
- **Desventajas:** Menor eficiencia en edificios grandes, más espacio ocupado por unidades individuales.

Imagen 71: Condensadores de un sistema de HVAC.



Fuente: Tier4. (s.f.). ¿Qué es un sistema VRF y sus beneficios? Recuperado de <https://www.tier4.com.mx/que-es-un-sistema-vrf-y-sus-beneficios/>

Sistemas de Extracción y Suministro de Aire (Ventilación)

Estos sistemas no necesariamente incluyen calefacción ni refrigeración, pero juegan un papel esencial en la renovación del aire y en la mejora de la calidad del ambiente interior.

- **Ventilación natural:** Depende de la diferencia de temperatura y presión entre el interior y el exterior para mover el aire a través del edificio.
- **Ventilación mecánica:** Utiliza ventiladores y extractores para forzar la circulación del aire. Este tipo de sistemas puede ser más eficiente, especialmente en edificios cerrados.

Imagen 72: Extractores de aire atmosféricos.



Fuente: MS Ingeniería. (s.f.). Sistemas de ventilación industriales. Recuperado de <https://www.ms-ingineria.com.mx/sistemas-hvac/sistemas-de-ventilacion-industriales/>

Sistemas de Control de Temperatura de Zonas (Zoning Systems)

Los sistemas de zonificación permiten controlar la temperatura de diferentes áreas de una edificación de manera independiente. Esto se logra mediante termostatos y dampers (compuertas) que ajustan el flujo de aire en función de la demanda en cada zona.

Imagen 73: Ejemplo de un sistema de control de temperatura de zonas.



Fuente: Interempresas. (s.f.). El control de zonas en climatización permite ahorrar hasta un 64 % en el consumo de los hogares españoles. Recuperado de <https://www.interempresas.net/Climatizacion/Articulos/393195-control-zonas-climatizacion-permite-ahorro-hasta-64-por-ciento-consumo-hogares-espanoles.html>

Desafíos en el Diseño e Implementación de Sistemas HVAC

Aunque los sistemas HVAC son esenciales, también presentan algunos desafíos durante su diseño, implementación y operación. Algunos de los problemas comunes incluyen:

- **Eficiencia energética:** Los sistemas HVAC a menudo representan una parte significativa del consumo de energía en los edificios. Es crucial diseñarlos para maximizar la eficiencia energética y minimizar el impacto ambiental.
- **Costos de instalación y mantenimiento:** Los sistemas HVAC pueden ser costosos tanto en términos de instalación como de mantenimiento, especialmente si no se eligen adecuadamente según las necesidades del edificio.
- **Control de humedad:** En algunas regiones, la humedad excesiva o insuficiente puede representar un desafío adicional para mantener un ambiente saludable y confortable.

- **Integración con otros sistemas del edificio:** El diseño del sistema HVAC debe tener en cuenta la integración con otros sistemas electromecánicos, como la iluminación, la automatización y la seguridad.

Imagen 74: Condensadores de un sistema de HVAC.



Fuente: PlanRadar. (s.f.). HVAC design principles. Recuperado de <https://www.planradar.com/hvac-design-principles/>)

Importancia del HVAC: Mejora de la calidad del aire y confort de los ocupantes (Estación ferroviaria).

En entornos como las estaciones ferroviarias, donde se concentran grandes cantidades de personas hasta en espacios cerrados, la correcta implementación de un sistema HVAC cobra aún más relevancia. La estación debe ofrecer un ambiente cómodo, sin que las condiciones externas (como el frío o el calor extremo) afecten la experiencia del usuario, mientras que, al mismo tiempo, se debe asegurar una circulación adecuada de aire para evitar la acumulación de contaminantes. Este curso explora cómo los sistemas de climatización HVAC son vitales para el funcionamiento eficiente de las estaciones ferroviarias y edificaciones, cómo contribuyen a la mejora de la calidad del aire y el confort de los ocupantes en este tipo de infraestructuras.

Imagen 75: Sistema de HVAC industrial.



Fuente: AirGreen. (s.f.). Existe-t-il des systèmes de CVC commerciaux spécifiques pour différentes industries? Recuperado de <https://airgreen.ca/en/blogs/climatisation-ventilation-chauffage-commercial/existe-t-il-des-systemes-de-cvc-commerciaux-specifiques-pour-differentes-industries>

Importancia del HVAC en la Calidad del Aire Interior (IAQ)

La calidad del aire interior (IAQ, por sus siglas en inglés) es un factor crítico en edificaciones con alta afluencia de personas, como las estaciones ferroviarias. Una mala calidad del aire puede llevar a una serie de problemas de salud, como dolores de cabeza, fatiga, o incluso enfermedades respiratorias. Los sistemas HVAC juegan un papel esencial en la mejora de la IAQ al realizar las siguientes funciones:

- **Filtración del Aire:** Los sistemas HVAC modernos cuentan con filtros diseñados para capturar partículas suspendidas en el aire, como polvo, polen, bacterias, esporas de moho y otros alérgenos. En estaciones ferroviarias, donde la concentración de personas es alta, esto ayuda a mantener un aire limpio y saludable.
- **Eliminación de CO₂ y Otros contaminantes:** En estaciones con un alto volumen de pasajeros, el dióxido de carbono (CO₂) se acumula rápidamente. Los sistemas HVAC aseguran que el aire interior se renueve constantemente, eliminando el CO₂ y otros gases nocivos generados por la respiración de las personas y las actividades diarias.

- **Control de Humedad:** Un ambiente con niveles de humedad demasiado altos puede favorecer la proliferación de moho y hongos, lo que puede afectar la salud de los ocupantes y dañar la infraestructura del edificio. El sistema HVAC también regula la humedad relativa, evitando estos problemas y manteniendo el aire en niveles adecuados.

Imagen 76: Mantenimiento a condensadores de HVAC.



Fuente: Kwoge. (s.f.). Confort sin problemas: La importancia del mantenimiento. Recuperado de https://es.linkedin.com/pulse/confort-sin-problemas-la-importancia-del-mantenimiento-kwoge?trk=public_post

Confort Térmico: Mejora del Bienestar de los Ocupantes

El confort térmico es otro factor fundamental para garantizar que los ocupantes de una estación ferroviaria se sientan cómodos durante su estancia. Las fluctuaciones de temperatura pueden afectar tanto a los pasajeros como a los empleados. Un sistema HVAC bien diseñado asegura un ambiente agradable, controlando los siguientes aspectos:

- **Control de Temperatura:** En estaciones ferroviarias ubicadas en regiones con climas extremos, el sistema HVAC mantiene la temperatura interna dentro de un rango cómodo durante todo el año. Esto es fundamental para áreas de espera, plataformas cubiertas, y oficinas administrativas, evitando que el calor o el frío exterior afecten la comodidad de los ocupantes.
- **Distribución del Aire:** Un sistema HVAC eficiente distribuye el aire de manera uniforme en todo el espacio, eliminando puntos calientes o fríos. Esto es especialmente importante en estaciones grandes o de alto tráfico, donde el volumen de personas puede generar variaciones térmicas que afecten el confort.

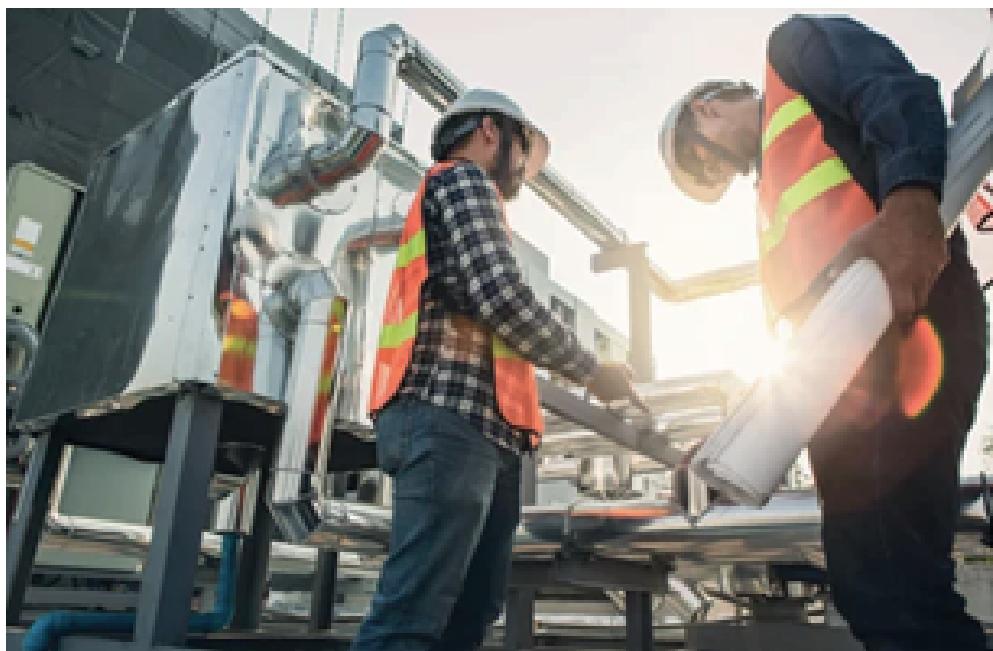
- **Reducción de Condiciones Extremas:** Las estaciones ferroviarias a menudo operan las 24 horas del día, lo que implica una exposición constante a variaciones climáticas extremas. El sistema HVAC ayuda a mitigar el impacto de estas condiciones, asegurando que los ocupantes estén cómodos independientemente de las estaciones del año.

Tabla 3: Impacto del Sistema HVAC en una estación ferroviaria.

Factor HVAC	Descripción	Impacto en la Estación Ferroviaria
Control de Temperatura	Regula la temperatura interna en función del clima exterior	Asegura un ambiente confortable para los pasajeros y el personal en cualquier época del año.
Ventilación y Renovación de Aire	Introduce aire fresco y elimina el aire viciado.	Mejora la calidad del aire, reduciendo el riesgo de acumulación de contaminantes y CO2.
Filtración del Aire	Uso de filtros para eliminar partículas suspendidas (polvo, polen, bacterias).	Mejora la salud respiratoria de los ocupantes al reducir alérgenos y contaminantes en el aire.
Control de Humedad	Mantiene los niveles de humedad adecuados.	Previene la proliferación de moho y hongos, lo que contribuye a un ambiente más saludable.
Distribución del Aire	Garantiza una circulación uniforme del aire.	Evita puntos calientes o fríos, mejorando el confort térmico en toda la estación.
Eficiencia Energética	Uso de tecnologías que optimizan el consumo de energía.	Reduce el costo energético de la estación y minimiza el impacto ambiental.
Sostenibilidad	Uso de energías renovables y recuperación de energía.	Aumenta la eficiencia operativa y reduce la huella de carbono de la estación ferroviaria.

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 77: Planeación de trabajos para mantenimiento.



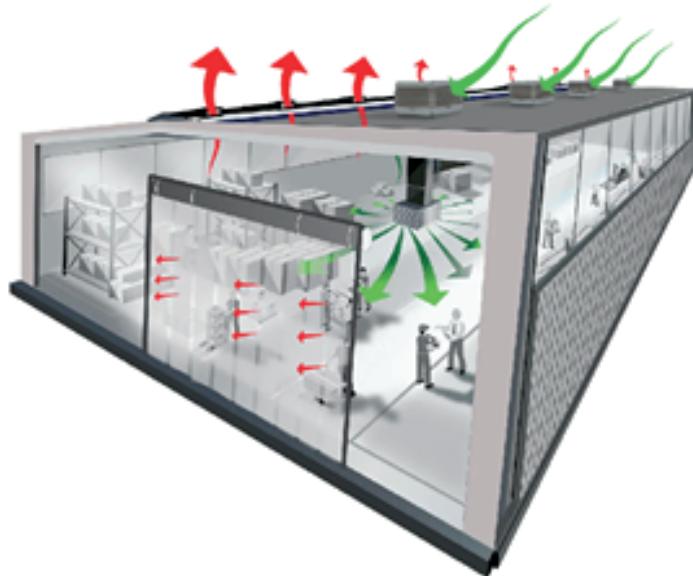
Fuente: Sissa Infraestructura. (s.f.). Sistemas de HVAC: Funcionamiento y beneficios. Recuperado de <https://es.linkedin.com/pulse/sistemas-de-hvac-funcionamiento-y-beneficios-sissa-infraestructura-flnx>

Ventilación: Garantizando un Aire Saludable y Fresco

La ventilación adecuada es esencial en espacios con alta concentración de personas, como las estaciones ferroviarias. Sin una ventilación eficiente, el aire interior puede volverse viciado y cargado de contaminantes. El sistema HVAC se encarga de asegurar que el aire en el interior de la estación se mantenga fresco y saludable mediante:

- **Renovación del Aire:** El sistema HVAC asegura que el aire viciado sea reemplazado por aire fresco desde el exterior, manteniendo niveles seguros de dióxido de carbono (CO₂) y otros contaminantes. Esto es particularmente importante en estaciones ferroviarias con largas horas de operación y grandes multitudes.
- **Control de Olores:** Las estaciones ferroviarias pueden generar olores debido a la gran cantidad de personas, el transporte y otros factores. Los sistemas de ventilación ayudan a disipar estos olores, asegurando un ambiente más agradable para los ocupantes.
- **Prevención de la Contaminación Cruzada:** En estaciones grandes, el sistema HVAC ayuda a prevenir la propagación de contaminantes de una zona a otra. Esto es esencial para mantener un ambiente saludable y seguro, especialmente en áreas de alto tráfico.

Imagen 78: Diagrama del movimiento del aire por el sistema de HVAC.



Fuente: Seeley International. (s.f.). Ventilation system Europe. Recuperado de <https://www.seeleyinternational.com/es/eu-commercial/ventilation-system-europe/>

Eficiencia Energética y Sostenibilidad en Estaciones Ferroviarias

Además de mejorar el confort y la calidad del aire, los sistemas HVAC deben ser diseñados para ser energéticamente eficientes y respetuosos con el medio ambiente. Las estaciones ferroviarias, como grandes infraestructuras, consumen grandes cantidades de energía, por lo que la eficiencia energética es clave para reducir costos y minimizar el impacto ambiental. Algunas de las estrategias más relevantes incluyen:

- **Automatización y Control Inteligente:** Los sistemas HVAC modernos están equipados con tecnologías inteligentes que ajustan automáticamente la calefacción, refrigeración y ventilación en función de la ocupación de los espacios y las condiciones climáticas externas. Esto reduce el consumo de energía innecesario.
- **Energía Renovable:** Algunas estaciones ferroviarias implementan sistemas de energía renovable, como paneles solares o bombas de calor geotérmicas, para alimentar parcialmente sus sistemas HVAC, lo que reduce la dependencia de fuentes de energía no renovables.
- **Recuperación de Energía:** Los sistemas HVAC avanzados pueden incorporar tecnologías de recuperación de energía, que permiten aprovechar el calor residual para preacondicionar el aire que ingresa, lo que mejora la eficiencia energética del sistema.

Imagen 79: Representación de la eficiencia energética.



Fuente: Construible. (s.f.). Ahorro energético. Recuperado de <https://www.construible.es/ahorro-energetico>

El sistema HVAC desempeña un papel fundamental en la mejora del confort y la calidad del aire en las estaciones ferroviarias, que son entornos complejos y de alta afluencia. No solo regula la temperatura y la humedad, sino que asegura una ventilación adecuada, eliminando contaminantes y creando un ambiente saludable para los ocupantes. Además, al incorporar tecnologías de eficiencia energética y sostenibilidad, los sistemas HVAC también contribuyen a reducir el impacto ambiental de las estaciones ferroviarias.

En resumen, un sistema HVAC bien diseñado es esencial no solo para el bienestar de los pasajeros y empleados, sino también para garantizar el funcionamiento eficiente de la estación ferroviaria, creando un entorno seguro, confortable y saludable para todos.