

I Congreso Internacional de Ingeniería de Climatización, Ventilación, Refrigeración y Sostenibilidad



3, 4 y 5 de Setiembre de 2025

Inteligencia Artificial Aplicada a la Eficiencia Energética en HVAC

Un Enfoque Inteligente para la
Gestión Energética en HVAC



Inteligencia Artificial Aplicada a la Eficiencia Energética en HVAC

Presentado por: José Carlos Caparó Jarufe

Gerente – JC SOLUCIONES TECNICAS SAC.

Perito adscrito al Centro de Peritaje CD LIMA CIP

Ingeniero mecánico, Reg. CIP. 60116, miembro de ASHRAE, con estudios de culminados de maestría en Gerencia de Proyectos de Ingeniería, Gerencia de Mantenimiento,. Climatización con eficiencia energética. Diplomado en Salas Blancas, PMI. Experiencia profesional de 30 años en el sector HVAC.-R

Contacto:

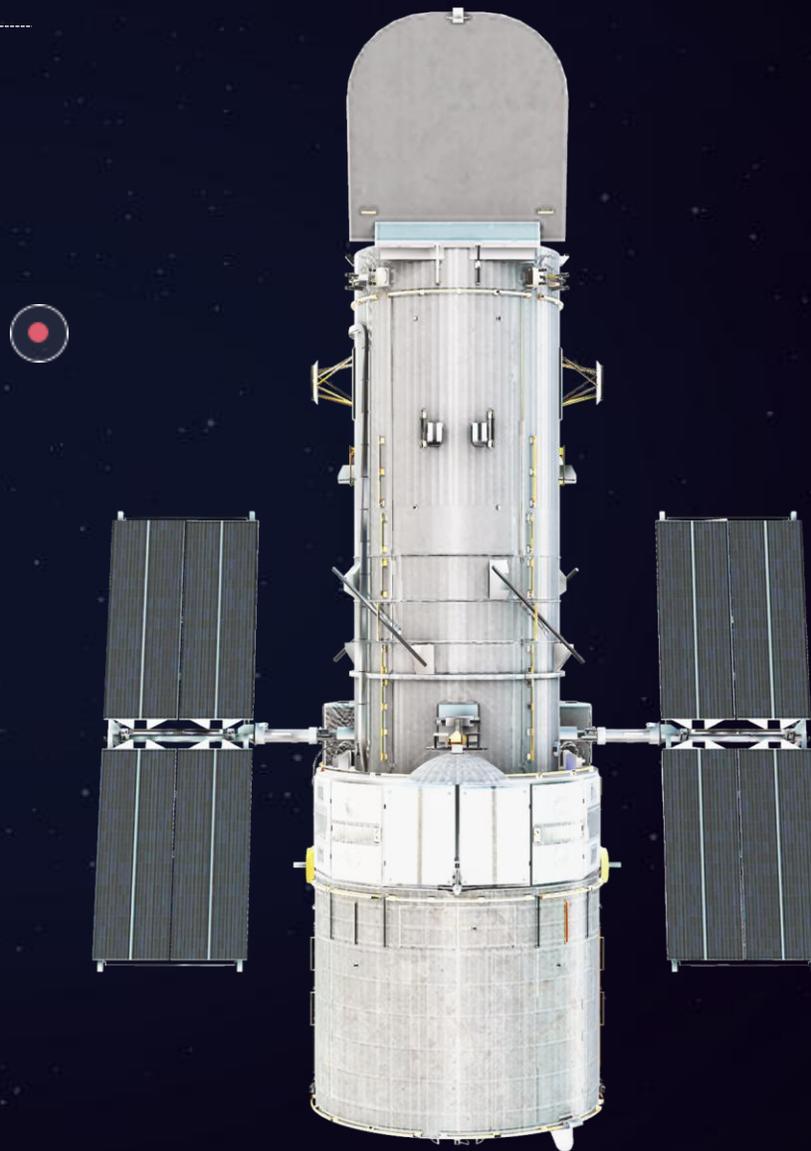
e-mail:

caparo.ingeniería@gmail.com / jose.caparoj@ciplima.org.pe / jcaparoj@uni.pe



HVAC: ¿Que es y para que sirve?

- HVAC es el acrónimo de Heating, Ventilation, and Air Conditioning (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado).
- Estos sistemas son esenciales para mantener la calidad del aire y el confort térmico en edificios residenciales, comerciales e industriales.



Importancia de la eficiencia energética en HVAC

- Ahorro de costos: Los sistemas HVAC son responsables de una gran parte del consumo energético en edificios. Mejorar la eficiencia energética puede reducir significativamente las facturas de energía.
- Sostenibilidad ambiental: La reducción del consumo de energía también disminuye la huella de carbono, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático.
- Confort y salud: Sistemas HVAC eficientes aseguran un ambiente interior cómodo y saludable, mejorando la calidad del aire y regulando la temperatura y humedad.



Definición de IA

- La inteligencia artificial (IA) es la capacidad de un sistema informático para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana. Esto incluye habilidades como el razonamiento, el aprendizaje, la percepción y la toma de decisiones.

Componentes Principales de la IA

- Algoritmos: Los algoritmos son conjuntos de instrucciones que guían al sistema en la realización de tareas específicas.
Ejemplo: Algoritmos de aprendizaje automático (machine learning) que permiten a los sistemas mejorar su rendimiento a través de la experiencia.
- Datos: La IA necesita grandes cantidades de datos para aprender y tomar decisiones precisas.
Ejemplo: Datos de sensores en un sistema HVAC que recopilan información sobre temperatura, humedad y flujo de aire.
- Poder de Procesamiento: Los sistemas de IA requieren potentes capacidades de procesamiento para manejar grandes volúmenes de datos y ejecutar algoritmos complejos.
Ejemplo: Uso de GPU (unidades de procesamiento gráfico) para acelerar los cálculos en tiempo real.



Definición de IA

Aplicaciones Generales de IA:

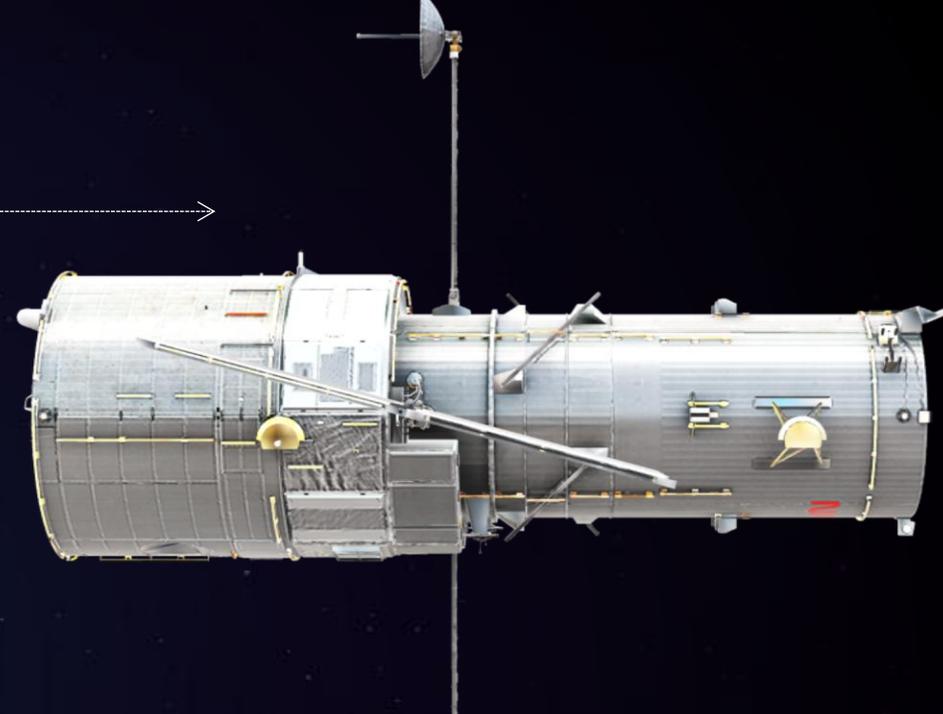
- Reconocimiento de Voz: Sistemas que convierten el habla en texto y comprenden comandos verbales.
Ejemplo: Asistentes virtuales como Siri y Alexa.
- Visión por Computadora: Técnicas que permiten a los sistemas interpretar y comprender imágenes y videos.
Ejemplo: Sistemas de seguridad que detectan intrusos.
- Aprendizaje Automático: Método que permite a las máquinas aprender de los datos y mejorar su rendimiento con el tiempo.
Ejemplo: Recomendaciones de productos en sitios de comercio electrónico.



IA en HVAC

1. Introducción a la IA en Sistemas HVAC:

La inteligencia artificial ha revolucionado muchos sectores y el HVAC no es una excepción. La integración de IA en sistemas HVAC permite una supervisión, control y optimización más precisos.





Hace mucho tiempo

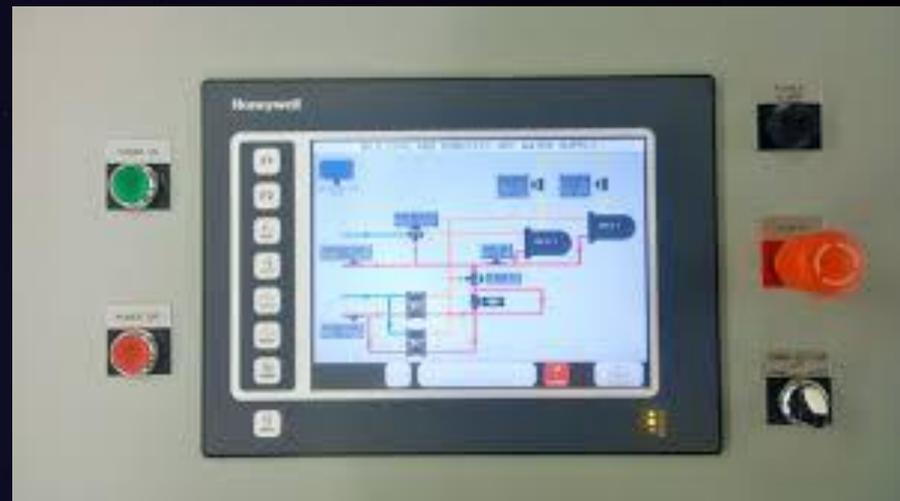
Hace 30 años



IA en HVAC

Hace 20 años

Hoy



2. Beneficios de la IA en HVAC:

- Eficiencia Energética: La IA optimiza el consumo de energía ajustando automáticamente la operación del sistema en función de la demanda real y las condiciones ambientales.}

Ejemplo: Un sistema HVAC que ajusta la temperatura y el flujo de aire en tiempo real según la ocupación de un edificio.

- Reducción de Costos: Con un uso más eficiente de la energía, las facturas de electricidad pueden reducirse significativamente.

Ejemplo: Empresas que ahorran miles de dólares al año en costos de energía gracias a la optimización con IA.

- Mejora del Confort: Los sistemas inteligentes pueden mantener un nivel de confort óptimo ajustando la temperatura y la humedad de forma dinámica.

Ejemplo: Oficinas donde la temperatura se ajusta automáticamente para mantener el confort de los empleados durante todo el día.

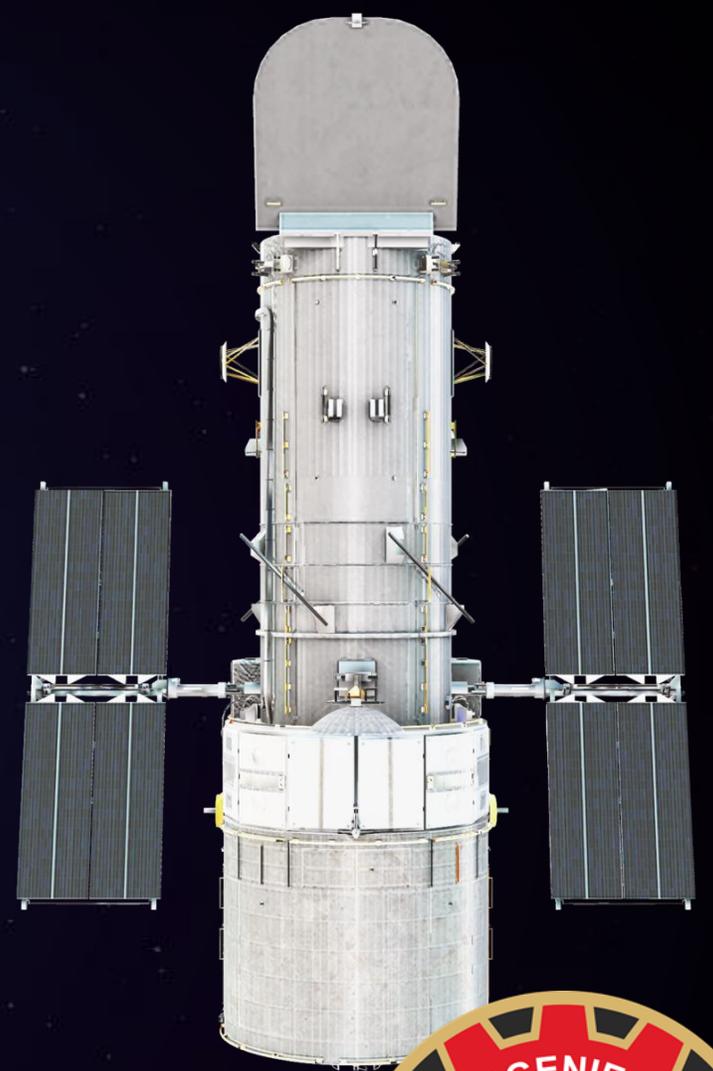


3. Mantenimiento Predictivo: La IA puede predecir fallos en los equipos antes de que ocurran, permitiendo el mantenimiento preventivo y reduciendo el tiempo de inactividad.

Ejemplo: Sensores que monitorean el rendimiento de los componentes HVAC y alertan al personal de mantenimiento antes de que ocurra una avería.

4. Implementaciones Comunes:

- Sistemas de gestión de energía basados en IA.
- Termostatos inteligentes que aprenden de las preferencias del usuario.
- Sensores avanzados que monitorean y ajustan las condiciones del aire.





1. Ajustes Automáticos: La inteligencia artificial permite realizar ajustes automáticos en tiempo real en los sistemas HVAC para maximizar la eficiencia energética.

Ejemplo: Ajuste automático de la temperatura y el flujo de aire basado en la ocupación de un edificio y las condiciones climáticas exteriores.

Gráfico: Un diagrama que muestra cómo la IA recopila datos de sensores y ajusta los sistemas HVAC en consecuencia.



Ejemplos Visuales

Gráfico 1: Ajustes Automáticos

Copiar

Sensores de Temperatura	---	Algoritmo de IA	---	Ajuste de Temperatura en HVAC
Sensores de Humedad	---	Algoritmo de IA	---	Ajuste de Flujo de Aire en HVAC
Sensores de Ocupación del Sistema	---	Algoritmo de IA	---	Modulación de Operación del Sistema



:Optimización Energética

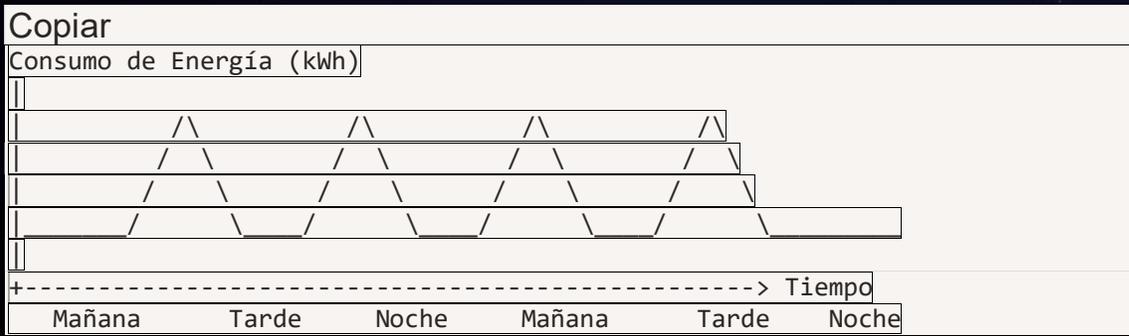
2. Predicción de Demanda: Utilizando algoritmos de aprendizaje automático, la IA puede predecir las necesidades futuras de calefacción y refrigeración.

Ejemplo: Un sistema HVAC que predice un aumento en la demanda de refrigeración durante la tarde debido a la previsión de altas temperaturas y ajusta el sistema con antelación.

Gráfico: Un gráfico que muestra la demanda de energía a lo largo del tiempo y cómo la IA ajusta el sistema para satisfacer esta demanda de manera eficiente .



Gráfico 2: Predicción de Demanda



:Optimización Energética

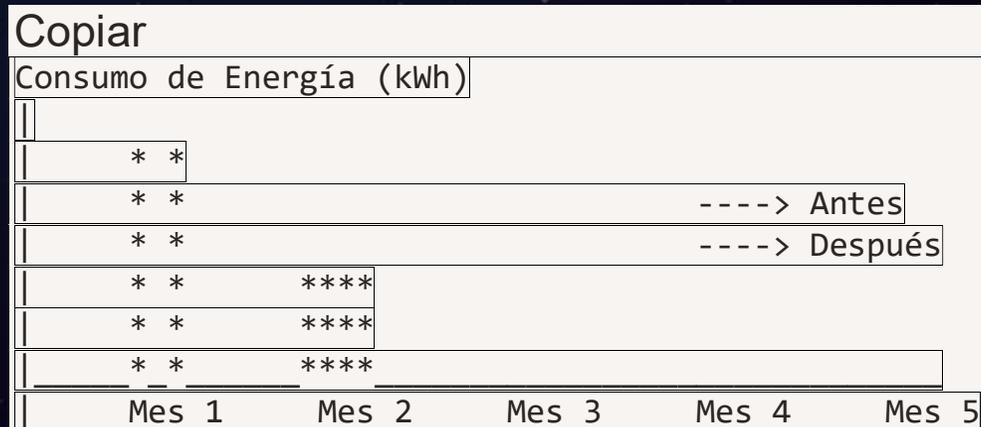
3. Ejemplo Práctico: Descripción de un caso donde la IA ha optimizado un sistema HVAC en un edificio comercial, resultando en una reducción significativa del consumo de energía.

Detalle: Antes de la implementación de IA, el sistema HVAC operaba a plena capacidad durante todo el día. Después de la implementación de IA, el sistema ajusta dinámicamente su operación, resultando en un ahorro del 20% en costos de energía.

Gráfico: Comparación del consumo de energía antes y después de la implementación de IA.



Gráfico 3: Ejemplo Práctico



Casos de Uso de IA en HVAC

1. Optimización energética mediante IA en sistemas de climatización:

Descripción: Un software de IA autónomo y autoadaptativo diseñado para optimizar el consumo de energía y reducir las emisiones de carbono en edificios.

Resultados: Ahorro significativo en el consumo de energía y reducción de emisiones. (Fuente: EE-IP ee-ip.org)

2. Casos de uso de la IA en Facility Management:

Descripción: Uso de chatbots y algoritmos de aprendizaje automático para resolver problemas comunes en sistemas HVAC, proporcionando soluciones paso a paso a los técnicos.

Resultados: Mejora en la eficiencia operativa y reducción de tiempos de inactividad (Fuente: [CBRE Spain]

<https://www.cbre.es/insights/books/inteligencia-artificial-en-real-estate/casos-de-uso-de-la-ia-en-facility-management>)

3. TESIUAQ: Optimización de la operación de un sistema HVAC:

Descripción: Proyecto de investigación que utiliza estrategias de IA para optimizar la operación de sistemas HVAC y lograr ahorro energético. Resultados: Reducción del consumo de energía y mejora en la eficiencia del sistema

Fuente: TESIUAQ ri-ng.uaq.mx



Tecnologías Utilizadas en IA para HVAC

1. **Sensores y Actuadores:** Los sensores y actuadores son componentes críticos en los sistemas HVAC que permiten la recopilación de datos en tiempo real y el control preciso de los equipos.

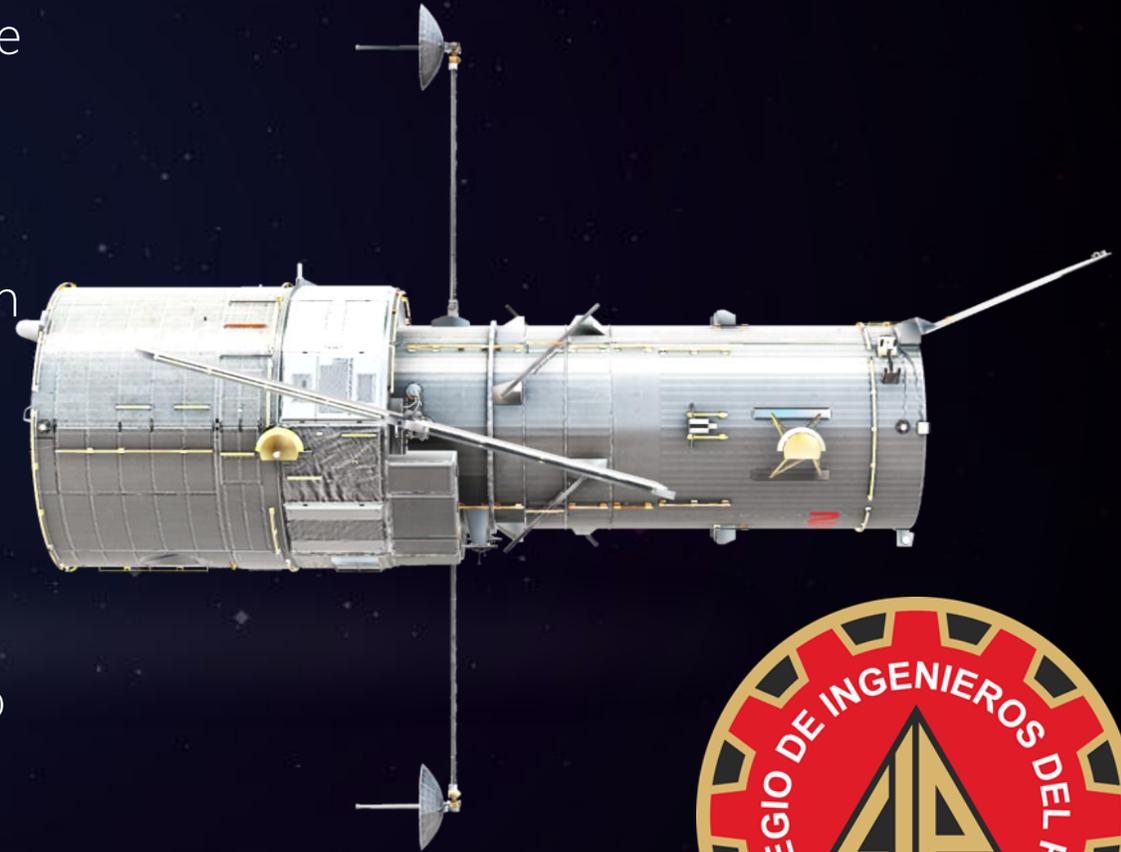
Tipos de Sensores:

Sensores de Temperatura: Miden la temperatura del aire en diferentes zonas del edificio.

Sensores de Humedad: Detectan el nivel de humedad relativa en el aire.

Sensores de Ocupación: Determinan la presencia de personas en una habitación para ajustar el funcionamiento del sistema HVAC.

Sensores de Calidad del Aire: Miden los niveles de contaminantes y CO2 para mantener un ambiente saludable.

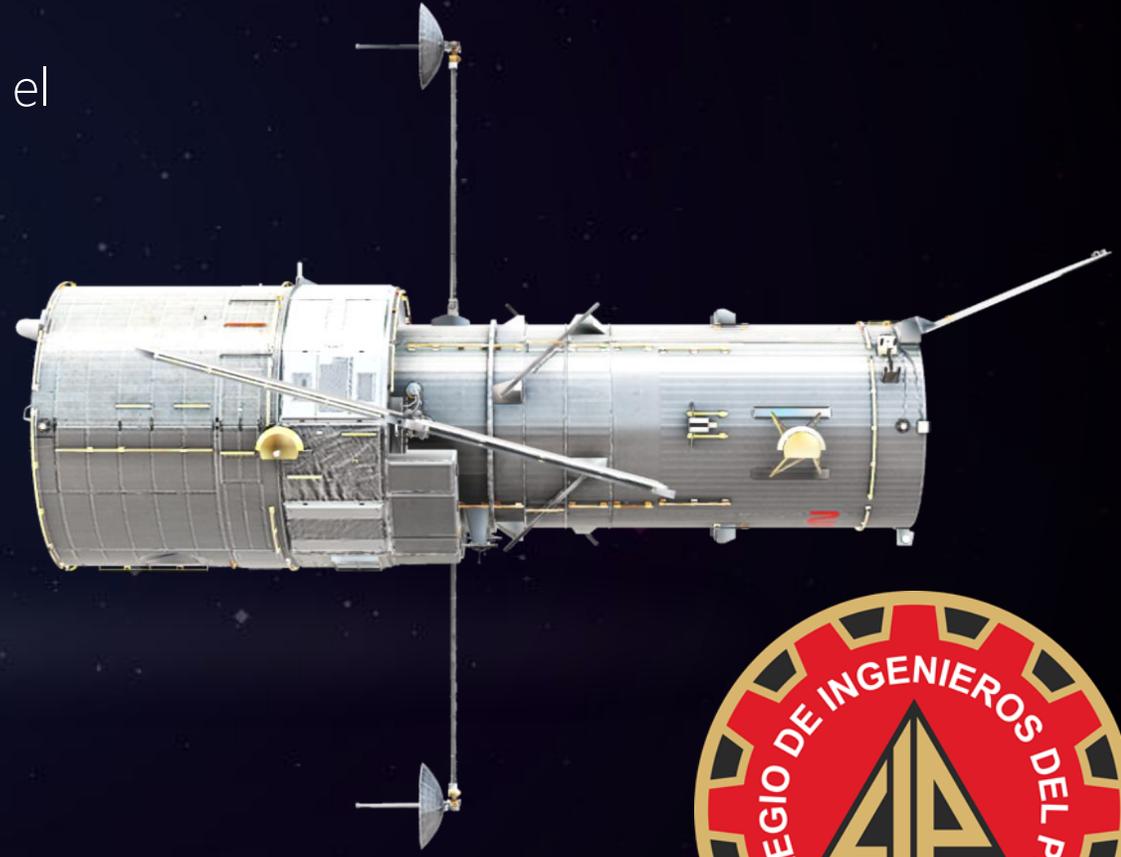


Tecnologías Utilizadas en IA para HVAC

Actuadores:

Válvulas y Compresores: Ajustan el flujo de refrigerante en el sistema.

Válvulas de Control de Aire: Regulan el flujo de aire en conductos y ventiladores.



Tecnologías Utilizadas en IA para HVAC

2. Algoritmos de Aprendizaje Automático (Machine Learning): Los algoritmos de aprendizaje automático analizan grandes volúmenes de datos para identificar patrones y hacer predicciones precisas.

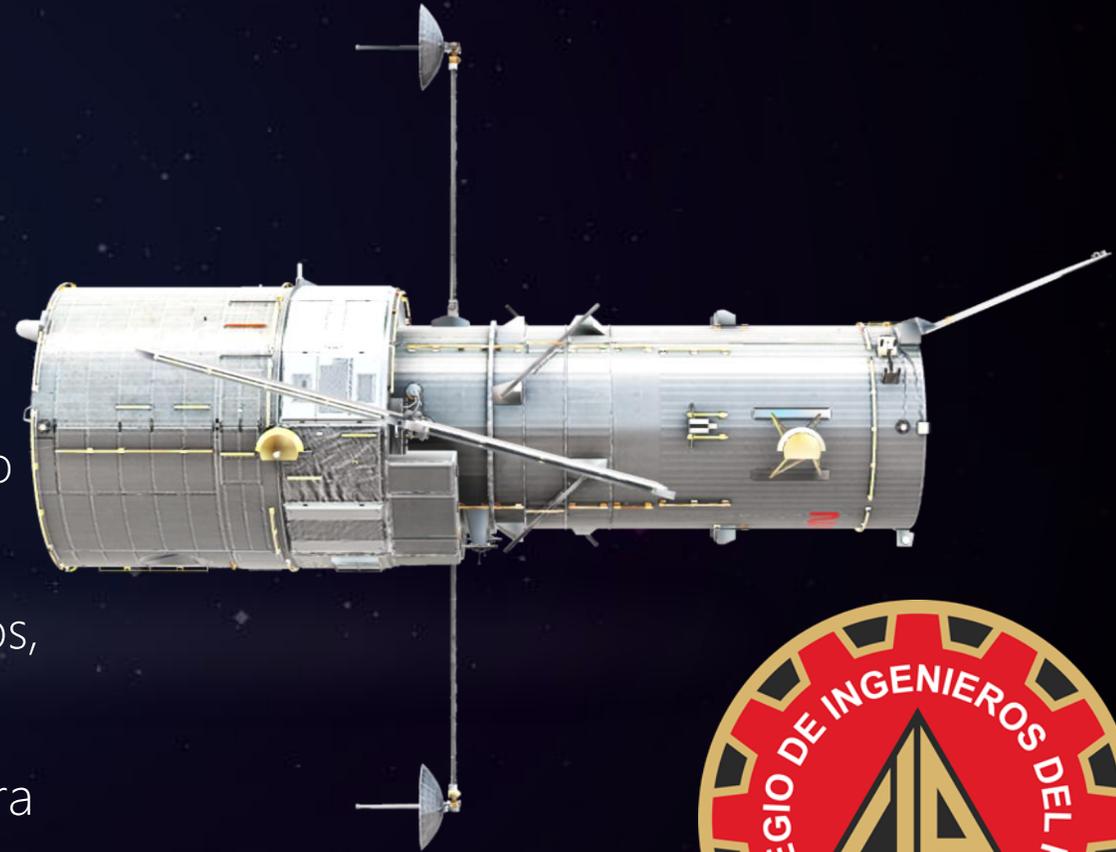
Tipos de Algoritmos:

Redes Neuronales: Modelan relaciones complejas entre variables para hacer predicciones precisas.

Algoritmos de Regresión: Predicen valores continuos como la demanda de energía.

Algoritmos de Clasificación: Identifican categorías o estados, como niveles de ocupación.

Sistemas de Recomendación: Sugieren ajustes óptimos para el sistema HVAC basados en datos históricos y en tiempo real



Tecnologías Utilizadas en IA para HVAC

3. Plataformas de Gestión de Energía: Las plataformas de gestión de energía integran todos los componentes del sistema HVAC y permiten el control centralizado y la optimización de la energía.

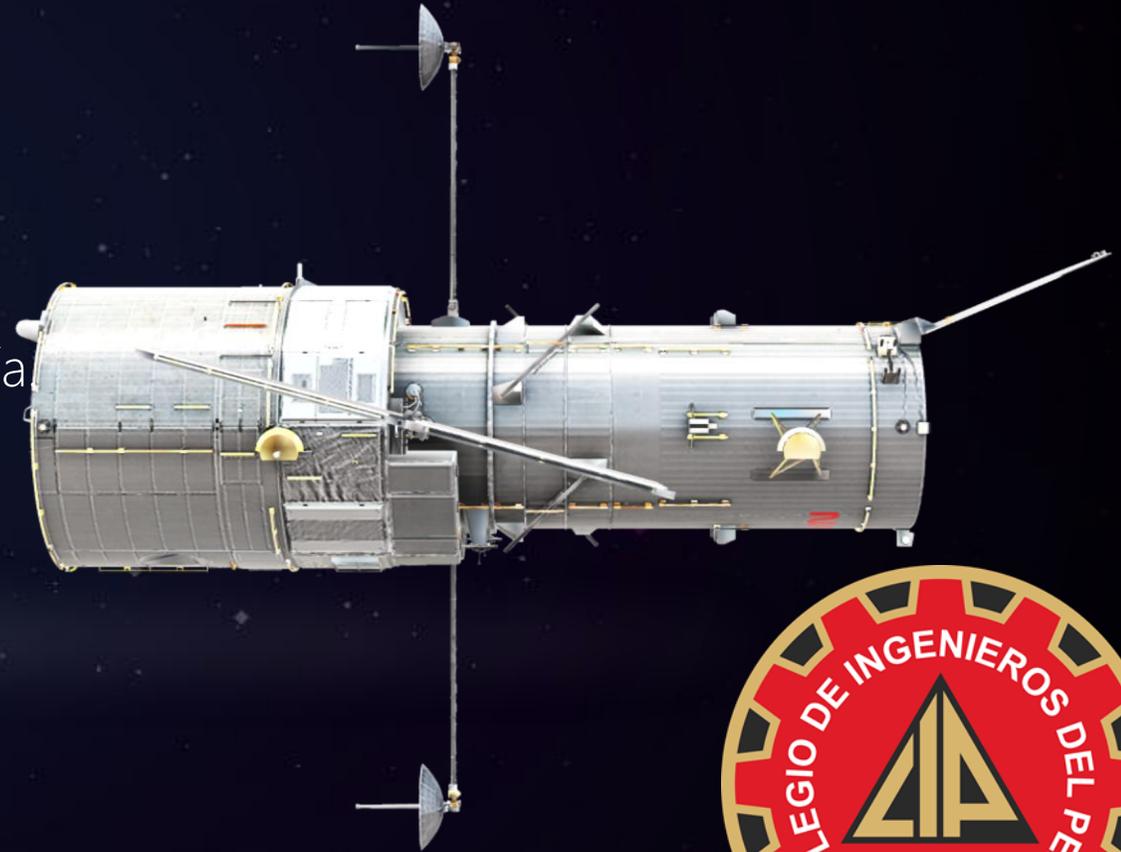
Características:

Monitoreo en Tiempo Real: Proporciona visibilidad instantánea del estado del sistema y el consumo de energía.

Control Automatizado: Ajusta automáticamente los parámetros del sistema para optimizar la eficiencia energética.

Análisis Predictivo: Utiliza datos históricos y actuales para predecir la demanda de energía y planificar acciones.

Informes y Visualizaciones: Genera informes detallados y visualizaciones gráficas del rendimiento y ahorro de energía.



Implementación Práctica de IA en Sistemas HVAC

1. Pasos para Implementar IA en HVAC:

a. Evaluación del Sistema Actual:

- Realizar una auditoría detallada del sistema HVAC existente para identificar áreas de mejora.
- Recopilar datos históricos de funcionamiento, consumo energético y mantenimiento.

b. Instalación de Sensores:

- Instalar sensores para medir temperatura, humedad, ocupación y calidad del aire.
- Asegurar de que los sensores estén colocados en ubicaciones estratégicas para obtener datos precisos.



Implementación Práctica de IA en Sistemas HVAC

c. Configuración de la Plataforma de IA:

- *Implementa una plataforma de gestión de energía que utilice algoritmos de IA.*
- *Configura la plataforma para recibir y procesar datos en tiempo real.*

d. Monitoreo y Ajuste Continuo:

- *Monitorea el rendimiento del sistema HVAC en tiempo real.*
- *Realiza ajustes basados en las recomendaciones y predicciones de la IA.*
- *Implementa un ciclo de mejora continua para optimizar el rendimiento.*



Implementación Práctica de IA en Sistemas HVAC

2. Retos y Consideraciones:

Integración con Sistemas Existentes:

- *Adaptar la nueva tecnología a los sistemas HVAC ya instalados puede ser un desafío.*
- *Es crucial realizar una integración sin interrupciones para minimizar el tiempo de inactividad.*

Costo Inicial de Implementación:

- *La inversión inicial puede ser significativa debido a los costos de hardware, software y configuración.*
- *Sin embargo, los ahorros a largo plazo en costos de energía pueden justificar la inversión.*

Capacitación del Personal:

- *El personal de mantenimiento y operación necesitará capacitación para manejar y optimizar el sistema de IA.*
- *Proporciona programas de formación continua para garantizar el uso efectivo de la tecnología.*



Implementación Práctica de IA en Sistemas HVAC

3. Ejemplo Práctico:

Un ejemplo de un proyecto exitoso de implementación de IA en un sistema HVAC es el de Energy Design Systems¹

Resumen del proyecto:

Antes de la Implementación:

Consumo de energía alto y fluctuante: El sistema HVAC no era eficiente, lo que resultaba en un consumo de energía elevado y fluctuante.

Problemas recurrentes de mantenimiento: El sistema requería mantenimiento frecuente debido a fallos inesperados y problemas técnicos.

www.eds.tech.



Implementación Práctica de IA en Sistemas HVAC

3. Ejemplo Práctico:

Después de la Implementación:

Reducción del consumo de energía en un 25%: La implementación de IA permitió optimizar el uso de energía, reduciendo el consumo en un 25%.

Mantenimiento predictivo: La IA analiza datos en tiempo real para predecir fallos antes de que ocurran, lo que reduce los tiempos de inactividad y evita problemas recurrentes.



:Beneficios y Desafíos de Implementar IA en Sistemas HVAC

1. Beneficios de Usar IA en HVAC:

- **Mayor Eficiencia Energética:** La IA permite optimizar continuamente el rendimiento de los sistemas HVAC, ajustando automáticamente los parámetros para maximizar la eficiencia energética.

Ejemplo: Un edificio de oficinas que reduce su consumo de energía en un 30% tras implementar un sistema de IA.

- **Ahorro en Costos Operativos:** La reducción en el consumo de energía y el mantenimiento predictivo disminuyen los costos operativos a largo plazo.

Ejemplo: Un centro comercial que ahorra miles de dólares al año en facturas de electricidad y costos de mantenimiento.



:Beneficios y Desafíos de Implementar IA en Sistemas HVAC

1. Beneficios de Usar IA en HVAC:

- **Mejora del Confort y la Salud:** Sistemas HVAC inteligentes aseguran un ambiente interior confortable y saludable, ajustando la temperatura y la humedad y mejorando la calidad del aire.

Ejemplo: Hospitales donde se optimiza el control de temperatura y humedad en áreas críticas como quirófanos y unidades de cuidados intensivos.



:Beneficios y Desafíos de Implementar IA en Sistemas HVAC

2. Desafíos de Implementar IA en HVAC:

- **Barreras Tecnológicas:** La integración de nuevas tecnologías con sistemas HVAC existentes puede ser compleja y requiere una actualización de infraestructura.

Ejemplo: Edificios antiguos que necesitan modificaciones estructurales para instalar sensores y actuadores modernos.

- **Inversión Inicial Significativa:** El costo inicial de la implementación de sistemas de IA puede ser elevado debido a la necesidad de hardware, software y configuración especializada.

Ejemplo: Empresas que enfrentan desafíos financieros al justificar la inversión inicial, a pesar de los ahorros a largo plazo.

-



:Beneficios y Desafíos de Implementar IA en Sistemas HVAC

2. Desafíos de Implementar IA en HVAC:

- Capacitación del Personal:

El personal técnico y de mantenimiento debe recibir capacitación para operar y optimizar los sistemas de IA.

Ejemplo: Programas de formación continua para garantizar el uso efectivo de la nueva tecnología y mantener el rendimiento del sistema



:Beneficios y Desafíos de Implementar IA en Sistemas HVAC

3.Estrategias para Superar los Desafíos:

- Planificación Detallada:

Realiza una planificación exhaustiva antes de la implementación para identificar y mitigar posibles obstáculos.

- Evaluación de Costos y Beneficios:

Realiza un análisis detallado de costos y beneficios para justificar la inversión inicial y resaltar los ahorros a largo plazo.

- Programas de Capacitación:

Desarrolla programas de capacitación específicos para el personal técnico y de mantenimiento, asegurando una transición fluida hacia la nueva tecnología.



:Beneficios y Desafíos de Implementar IA en Sistemas HVAC

Ejemplos reales de implementación de inteligencia artificial en sistemas HVAC:

1. Carrier en México:

Descripción: Carrier México implementó un sistema de IA para optimizar la operación de sus sistemas HVAC en edificios comerciales.

Resultados: Reducción del consumo de energía en un 20% y mejora en el confort térmico.

Fuente: Mundo HVAC&R (www.mundohvacr.com)



:Beneficios y Desafíos de Implementar IA en Sistemas HVAC

2. Proyecto de Optimización Energética en EE-IP:

Descripción: Un proyecto de investigación que utiliza estrategias de IA para optimizar la operación de sistemas HVAC y lograr ahorro energético.

Resultados: Reducción del consumo de energía y mejora en la eficiencia del sistema.

Fuente: EE-IP (ee-ip.org.)



:Beneficios y Desafíos de Implementar IA en Sistemas HVAC

3. Centro Comercial en Tokio:

Descripción: Un centro comercial en Tokio utilizó IA para predecir la demanda de HVAC basándose en patrones de uso y condiciones climáticas.

Resultados: Mejora del confort térmico y una reducción del 15% en costos de energía.

Fuente: StackCT (www.stackct.com)



Optimización Futuro de la IA en HVAC

1. Tendencias Futuras:

Mayor Integración de Sensores Avanzados: Los sensores se volverán más sofisticados y precisos, capturando datos detallados sobre diversas variables como temperatura, humedad, calidad del aire y ocupación.

Ejemplo: Sensores que no solo detectan la temperatura y la humedad, sino también niveles de partículas y gases contaminantes.

Desarrollo de Algoritmos Más Precisos y Eficientes: Los algoritmos de IA continuarán evolucionando, siendo capaces de procesar y analizar más datos en menos tiempo, y proporcionando predicciones y ajustes más precisos.

Ejemplo: Algoritmos de aprendizaje profundo que pueden identificar patrones complejos y realizar ajustes en tiempo real.



Optimización de la IA en HVAC

1. Tendencias Futuras:

Conectividad y Automatización Mejoradas:: Los sistemas HVAC estarán cada vez más interconectados, permitiendo una gestión centralizada y una mayor automatización.

Ejemplo: Redes de sensores y dispositivos que trabajan juntos para optimizar el rendimiento del sistema en tiempo real.



Optimización Futuro de la IA en HVAC



2. Innovaciones Potenciales:

Sistemas Autoajustables Totalmente Autónomos: Sistemas que pueden ajustar su operación sin intervención humana, aprendiendo y mejorando continuamente a través de la IA.

Ejemplo: Un sistema HVAC que ajusta automáticamente la temperatura y el flujo de aire según los patrones de uso y las condiciones climáticas sin necesidad de ajustes manuales.





2. Innovaciones Potenciales:

Mejora en la Predicción de Fallos: Algoritmos que pueden predecir con mayor precisión cuándo es probable que ocurran fallos en los equipos, permitiendo el mantenimiento preventivo antes de que ocurran problemas.

Ejemplo: Sensores que detectan signos tempranos de desgaste en componentes críticos y alertan al personal de mantenimiento.

o Mayor Personalización del Confort para los Ocupantes:

o Descripción: Sistemas que pueden adaptarse a las preferencias individuales de los ocupantes, creando un ambiente interior personalizado para cada persona.

o Ejemplo: Termostatos inteligentes que aprenden las preferencias de temperatura de los usuarios y ajustan el ambiente en consecuencia





2. Innovaciones Potenciales:

Mayor Personalización del Confort para los Ocupantes: Sistemas que pueden adaptarse a las preferencias individuales de los ocupantes, creando un ambiente interior personalizado para cada persona.

Ejemplo: Termostatos inteligentes que aprenden las preferencias de temperatura de los usuarios y ajustan el ambiente en consecuencia



Optimización Futuro de la IA en HVAC

3. Impacto Ambiental y Sostenibilidad:

Reducción de la Huella de Carbono:

Descripción: La implementación de IA en sistemas HVAC contribuirá a reducir las emisiones de carbono, haciendo que los edificios sean más sostenibles.

Ejemplo: Edificios verdes que utilizan sistemas HVAC optimizados por IA para minimizar su impacto ambiental.

Ahorro de Recursos: Descripción: La mayor eficiencia energética resultará en un uso más racional de los recursos, incluyendo electricidad y combustibles.

Ejemplo: Centros de datos que optimizan el enfriamiento para reducir el consumo de energía y prolongar la vida útil de los equipos



Esta presentación se ha realizado con apoyo de una IA

GRACIAS



Contacto:

caparo.ingeniería@gmail.com / jose.caparoj@ciplima.org.pe / jcaparoj@uni.pe