



Un informe conjunto con



Noviembre de 2022

Manual de la eficiencia energética industrial

10 acciones que pueden realizar ya las empresas para reducir sus costes energéticos y sus emisiones de carbono

Agradecimientos

Han contribuido a este informe con sus conocimientos los siguientes expertos industriales:

Adrian Guggisberg

Presidente, división Motion Services
ABB

Tarak Mehta

Presidente, área de negocio Motion
ABB

Morten Wierod

Presidente, área de negocio Electrification
ABB

Julien Gennetier

Vicepresidente, división de energía
Alfa Laval

Kajsa Dahlberg

Desarrollo de negocio de tecnología
limpia
Alfa Laval

Florence Noblot

Responsable de gobierno medioambiental,
social y corporativo
DHL Supply Chain

Johann Kolar

Profesor, responsable del Laboratorio
de Sistemas Electrónicos de Potencia
ETH Zürich

Kevin Lane

Director jefe de programas,
eficiencia energética
IEA

Christoph Pawlowski

Promotor industrial de sostenibilidad
Microsoft

Paul Röhrs

Asesor jefe digital global
Microsoft

ACERCA DEL MOVIMIENTO POR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

El Movimiento por la Eficiencia Energética es un foro que reúne a interlocutores con ideas afines para innovar y actuar por un mundo más eficiente desde el punto de vista energético. A través de la innovación, las ideas y conocimientos compartidos, inversiones y la reglamentación e incentivos adecuados, podemos optimizar la eficiencia energética y acelerar el avance hacia un futuro descarbonizado para todos.

El Movimiento fue lanzado por ABB en 2021 y ha recibido una respuesta positiva de toda la industria, con unas 200 empresas que ya se han unido a él a fecha de noviembre de 2022. Entre ellas se encuentran Microsoft, Alfa Laval y el Grupo DHL, líderes en sus sectores y colaboradores en este informe.

join.energyefficiencymovement.com

Colaborador del Informe



Índice

Resumen ejecutivo	4
10 acciones clave de eficiencia energética para los líderes industriales	5
Acción n.º 1: auditar la eficiencia energética de las operaciones	6
Acción n.º 2: optimizar las dimensiones de los activos y procesos industriales	7
Acción n.º 3: llevar la conectividad a los activos físicos	8
Acción n.º 4: instalar motores de alta eficiencia	9
Acción n.º 5: utilizar convertidores de frecuencia	10
Acción n.º 6: electrificar las flotas industriales	11
Acción n.º 7: utilizar intercambiadores de calor eficientes y bien mantenidos	12
Acción n.º 8: sustituir las calderas de gas por bombas de calor	13
Acción n.º 9: desplegar sistemas inteligentes de gestión de edificios	14
Acción n.º 10: trasladar los datos a la nube	16
Perspectivas y conclusiones	18
Referencias	19

Colaborador del Informe



Resumen ejecutivo

Las industrias del mundo se encuentran ante una encrucijada en materia energética en 2022.

La urgencia del cambio climático exige acción por parte de todos: la industria, los gobiernos y la sociedad civil. La escasez energética, provocada por la pérdida de los suministros de petróleo y gas rusos a raíz de la invasión de Ucrania en febrero de 2022, ha generado presiones inflacionistas y nuevos retos para la seguridad energética que no hacen sino aumentar esa urgencia.

Mejorar la eficiencia energética representa una oportunidad infrautilizada para reducir tanto los costes como las emisiones. Al tiempo que se habla mucho sobre cómo pueden contribuir las personas a ahorrar energía y cómo los consumidores pueden tomar medidas para reducir sus facturas, el gran potencial existente para la eficiencia energética y la mejora de costes en la industria ha recibido menor atención.

La industria es el mayor consumidor mundial de electricidad, gas natural y carbón, según las cifras de la AIE.ⁱ El sector representa el 42 por ciento de la demanda total de electricidad, lo que equivale a más de 34 exajulios de energía. Las industrias siderúrgica, química y petroquímica son las mayores consumidoras de energía entre los cinco principales países consumidores de energía del mundo: China, Estados Unidos, India, Rusia y Japón.ⁱⁱ

Este consumo energético acarrea elevados costes en el actual entorno inflacionista y ha generado además nueve gigatoneladas de CO₂, equivalentes al 45 por ciento del total de las emisiones directas de los sectores de uso final en 2021, según la AIE.ⁱⁱⁱ

La importancia de la eficiencia energética en este contexto no puede ser mayor. «Lo llamamos el ‘primer combustible’», explica Kevin Lane, director jefe de programas para la eficiencia energética. «Es necesario incorporarlo desde un principio en todos los sectores».

Este informe, elaborado junto con ABB y otros miembros del Movimiento por la Eficiencia Energética, ofrece un manual para que los ejecutivos puedan abordar el tema de la eficiencia energética con el fin de mitigar el cambio climático y la subida de costes. En el informe se detallan 10 acciones que los líderes industriales deben plantearse para sus organizaciones (véase la Fig. 1) más allá de las medidas básicas de «higiene» en materia de eficiencia energética, como apagar los equipos cuando no se están utilizando, sustituir la iluminación fluorescente o halógena por LED o aislar las paredes y tuberías.

Estas 10 acciones han tenido que cumplir ciertos criterios esenciales: 1) se basan en tecnologías maduras —seguras y ampliamente disponibles; 2) son lo bastante importantes para tener una repercusión significativa tanto en los costes energéticos como en las emisiones; y 3) se pueden desplegar rápidamente sin integraciones complejas o costosas. Uno de los aspectos más atractivos de la eficiencia energética para la industria es que, en muchos casos, las empresas pueden disfrutar de importantes mejoras con poco o ningún gasto de capital.

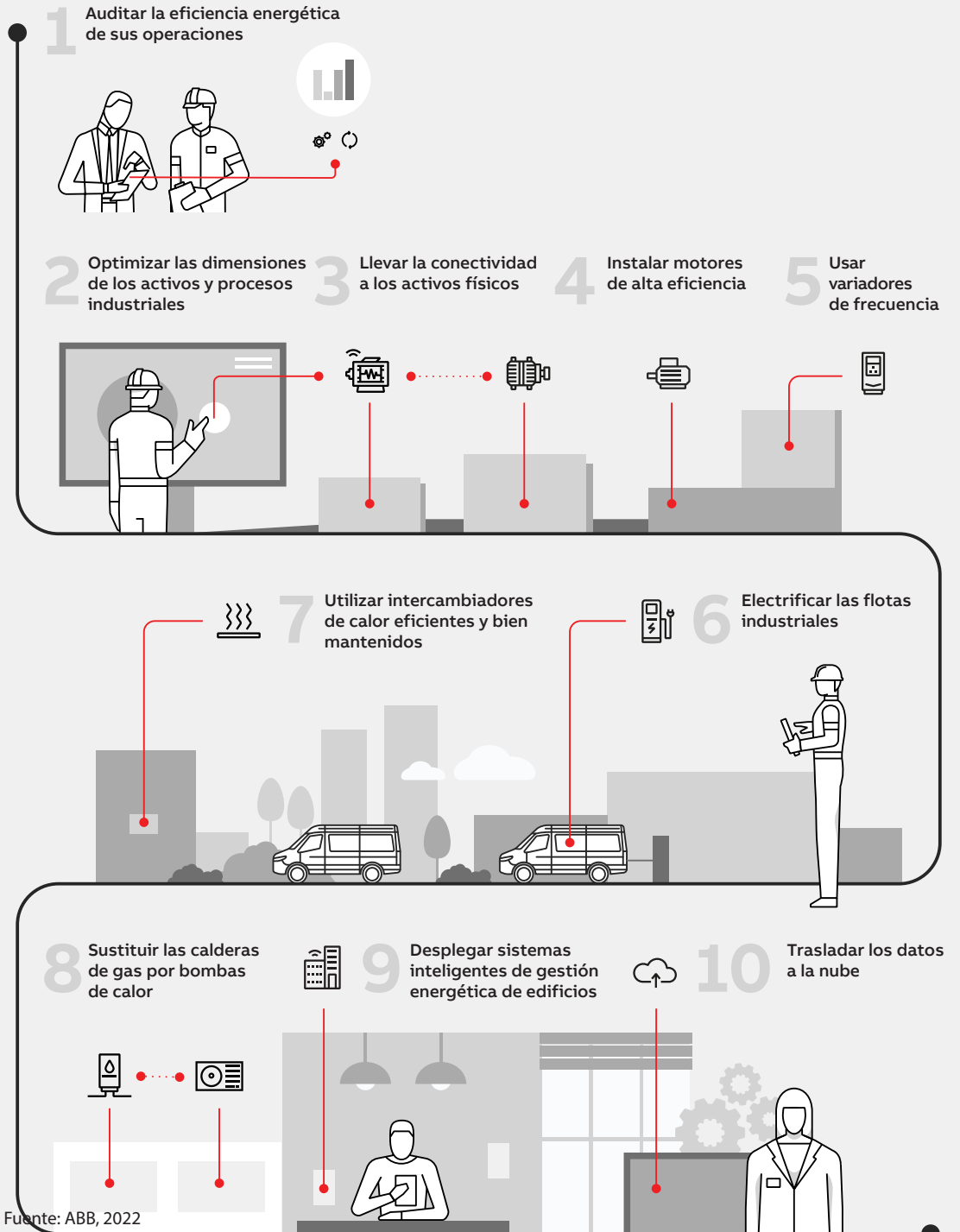
Esta lista no es en modo alguno exhaustiva y debe considerarse un inventario de oportunidades a corto y medio plazo para la industria, así como una invitación a debatir y documentar las soluciones, casos de uso y buenas prácticas en materia de eficiencia energética. Invitamos a los lectores a comunicarse con [#energyefficiencymovement](#) para compartir sus retos energéticos y comentar las ideas y conclusiones extraídas.

Colaborador del Informe



acciones clave de eficiencia energética para los líderes

industriales



Acción n.º 1: auditar la eficiencia energética de las

Colaborador del Informe



operaciones

Una de las formas más rápidas y sencillas de aumentar la eficiencia energética en la industria puede ser optimizar el modo de funcionamiento de los activos y procesos. Una auditoría de la eficiencia energética establece un importante punto de referencia a partir del cual la empresa puede introducir mejoras e identificar otras oportunidades de mejora. La auditoría puede ser realizada por empresas de servicios energéticos (ESE) acreditadas y ofrecerá unos criterios para identificar los posibles ámbitos de mejora de la eficiencia, elaborar un plan de acción y medir los avances.

¿Qué implica esto?

Una auditoría energética inicial implica generalmente un análisis del historial de consumo energético y la eficiencia de los equipos alimentados con electricidad o combustibles fósiles, junto con los costes y características operativas. La ESE ofrecerá un catálogo de los equipos que consumen energía, junto con características como los factores de carga y perfiles de demanda, para identificar aquellos ámbitos en los que se puede conseguir un ahorro. Una vez establecido un punto de referencia, puede ser posible —mediante el uso de tecnologías de sensores y automatización— convertir la auditoría en un proceso permanente que aporte mejoras continuas. La auditoría puede formar parte de un proceso más amplio de certificación de la gestión energética, como la norma ISO 50001.

¿Cuál es la repercusión?

Aunque la auditoría en sí no genera directamente una eficiencia, las medidas que se pueden identificar como contribución a la eficiencia pueden tener una importante repercusión en los costes y el consumo energético.

¿Cuánto cuesta?

Una auditoría energética comercial e industrial puede costar en torno a 2,70 \$ por metro cuadrado.^{iv}

¿Cuál es el grado de complejidad?

Una auditoría resulta fácil de llevar a cabo, puesto que la ESE, que debe estar certificada por un organismo como la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), es la que se ocupa del proceso. La ASHRAE, por ejemplo, ofrece normas para tres tipos de auditorías:^v

- Nivel 1: visita de inspección
- Nivel 2: estudio y análisis energético
- Nivel 3: análisis detallado de las modificaciones intensivas en términos de capital

¿Con qué rapidez se obtienen resultados?

Según fuentes publicadas,^v incluso una auditoría energética comercial de nivel 1 puede ayudar a identificar medidas de eficiencia de coste cero que permiten reducir inmediatamente el consumo energético y los costes entre un 5 y un 10 por ciento. Las auditorías más exhaustivas permiten detectar normalmente hasta un 20 por ciento de ahorro en edificios que no hayan sido objeto de medidas de eficiencia desde hace una década o más, con una reducción de hasta el 40 por ciento en el coste y el consumo en algunos casos.

¿Cuáles son los factores decisivos para el éxito?

La obtención de un resultado preciso de la auditoría depende de que se tenga acceso a la mayor cantidad de información posible, lo cual puede implicar el despliegue de sensores y la vigilancia del consumo energético a lo largo de un periodo de meses.

¿Qué dicen los expertos?

«Para poder tomar cualquier decisión, necesitas conocer con claridad los datos», explica Morten Wierod, presidente del área de negocio Electrification de ABB. «Las empresas pueden hacerlo con una auditoría energética, lo cual implica en la práctica instalar sensores para medir todos los puntos de consumo.

El primer cincuenta por ciento de reducción, con los actuales precios de la energía, se amortizará en el primer año —mucho más rápido que instalar paneles solares en el tejado, por ejemplo».

Colaborador del Informe



Acción n.º 2: optimizar las dimensiones de los activos y procesos industriales

El análisis detallado de los activos industriales a menudo pone de manifiesto que los equipos tienden a ser mayores de lo necesario para la función que realizan, según Adrian Guggisberg, presidente de la división Motion Services de ABB. Esto se debe a que suele dejarse un margen de error como parte del diseño de la planta o simplemente a que las condiciones operativas han variado con el paso del tiempo. Las dimensiones excesivas de muchos componentes, sumadas, pueden dar lugar a un consumo energético excesivo y una carga ineficiente de los dispositivos. Una correspondencia más exacta entre la capacidad de los equipos y sus cargas hace posible un uso más eficiente de la energía y los activos.

¿Qué implica esto?

Optimizar las dimensiones de los equipos industriales para cada tarea requiere un conocimiento detallado de los requisitos operativos, la eficiencia de los dispositivos y los perfiles de carga. En función del equipo en cuestión, puede ser posible mejorar la carga ajustando la configuración o actualizando o rediseñando el activo, pero en caso contrario, puede ser necesario sustituir la máquina por otra de dimensiones más ajustadas al proceso en cuestión.

¿Cuál es la repercusión?

Cambiar un motor para que funcione con cargas del 95 por ciento mejorará la eficiencia de las operaciones, según Guggisberg de ABB.

Rediseñar y actualizar los intercambiadores de calor de placas en función de las condiciones operativas tiene también una gran repercusión en la eficiencia global del proceso industrial. Un intercambiador de calor se diseña para un determinado proceso en el momento de su adquisición y los parámetros de diseño normalmente no son los mismos que las condiciones operativas reales.

Al cabo de unos años, la mayoría de las plantas han variado sus condiciones operativas y no producirán las mismas temperaturas de salida que antes. Será necesario actualizar el intercambiador de calor, lo cual se puede conseguir fácilmente en los intercambiadores de calor de placas con juntas adaptando el número de placas.

¿Cuánto cuesta?

Dado que la sustitución completa de los activos de dimensiones excesivas probablemente no resulte rentable, la optimización de las dimensiones se puede efectuar de forma gradual como parte de la gestión continua del ciclo de vida de los activos de la planta. Si se hace de este modo, se puede conseguir un ahorro inmediato de gasto de capital mediante la adquisición de activos más pequeños y menos costosos.

¿Cuál es el grado de complejidad?

El mayor grado de la complejidad que implica optimizar las dimensiones radica en la necesidad de conseguir información precisa sobre los perfiles de carga. Esta se puede obtener a partir de un análisis de los modos de funcionamiento y la especificación de los dispositivos, facilitada potencialmente a través de los datos de sensores.

¿Con qué rapidez se obtienen resultados?

Reducir los requisitos de alimentación de los activos industriales produce resultados inmediatos en términos de reducción de la energía y las emisiones. Si la optimización de las dimensiones se introduce como parte del ciclo de sustitución estándar, la rapidez y el alcance de los resultados dependerán del ciclo de vida de los activos.

¿Cuáles son los factores decisivos para el éxito?

El margen de error se incorpora a los procesos industriales por un motivo justificado: evitar fallos que puedan poner en riesgo la seguridad y la producción. Por ello, a la hora de optimizar las dimensiones será fundamental abordar las siguientes cuestiones:

- ¿En qué medida son excesivas las dimensiones de un activo?
- ¿Cuál es la probabilidad de que un activo se utilice con su capacidad completa?
- ¿Qué importancia tendrá el ahorro que se puede conseguir optimizando las dimensiones?

Otro factor para el éxito es asegurarse de que los equipos de diseño de procesos y de compras estén coordinados en los objetivos de eficiencia. Identificar un activo de dimensiones excesivas sirve de poco en la práctica si la recomendación de reducir sus dimensiones se ignora cuando llega el momento de sustituir ese activo.

¿Qué dicen los expertos?

«La mayoría de los motores eléctricos en la industria, por ejemplo, tienen unas dimensiones excesivas porque, cuando fueron diseñados, pasaron por distintas manos —y todo el mundo va añadiendo un margen», explica Guggisberg de ABB. «Utilizar un motor eléctrico con una carga del 65 por ciento simplemente no es una eficiencia adecuada».

Colaborador del Informe



Acción n.º 3: Llevar la conectividad a los activos físicos

Muchos líderes industriales no tienen una idea clara de dónde se utiliza energía en sus operaciones. Conectando los activos físicos a través del Internet de las Cosas (IoT), las empresas pueden entender mejor cómo se utilizan los activos, lo que permite unas operaciones más inteligentes y económicas.

Sin embargo, estudios recientes de ABB señalan que tan solo el 35 por ciento de las organizaciones industriales en todo el mundo ha implantado tecnologías IoT a escala.^{vii}

¿Qué implica esto?

Las tecnologías IoT industriales permiten realizar un seguimiento de los flujos de energía en la planta e indicar dónde se está consumiendo energía innecesariamente. Esto puede deberse al consumo de energía en sistemas auxiliares, activos de dimensiones excesivas (véase la sección anterior), fallos en los equipos, pérdidas de calor o casos en los que no se necesita electricidad, como la iluminación de una sala vacía.

¿Cuál es la repercusión?

Se producen pérdidas en todos los procesos industriales y hasta un 95 por ciento de la energía primaria se pierde por el camino antes de realizar el trabajo para el cual se necesita.^{viii} La finalidad de conectar los dispositivos es descubrir los puntos no detectados con anterioridad donde se está malgastando la energía. Aunque, evidentemente, resulta imposible saber cuál será la importancia de estos, un mejor conocimiento de cómo consumen energía los activos y flujos de trabajo permitirá identificar con seguridad los ámbitos de mejora.

¿Cuánto cuesta?

Es posible conectar los activos físicos incluso con un despliegue limitado de sensores. Si los sensores se instalan como parte de una transición más amplia hacia la digitalización, entonces el aumento de la eficiencia y la reducción de los costes energéticos aportados por estos pueden contribuir a la conveniencia global del programa digital.

¿Cuál es el grado de complejidad?

Las tecnologías IoT son cada vez más maduras y sencillas de implantar, si bien puede ser necesaria cierta labor de integración para obtener resultados significativos a partir de los datos. Una vez obtenidos los datos, la complejidad de lo que se puede hacer con ellos es prácticamente ilimitada. Por ejemplo, las empresas están utilizando cada vez más «gemelos digitales» detallados de operaciones de la vida real para estudiar la repercusión de los cambios en los procesos sin que ello afecte a la producción real. Estos gemelos digitales pueden servir para una amplia gama de simulaciones, incluidos estudios de eficiencia. El uso de gemelos digitales para la modelización, pruebas y puesta en marcha en un entorno virtual en lugar de un escenario físico —es decir, mover bits en lugar de átomos— consume además mucha menos energía.

¿Con qué rapidez se obtienen resultados?

Si las tecnologías de sensores ponen de manifiesto la presencia de activos fantasma —dispositivos que están consumiendo energía sin realizar ningún trabajo útil—, entonces estos se pueden apagar o poner fuera de servicio directamente, produciendo de inmediato unos beneficios para la empresa en términos de costes y emisiones. En otros supuestos, este ejercicio puede señalar errores de funcionamiento o una configuración incorrecta de activos que requerirán un mantenimiento, ajuste o sustitución. En estos casos, el tiempo invertido para ver resultados dependerá del trabajo de corrección necesario.

¿Cuáles son los factores decisivos para el éxito?

La integración de las fuentes de datos en los programas informáticos de visualización y análisis resulta fundamental para poder identificar con facilidad el aumento potencial de la eficiencia. Se necesitan también conocimientos expertos en este ámbito para crear los algoritmos y la analítica que contribuyen a tomar mejores decisiones sobre consumo eléctrico. Sin esto, existe el riesgo de que los resultados sean decepcionantes.

¿Qué dicen los expertos?

«Se puede conseguir mucho con datos de sensores que estén ya disponibles», afirma Paul Röhrs, asesor jefe digital global de Microsoft. «Basta con reunirlos todos en un mismo lugar y dejar que los datos hablen con otros conjuntos de datos. Lo fundamental es extraer los datos de la máquina».

Colaborador del Informe



Acción n.º 4: instalar motores de alta eficiencia

En la industria se utilizan grupos propulsores en innumerables aplicaciones para convertir la energía eléctrica en movimiento. Los principales elementos de un grupo propulsor eléctrico industrial son el motor, el convertidor de frecuencia y la aplicación en sí, como una bomba, ventilador o compresor.

El potencial de eficiencia de los grupos propulsores es inmenso, según el Profesor Johann Kolar, responsable del Laboratorio de Sistemas Electrónicos de Potencia de ETH Zürich, el instituto federal suizo de tecnología. Se calcula que nada menos que el 46 por ciento de la electricidad mundial se utiliza para producir energía mecánica mediante sistemas accionados por un motor eléctrico. En la industria, el consumo se incrementa hasta dos tercios de la electricidad total.^{ix}

La Comisión Electrotécnica Internacional establece una serie de niveles de eficiencia internacional (IE) para los motores que van desde IE1 («estándar») hasta IE4 («super-premium»).^x Se está intentando introducir un nivel incluso más avanzado, IE5. Un motor más eficiente tiende a ser más caro, pero puede generar un mayor aumento de la eficiencia. Dada la omnipresencia de los motores en la industria, una transición generalizada hacia máquinas más eficientes puede favorecer una importante reducción de la energía y las emisiones.

¿Qué implica esto?

La instalación de motores de alta eficiencia implica simplemente la sustitución de las máquinas más antiguas por otras con un índice de eficiencia superior. Aproximadamente el 75 por ciento de los motores industriales en servicio se utilizan para el accionamiento de bombas, ventiladores y compresores, una categoría de maquinaria con un alto margen de mejora de la eficiencia.^{xi}

¿Cuál es la repercusión?

Se ha calculado que, si los más de 300 millones de sistemas industriales con un motor eléctrico en funcionamiento actualmente fueran sustituidos por equipos optimizados de alta eficiencia, el consumo mundial de electricidad podría reducirse hasta un 10 por ciento.^{xii}

¿Cuánto cuesta?

El cambio por modelos más eficientes requerirá una inversión de capital, ya que puede existir una diferencia de precio de hasta un 40 por ciento.^{xiii} No obstante, el gasto en motores suele ser una propuesta atractiva debido a su facilidad de instalación; generalmente se pueden instalar sin ninguna modificación de los sistemas industriales.^{xiv}

¿Cuál es el grado de complejidad?

La sustitución completa de los motores puede no merecer la pena en todos los casos, pero la mayor parte de la energía eléctrica consumida por los motores se utiliza en máquinas de tamaño mediano.^{xv}

¿Con qué rapidez se obtienen resultados?

Los motores eficientes energéticamente producen resultados inmediatos en términos de reducción de la energía y las emisiones, y pueden amortizarse en menos de un año.^{xvi}

¿Cuáles son los factores decisivos para el éxito?

Para maximizar el aumento de la eficiencia gracias a los nuevos motores eléctricos, resulta útil, evidentemente, elegir los modelos más eficientes disponibles. Esto tiene unas consecuencias en términos de coste que deben estudiarse en el contexto de un plazo de amortización más breve.

¿Qué dicen los expertos?

«Los motores eléctricos se utilizan desde hace 150 años y son el animal de carga que sostiene nuestra vida diaria», comenta Tarak Mehta, presidente del área de negocio Motion de ABB. «Sin embargo, ha sido en la última década cuando han experimentado un rápido avance tecnológico. Algunos de los motores más recientes especifican unas pérdidas energéticas en torno a un 15 por ciento inferiores a las ofrecidas por modelos anteriores».

Colaborador del Informe



Acción n.º 5: utilizar convertidores de frecuencia

Hoy en día, la mayoría de los motores eléctricos industriales funcionan a una velocidad constante y el movimiento que transmiten se regula por medio de válvulas (para los fluidos), amortiguadores (para el aire) y frenos (para los materiales). Sin embargo, esta forma de controlar el movimiento, según Guggisberg de ABB, es similar a controlar la velocidad del coche con el freno mientras pisas el acelerador a fondo: simplemente se malgasta energía.

Los variadores de frecuencia son tecnologías que sirven para controlar la velocidad de los motores y el par motor producido —una parte esencial de la gestión de la energía consumida por los sistemas accionados por motor. El consumo energético se calibra de forma inteligente en función de la cantidad de trabajo que hay que realizar. «La velocidad variable es como utilizar el acelerador para controlar la velocidad de tu coche», explica Guggisberg.

¿Qué implica esto?

La introducción de variadores de frecuencia en los sistemas accionados por motor eléctrico es cómoda y sencilla. Un proveedor tecnológico o una ESE pueden ayudar a identificar qué motores utilizados actualmente pueden y deben equiparse con un variador para mejorar la eficiencia energética.

¿Cuál es la repercusión?

La instalación de variadores de frecuencia permite mejorar la eficiencia energética de un sistema accionado por motor hasta un 30 por ciento, lo que supone beneficios inmediatos en cuanto a costes y emisiones.

¿Cuánto cuesta?

El plazo de amortización de un variador de frecuencia en términos de ahorro energético es breve (en general, 1-2 años) con relación a su vida útil prevista. Los altos precios de la energía, evidentemente, lo reducen aún más.

¿Cuál es el grado de complejidad?

Al igual que en la transición hacia motores más eficientes, la introducción de variador de frecuencia no requiere cambios en los procesos industriales.

¿Con qué rapidez se obtienen resultados?

Los beneficios económicos se perciben desde el momento en que el variador de frecuencia entra en funcionamiento y continúan a lo largo de toda su vida útil.

¿Cuáles son los factores decisivos para el éxito?

Como en el caso de muchas otras mejoras de la eficiencia, la dirección deberá decidir si los beneficios de introducir variadores de frecuencia justifican la inversión inmediata. Esto dependerá, a su vez, del número, tamaño y perfil de uso de los motores instalados, así como del precio de la electricidad.

Cabe señalar que los avances en la eficiencia de los motores y variadores están cada vez más motivados por la reglamentación, por lo que la inversión en máquinas más eficientes puede ayudar también a responder a las necesidades de cumplimiento.

¿Qué dicen los expertos?

«No todos los motores se beneficiarán de un convertidor de frecuencia», aclara Mehta de ABB, pero incluso suponiendo que se actualizase cerca del 50 por ciento de los motores actuales, «estamos hablando de una importante mejora mundial de la eficiencia energética».

Colaborador del Informe



MÁS INFORMACIÓN

Consulte el artículo especializado de ABB «Cumplimiento del Acuerdo de París: el importante papel de los motores y convertidores de alta eficiencia para reducir el consumo energético». Puede leerlo en:

https://www.energyefficiencymovement.com/wp-content/uploads/2021/07/ABB_EEM_Achieving-the-Paris-Agreement_ES.pdf

Acción n.º 6: electrificar las flotas industriales

El aumento continuado de los precios del petróleo está convirtiendo los grupos propulsores eléctricos en una propuesta cada vez más atractiva para los vehículos industriales, como carretillas elevadoras, vehículos mineros, camiones y furgonetas de reparto.

¿Qué implica esto?

La transición hacia flotas eléctricas se producirá de la mano del desarrollo de infraestructuras de recarga y de una electricidad de bajo coste y baja en carbono.

¿Cuál es la repercusión?

El aumento de la eficiencia evidente en los grupos propulsores industriales es también importante en la movilidad, donde asistimos a un cambio de los motores de combustión interna por la propulsión eléctrica. Los motores eléctricos pueden superar el 95 por ciento de eficiencia, mientras que los motores diésel tan solo alcanzan el 45 por ciento de eficiencia con un nivel de carga óptimo.^{xvii}

Los niveles de electrificación son insignificantes en el transporte aéreo y marítimo a día de hoy, pero en el transporte por carretera y en la movilidad industrial, la electrificación de las flotas está tomando impulso rápidamente.

La sustitución del motor diésel de una excavadora de 24 toneladas por un grupo propulsor eléctrico, que combina la energía de la batería con un convertidor y un motor eléctrico de alta eficiencia, permite eliminar 48 toneladas de emisiones de CO₂ al año, según ABB.^{xviii} Además, el frenado regenerativo en los vehículos industriales permite reducir el consumo de combustible hasta un 30 por ciento.

¿Cuánto cuesta?

Los vehículos eléctricos para el transporte de mercancías son más caros en la actualidad que los modelos tradicionales, lo que hace más compleja la propuesta de cambiar por motivos exclusivamente económicos.^{xix} Más allá de los factores de gasto de capital, sin embargo, los vehículos eléctricos tienen de media unos costes operativos hasta un 60 por ciento inferiores a los vehículos equivalentes de motor diésel, debido principalmente a la mejora de la eficiencia, la reducción del consumo de combustible y la menor necesidad de mantenimiento.^{xx}

¿Con qué rapidez se obtienen resultados?

La electrificación de los vehículos produce un aumento inmediato de la eficiencia, si bien, tal como se ha señalado, el coste de capital de la transición a una flota eléctrica implica que los beneficios económicos pueden ser modestos a corto plazo. De forma asociada a la electrificación de los vehículos, los propietarios de flotas industriales pueden conseguir un aumento adicional de la eficiencia gracias a la gestión digital de la flota, incluida la optimización de la frecuencia de recarga.

¿Qué dicen los expertos?

«La optimización de las flotas es lo primero que hay que hacer para reducir las emisiones, sobre todo porque las tecnologías verdes aún no están disponibles en todas las regiones y países», comenta Florence Noblot, responsable de gobierno medioambiental, social y corporativo de DHL Supply Chain, una división de Deutsche Post DHL, la compañía logística internacional.

Colaborador del Informe



Acción n.º 7: utilizar intercambiadores de calor eficientes y bien mantenidos

La transmisión de calor es esencial a la hora de hacer eficiente energéticamente un proceso industrial y los intercambiadores de calor se utilizan para la calefacción y refrigeración en casi cualquier industria a nivel mundial. Los intercambiadores de calor, como equipo estático, a menudo no son objeto de mantenimiento proactivo ni optimización, experimentando en su lugar un funcionamiento hasta que llega el fallo, sin que nos demos cuenta del impacto ambiental y de costes de la pérdida de transmisión de calor.

Mantener un intercambiador de calor a su nivel óptimo de rendimiento a lo largo del tiempo es fundamental para conseguir unos procesos eficientes energéticamente. Hasta un 2,5 por ciento de las emisiones de CO₂ en todo el mundo se deben a la falta de mantenimiento de los intercambiadores de calor. Esto se puede evitar sencillamente limpiando con regularidad los intercambiadores de calor.

Elegir la tecnología adecuada del intercambiador de calor es otro paso importante en la optimización de la eficiencia energética para una determinada aplicación. Un intercambiador de calor de placas innovador y compacto, por ejemplo, puede ser un 25 por ciento más eficiente que un intercambiador de calor de carcasa y tubo.

Además, entre el 20 y el 50 por ciento de la energía industrial entrante se pierde como calor residual, por ejemplo, en forma de gases de escape calientes o aguas de refrigeración. Recuperar y reutilizar ese calor en otros procesos constituye un paso importante para mejorar la eficiencia global y disminuir las emisiones de carbono. Algunas soluciones pueden ser reintegrar el calor en el propio proceso o suministrar el calor para su uso en otro lugar, por ejemplo, en calefacción urbana, generación de electricidad, etc.

¿Qué implica esto?

Una ESE o un proveedor de servicios especializado pueden llevar a cabo una revisión de las pérdidas térmicas en los intercambiadores de calor. Esto puede ayudar a fundamentar una estrategia de eficiencia térmica con mantenimiento in situ o actualizaciones tecnológicas presupuestadas.

¿Cuál es la repercusión?

«Garantizar en primer lugar el mantenimiento correcto de los intercambiadores de calor y asegurarse también de elegir el equipo adecuado para la nueva instalación, o actualizar los intercambiadores de calor de bajo rendimiento, tiene una gran repercusión en el consumo energético», sostiene Julien Gennetier, vicepresidente de la división de energía de Alfa Laval.

¿Cuánto cuesta?

Los intercambiadores de calor de placas pueden requerir menores costes de capital que los modelos de carcasa y tubo debido a que tienen una decimosexta parte del peso y ocupan una décima parte del espacio sobre el suelo, ofreciendo un ahorro en el transporte, manipulación e instalación.^{xxi}

Los intercambiadores de calor de placas ofrecen también un menor coste operativo gracias a su mayor eficiencia térmica.

¿Cuál es el grado de complejidad?

La limpieza o actualización de los intercambiadores de calor es un proceso sencillo que puede realizarse como parte del mantenimiento planificado. Transformar la tecnología existente en una solución más eficiente requiere cierta renovación de tuberías, pero para muchos procesos ofrece efectos directos en el coste operativo.

¿Con qué rapidez se obtienen resultados?

Los resultados empiezan a percibirse directamente desde la instalación y con el mantenimiento regular.

¿Cuáles son los factores decisivos para el éxito?

El importante aumento de la eficiencia que se puede conseguir gracias a la actualización de los equipos intercambiadores de calor hace que esta resulte muy deseable siempre que es posible, si bien se precisa asesoramiento experto sobre las dimensiones y la integración del proceso.

¿Qué dicen los expertos?

«El 2,5 por ciento de las emisiones de dióxido de carbono en todo el mundo procede de una transmisión de calor ineficiente en los intercambiadores de calor debido a que estos no se limpian ni se mantienen correctamente», explica Kajsa Dahlberg, desarrolladora de negocio de tecnología limpia del fabricante de intercambiadores de calor Alfa Laval. «Por medio de medidas sencillas, el consumo energético puede reducirse inmediatamente».

Colaborador del Informe



Acción n.º 8: sustituir las calderas de gas por bombas de calor

Las bombas de calor se consideran esenciales para la descarbonización mundial en sustitución de las calderas alimentadas por combustible. La AIE prevé que esta tecnología permita a más del 50 por ciento de los hogares utilizar electricidad para la calefacción de aquí a 2050.^{xxii} En la industria, esta tecnología puede ofrecer ventajas similares para la calefacción de locales y puede utilizarse también para el calor de procesos hasta 180 °C.^{xxiii}

Las bombas de calor industriales permiten reutilizar el exceso de calor de un proceso con otros fines, como el calentamiento de procesos industriales o la calefacción de locales, evitando la necesidad de calderas alimentadas por combustible.

¿Qué implica esto?

Las bombas de calor aprovechan los gradientes térmicos para mejorar la eficiencia de los procesos de generación de electricidad a calor, por lo que deben tenerse en cuenta siempre que exista una necesidad de calor de procesos o calefacción de locales de nivel bajo o moderado.

¿Cuál es la repercusión?

Las bombas de calor son, con diferencia, el modo más eficiente de obtener calor bajo o moderado a partir de la electricidad.

¿Cuánto cuesta?

Las bombas de calor industriales pueden costar hasta 90.000 \$, según fuentes publicadas.^{xxiv}

¿Cuál es el grado de complejidad?

Actualizar los equipos térmicos no es una cuestión trivial y, en el caso de las bombas de calor, pueden existir limitaciones en cuanto a la idoneidad del entorno para la instalación. Sin embargo, los claros beneficios económicos y ecológicos de reducir la demanda energética de calefacción pueden constituir una sólida base para los programas de actualización.

¿Con qué rapidez se obtienen resultados?

Los beneficios económicos empiezan a percibirse desde la instalación. Las bombas de calor duran hasta 25 años, con un plazo de amortización de cinco años o menos.^{xxv}

¿Cuáles son los factores decisivos para el éxito?

Al igual que en otros ámbitos, es importante elegir la tecnología adecuada de la bomba de calor para una determinada aplicación y estudiar si sería recomendable añadir almacenamiento térmico del calor a la instalación.^{xxvi}

¿Qué dicen los expertos?

Con las bombas de calor, «utilizas una unidad de electricidad y consigues que salgan tres unidades de calor por el otro extremo, lo cual es un asombroso truco de magia», explica Lane de la AIE.

Colaborador del Informe



MÁS INFORMACIÓN

Consulte el artículo especializado «Uso de la IA para optimizar el flujo de energía a través del entorno construido», de BrainBox AI:

<https://brainboxai.com/en/white-papers/using-artificial-intelligence-to-optimize-the-flow-of-energy-through-the-built-environment>.

Acción n.º 9: desplegar sistemas inteligentes de gestión de edificios

El entorno construido representa el 40 por ciento del consumo energético total y el 30 por ciento de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.^{xxvii} Para la industria, esto quizá no resulta sorprendente debido a que los edificios e infraestructuras asociadas casi nunca se diseñan pensando desde un primer momento en la eficiencia energética.

Por el contrario, las fábricas, almacenes y otras estructuras industriales, junto con activos auxiliares como la iluminación y los sistemas de climatización, suelen especificarse para minimizar el desembolso de capital, a menudo en detrimento de la eficiencia. Por ello, existe un gran margen para el ahorro de costes y el aumento de la eficiencia con intervenciones relativamente sencillas y de rápida amortización. Aislar correctamente los edificios es quizás una de las formas más rápidas y rentables de ahorrar energía.

Las instalaciones industriales pueden ahorrar energía y costes instalando sistemas digitales para controlar los sistemas de climatización, iluminación, persianas, etc. Estos sistemas normalmente detectan cuándo deja de haber personas en el entorno y responden en consecuencia, atenuando o apagando las luces y cerrando las ventanas y persianas para minimizar la energía malgastada.

Los sistemas de climatización son responsables de casi el 50 por ciento del consumo energético de los edificios comerciales, del cual un 35 por ciento se suele malgastar, según BrainBox AI, colaborador de ABB.^{xxviii}

¿Qué implica esto?

La finalidad de un sistema de gestión (o automatización) de edificios (SGE) informatizado es vigilar y regular los activos eléctricos y mecánicos de un edificio, como los sistemas eléctricos, iluminación y ventilación.^{xxix}

La inteligencia artificial (IA) se puede utilizar para analizar los hábitos de uso y ajustar las temperaturas, sin requerir prácticamente nada en términos de intervención. Es posible alcanzar resultados similares mediante el uso de contadores y termostatos inteligentes para ajustar las condiciones del edificio a las necesidades en tiempo real de los trabajadores, en lugar del derroche que supone una climatización siempre encendida.

¿Cuál es la repercusión?

Un SGE permite controlar normalmente en torno al 40 por ciento de las cargas energéticas de un edificio comercial, alcanzando el 70 por ciento si el sistema incluye también la iluminación.^{xxx} En un entorno industrial, la repercusión del SGE dependerá del grado en que las cargas del edificio y del proceso industrial se gestionen por separado.

Combinar la inteligencia artificial con el Internet de las Cosas a nivel industrial permite recortar las emisiones de la climatización hasta un 40 por ciento y reducir los costes energéticos un 25 por ciento, mejorando al mismo tiempo la comodidad de los ocupantes en un 60 por ciento y prolongando la vida de los equipos en un 50 por ciento.^{xxxi}

¿Cuánto cuesta?

Los costes publicados de los SGE en los Estados Unidos van desde 26,91 \$ hasta 80,73 \$ por metro cuadrado, dependiendo de factores como el uso y la antigüedad del edificio y de si la instalación es nueva o es una actualización.^{xxxii} La mayoría de las instalaciones industriales construidas después de 2000 incluirán un SGE de forma estándar, mientras que en edificios más antiguos puede ser necesaria una actualización.^{xxxiii}

La optimización de los sistemas de climatización puede amortizarse de forma efectiva por sí misma.

En Nueva York, por ejemplo, se prevé que la aplicación de estos sistemas ayude en gran medida a evitar la necesidad de readaptar edificios ineficientes energéticamente por un coste superior a los 20.000 millones \$.^{xxxiv} Algunos proveedores de soluciones ofrecen también modelos de consumo flexibles y acuerdos con «gasto de capital cero», comercializando sistemas inteligentes para edificios con arreglo a un sistema «como servicio» por suscripción, donde los usuarios pagan solo a partir de una parte del ahorro de costes obtenido.

¿Cuál es el grado de complejidad?

La complejidad de la instalación de un SGE dependerá del número de subsistemas del edificio incluidos, pudiendo extenderse los despliegues avanzados a aplicaciones como la seguridad contra incendios y el control de accesos, además de la climatización y la iluminación. A nivel del usuario, la finalidad de un SGE es hacer la vida más sencilla, por ejemplo, apagando las luces y los sistemas de climatización cuando no hay nadie.

¿Con qué rapidez se obtienen resultados?

Aunque los SGE no son baratos, la automatización puede ofrecer resultados inmediatos desde la puesta en marcha y los estudios han demostrado que el plazo de amortización de los sistemas de gestión energética de edificios en edificios comerciales descendió desde 5,4 hasta 0,7 años entre 1977 y 2017.^{xxxv}

La IA tarda algún tiempo en aprender los hábitos de uso en un edificio para luego aplicar esos conocimientos a la optimización de la temperatura, por lo que el aumento de la eficiencia puede no materializarse del todo hasta asados unos meses.

Colaborador del Informe



¿Cuáles son los factores decisivos para el éxito?

Un problema frecuente con los SGE es que no se aprovechan todas las funciones del sistema, lo que da lugar a un rendimiento subóptimo y una rentabilidad reducida. Para superar este problema, los investigadores explican que es importante tener presente la puesta en marcha, la implicación de los usuarios en la especificación del SGE y la percepción de la actuación del proveedor.^{xxxvi}

¿Qué dicen los expertos?

«La determinación de las dimensiones de un sistema de climatización en un entorno industrial no es tan sencilla debido a las cargas térmicas que tenemos», explica Guggisberg de ABB. «Muchas veces ves que la gente ha cometido errores y tiene el sistema de refrigeración en marcha a tope y las puertas abiertas porque no hay aire suficiente en la sala».

El nivel de repercusión que puede alcanzarse con este tipo de tecnologías varía en cada edificio, pero puede ser elevado. «No existe ningún sistema totalmente optimizado de momento», afirma Kolar de ETH Zürich.

Colaborador del Informe



MÁS INFORMACIÓN

Consulte el artículo especializado «Uso de la IA para optimizar el flujo de energía a través del entorno construido», de BrainBox AI:

<https://brainboxai.com/en/white-papers/using-artificial-intelligence-to-optimize-the-flow-of-energy-through-the-built-environment>.

Acción n.º 10: trasladar los datos a la nube

La demanda de servicios digitales está creciendo rápidamente. Muchas de las oportunidades de eficiencia energética destacadas en este informe se basan en el almacenamiento de datos masivos y la potencia de cálculo para obtener conocimientos a partir de la información operativa. Sin embargo, almacenar y utilizar esos datos requiere energía. El consumo eléctrico mundial de los centros de datos en 2021 fue de 220-320 TWh, en torno al 0,9-1,3 por ciento de la demanda final mundial de electricidad. Esto no incluye la energía consumida para la minería de criptomonedas, que representó otros 100-140 TWh en 2021.^{xxxvii}

La demanda mundial de procesamiento de datos ha ido creciendo rápidamente y no parece que vaya a disminuir de momento —de hecho, más bien al contrario. Por este motivo, la industria tecnológica ha prestado especial atención a la eficiencia energética, logrando impresionantes avances gracias a conceptos como la virtualización de servidores y la computación en la nube.

Otras eficiencias han llegado gracias a sistemas de climatización, motores y convertidores de frecuencia eficientes energéticamente y al aprovechamiento del calor residual de los centros de datos —todas ellas oportunidades destacadas en este informe. Las organizaciones industriales que buscan una mayor eficiencia energética pueden acceder a muchos de esos avances asociados a un uso más inteligente de los datos y la gestión en la nube.

¿Qué implica esto?

Los datos a la nube es un aspecto esencial para aprovechar la información sobre los activos y procesos industriales y aplicar la analítica para optimizar cómo se utilizan los sistemas y cuánta electricidad consumen. Los estudios indican, además, que los propios centros de datos en la nube son por encima de un 90 por ciento más eficientes energéticamente que los sistemas informáticos en las propias instalaciones.^{xxxviii}

El concepto de «tenencia múltiple» permite utilizar un mismo recurso informático al servicio de múltiples clientes de forma simultánea, aumentando enormemente la tasa de utilización. Los servidores locales privados a menudo carecen de la inteligencia y los hipervisores característicos de los sistemas avanzados en la nube y, por consiguiente, se mantienen con frecuencia en un estado «siempre encendido» que malgasta electricidad, aunque la aplicación solo se utilice ocasionalmente.

La virtualización permite producir (y comprar) menos servidores para manejar la misma carga de procesamiento. Además, muchos operadores de centros de datos, en especial los operadores de hiperescala en la nube y los proveedores de servicios de colocación, se encuentran entre los usuarios más avanzados de fuentes de energías renovables en su combinación energética.

¿Cuál es la repercusión?

El cambio de un procesamiento de datos de gestión privada en las propias instalaciones por un centro de datos en la nube presenta una serie de oportunidades de eficiencia energética. Las economías de escala asociadas a la consolidación de centros de datos pueden ser importantes en términos de costes. Los proveedores en la nube reconocen también la refrigeración de los centros de datos como uno de los gastos operativos —si no el mayor— de su actividad y buscan agresivamente mejoras de la eficiencia energética.

¿Cuánto cuesta?

La posibilidad de consumir almacenamiento y funciones de computación como servicio permite a las empresas cambiar el gasto de capital por un gasto operativo variable y disfrutar de la flexibilidad y las ventajas económicas asociadas a ello. Aunque los costes iniciales pueden aumentar (por ejemplo, cuando una organización adopta un enfoque «híbrido», manteniendo un centro de datos privado y colaborando con un proveedor externo), los acuerdos basados en la nube han demostrado continuamente ofrecer un menor coste total de propiedad a lo largo del tiempo.^{xxxix}

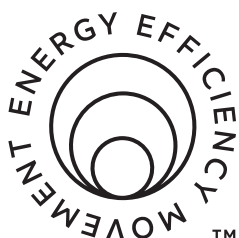
¿Cuál es el grado de complejidad?

El traslado de las cargas de trabajo de computación y la gestión de datos a la nube es una propuesta relativamente sencilla para la mayoría de las empresas. Muchas cargas de trabajo de computación se pueden trasladar con una simple transacción de suscripción a un servicio en la nube, mientras que otras requieren una configuración más cara y mayor implicación, generalmente con un socio tecnológico.

¿Con qué rapidez se obtienen resultados?

La mayoría de las empresas pueden esperar ver beneficios inmediatos en cuanto a eficiencia energética. El grado de aumento de la eficiencia dependerá de factores como el número de servidores utilizados, el volumen total de datos y la intensidad de computación de las aplicaciones.

Colaborador del Informe



¿Cuáles son los factores decisivos para el éxito?

La efectividad del uso energético (PUE) —la cantidad de energía que acaba utilizándose para la computación— es quizás el parámetro más importante en el diseño de los centros de datos, lo cual pone de manifiesto la importancia de la eficiencia para la industria. Algunas formas de mejorar el PUE son apagar los equipos tecnológicos inactivos, consolidar y virtualizar los servidores y el almacenamiento, ejecutar la distribución eléctrica a una tensión más elevada, utilizar conjuntos de circuitos integrados y características de gestión eficientes energéticamente e instalar sistemas de alimentación ininterrumpida de alta eficiencia.^{xi}

Las mejoras en el diseño de los centros de datos permiten mejorar drásticamente la eficiencia: las cifras de la industria indican que la potencia de cálculo aumentó un 550 por ciento entre 2010 y 2018, con apenas un 6 por ciento de ganancia energética.^{xii} Pero incluso aquellas empresas que poseen los recursos para implantar las características de diseño inteligente de los centros de datos, como la refrigeración inteligente, pueden tener dificultades para igualar la eficiencia de la virtualización de servidores y redes que acompaña a los servicios de hiperescala en la nube.

¿Qué dicen los expertos?

«Nuestra plataforma pública en la nube, Microsoft Azure, puede ayudarte a ahorrar hasta un 93 por ciento de tu consumo energético y es hasta un 98 por ciento más eficiente en términos de carbono que las soluciones en las propias instalaciones», afirma Christoph Pawlowski, promotor industrial de sostenibilidad de Microsoft, según un estudio.^{xiii}

Colaborador del Informe



MÁS INFORMACIÓN

Consulte el informe de la AIE «Centros de datos y redes de transmisión de datos». Puede leerlo en: <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>

Perspectivas y conclusiones

Aunque la repercusión global del aumento de la eficiencia variará mucho de un sector industrial a otro, la oportunidad de reducción de costes y emisiones es importante y sigue siendo en gran medida ignorada. Muchos gobiernos ofrecen también programas de incentivos para la eficiencia energética industrial que pueden ayudar a acelerar la adopción de innovaciones apropiadas.

Según la AIE, el mundo industrial tiene trabajo por hacer: la eficiencia energética no va en camino de cumplir el objetivo de emisiones «cero neto» de aquí a 2050^{«dim»} según lo definido en el acuerdo de París de 2015. «Este es el momento de invertir en eficiencia energética», afirma Lane de la AIE.

Ahora que la industria está estudiando el mejor modo de afrontar el doble reto de la descarbonización y la asequibilidad energética, debe quedar claro que la eficiencia merece un lugar mucho más destacado en la agenda empresarial industrial. Un elemento importante para obtener beneficios de la eficiencia energética es capacitar al personal industrial para aprovechar las innovaciones apropiadas.

Formar e incentivar a los empleados para convertir la eficiencia energética en una prioridad y utilizar las tecnologías disponibles para ello debe formar parte de cualquier enfoque sistemático para reducir el consumo energético. De modo más general, cuando las organizaciones estudian sus opciones para hacer frente al cambio climático y la subida de los costes energéticos, se encuentran ante cinco posibles vías:

- **Reducir el consumo energético produciendo menos.** En la mayoría de las economías desarrolladas, esto probablemente conduciría a una reducción de la actividad económica y un menor nivel de vida, un resultado probablemente problemático a nivel social y político.
- **Cambiar a fuentes energéticas renovables.** Esto ya está ocurriendo, aunque a un ritmo que probablemente no permita alcanzar a tiempo los objetivos climáticos mundiales. Dentro de industrias difíciles de descarbonizar, la transición energética probablemente llevará décadas.
- **Aumentar los modelos de negocio circular.** Esto puede reducir las emisiones derivadas de la adquisición de materias primas y preservar los recursos del planeta, pero no hará frente a las derivadas del consumo energético —y el calendario para introducir la circularidad probablemente se mida también en décadas.
- **Crear sumideros de carbono para compensar las emisiones industriales.** Esto se puede conseguir con un menor coste, por ejemplo, plantando árboles, pero con resultados inciertos y un horizonte a más largo plazo. Las medidas más rápidas y efectivas implican tecnologías inmaduras y son costosas.
- **Mejorar la eficiencia energética.** Esto permite a la industria trabajar en gran medida como hasta ahora, manteniendo la productividad y los beneficios, pero con menores costes y con una marcada reducción de las emisiones. Tal como ha demostrado este informe, muchas medidas de eficiencia se pueden poner en práctica rápidamente con resultados inmediatos.

Mitigar el cambio climático exigirá sin duda a la industria aplicar todas estas estrategias en diversos grados, pero la eficiencia energética destaca por ser la única capaz de producir los mayores resultados en el menor plazo y con menos inconvenientes. Las tecnologías necesarias para una mayor eficiencia se encuentran ya disponibles y las actuales condiciones de elevados precios energéticos en algunos lugares justifican su aplicación con más urgencia que nunca.

«A veces pensamos que hemos hecho lo suficiente en materia de eficiencia», concluye Morten Wierod de ABB. «Pero la tecnología ha evolucionado mucho en los últimos 10 años. Ha abierto una nueva puerta a la eficiencia energética. La tecnología que necesitamos se encuentra ya disponible y el momento de implantarla es este».

Colaborador del Informe



Referencias

- ⁱIEA Key World Energy Statistics 2021: Final consumption. Disponible en <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021/final-consumption>.
- ⁱⁱIbid.
- ⁱⁱⁱIEA, World Energy Outlook 2022.
- ^{iv}Página web: The R Group: ENERGY AUDITING. Disponible en <https://thergrouppllc.com/services/energy-consulting/energy-auditing-service/>.
- ^vASHRAE: Technical FAQ. Disponible en <https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Technical%20FAQs/TC-07.06-FAQ-95.pdf>.
- ^{vi}The R Group.
<https://new.abb.com/news/detail/87544/new-abb-study-on-industrial-transformation-unveils-critical-relationship-between-digitalization-and-sustainability>.
- ^{vii}Bob Shively, Enerdynamics, 2017: How Much Primary Energy Is Wasted Before Consumers See Value from Electricity? Disponible en https://www.enerdynamics.com/Energy-Curents_Blog/How-Much-Primary-Energy-Is-Wasted-Before-Consumers-See-Value-from-Electricity.aspx.
- ^{viii}Fernando Ferreira y Aníbal de Almeida, IEEE Industry Applications Magazine, January/February 2018: Reducing Energy Costs in Electric-Motor-Driven Systems.
- ^{ix}Danielle Collins, Motion Control Tips, 9 de marzo de 2020: <https://www.motioncontroltips.com/what-are-international-efficiency-standards-for-motors-and-gearmotors/>.
- ^xOmdia, 2020: Motor-driven Equipment Research Package.
- ^{xi}P. Waide and C.U. Brunner, documento de trabajo de la Agencia Internacional de la Energía, París, 2011: Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems.
- ^{xii}Australian Government Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water, 2022: Motors and variable speed drives. Disponible en <https://www.energy.gov.au/business/equipment-and-technology-guides/motors-and-variable-speed-drives>.
- ^{xiii}ABB, enero de 2021.
- ^{xiv}ABB, enero de 2021.
- ^{xv}Página web Honey Electric: Are Energy Efficient Motors A Good Investment? Disponible en <http://hoveyelectric.com/hoveyelectric-power-blog/bid/64122/How-to-Determine-if-Your-Motor-is-Energy-Efficient>.
- ^{xvi}Ibid.
- ^{xvii}ABB, junio de 2022.
- ^{xviii}Jason Deign, Foresight Climate & Energy, 28 de junio de 2022: A new direction for transport electrification. Disponible en <https://foresightdk.com/transport-new-direction/>.
- ^{xix}ABB, junio de 2022.
- ^{xx}Alfa Laval, 2022: 5 Reasons to use plate-and-frame heat exchangers instead of shell-and-tube. Disponible en <https://www.alfalaval.com/microsites/gphe/tools/gphe-vs-shell-and-tube/>.
- ^{xxi}IEA World Energy Outlook.
- ^{xxii}Reuters Events, junio de 2022: The Next Frontier: Decarbonising Industrial Heat.
- ^{xxiii}Made in China: Industrial Heat Pump Price. Disponible en <https://www.made-in-china.com/price/industrial-heat-pump-price.html>.
- ^{xxiv}Termo-plus, 4 de mayo de 2019: What is the life expectancy of heat pumps? Disponible en <https://termo-plus.com/blog/life-expectancy-of-heat-pumps/>.
- ^{xxv}Araner, 2021: Heat pumps key success factors. Disponible en <https://www.araner.com/blog/heat-pumps-key-success-factors>.
- ^{xxvi}<https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/sustainable-buildings>.
- ^{xxvii}Página web BrainBox AI, 2022: Making buildings smarter, greener, and more efficient. Disponible en <https://brainboxai.com/en>.
- ^{xxviii}Md. Faruque Hossain, Chapter Seven - Best Management Practices, Sustainable Design and Build, Butterworth-Heinemann, 2019, páginas 419-431, ISBN 9780128167229. Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816722-9.00007-0>.
- ^{xxix}Ibid.
- ^{xxx}BrainBox AI.
- ^{xxxi}Mid-Atlantic Controls, 13 de julio de 2021: How Much Does a Building Automation System Cost? Disponible en <https://info.midatlanticcontrols.com/blog/how-much-does-a-building-automation-system-cost>.
- ^{xxxii}Hossain, 2019.
- ^{xxxiii}Bloomberg, 13 de julio de 2022: BrainBox AI Named a Qualified Vendor by NYSDERDA for its Real-Time Energy Management + Tenants Program. Disponible en <https://www.bloomberg.com/press-releases/2022-07-13/brainbox-ai-named-a-qualified-vendor-by-nyserda-for-its-real-time-energy-management-tenants-program>.
- ^{xxxiv}Chin-Chi Cheng and Dasheng Lee, International Journal of Energy Research 42(1), julio de 2018: Return on investment of building energy management system: A review. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/326686419_Return_on_investment_of_building_energy_management_system_A_review.

Colaborador del Informe



- ^{xxxxvi}Gordon Lowry, Building Services Engineering Research and Technology 23(1):57-66, abril de 2002: Factors affecting the success of building management system installations. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/239405511_Factors_affecting_the_success_of_building_management_system_installations.
- ^{xxxxvii}<https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>.
- ^{xxxxviii}<https://www.spiceworks.com/tech/cloud/guest-article/how-the-cloud-drives-sustainability/>.
- ^{xxxxix}<https://blogs.gartner.com/marco-meinardi/2018/11/30/public-cloud-cheaper-than-running-your-data-center/>.
- ^{xl}Chris Loeffler, Buildings, 1 de mayo de 2008: 10 Ways to Save Energy in Your Data Center. Disponible en <https://www.buildings.com/feature/article/10192816/10-ways-to-save-energy-in-your-data-center>.
- ^{xli}Sebastian Moss, Data Center Dynamics, 27 de febrero de 2020: Huge data center efficiency gains stave off energy surge - for now. Disponible en <https://www.datacenterdynamics.com/en/analysis/huge-data-center-efficiency-gains-stave-energy-surge-now/>.
- ^{xlii}Microsoft, 2018: The Carbon Benefits of Cloud Computing: a Study of the Microsoft Cloud. Disponible en <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=56950>.
- ^{xliii}Informe de seguimiento de la AIE, septiembre de 2022:: Energy Efficiency. Disponible en <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency>.

Colaborador del Informe

