Figura 1. Pasos y consideraciones al evaluar el reemplazo de una caldera comercial a gas.

Gráfico de Marjorie Schott, NREL, Foto de Dennis Schroeder, NREL 23144

Estrategias de agua caliente para edificios comerciales: Una guía breve

Introducción

Las calderas comerciales utilizan gas combustible o petróleo, y a veces electricidad, para producir agua caliente o vapor que se distribuye en un edificio para calefacción de espacios y/o agua caliente sanitaria. Las calderas se encuentran en edificios de todos los tamaños, desde viviendas residenciales hasta grandes complejos comerciales y, en general, las calderas se vuelven menos eficientes y confiables con el tiempo. La vida útil media de una caldera de gas es de 24 a 35 años[1] y, aunque la caldera continue funcionando, se debe planificar su reemplazo alrededor de los 15 a 20 años de antigüedad o cuando aumentan las necesidades de mantenimiento. La lista de opciones de equipo para reemplazar calderas a gas está creciendo, especialmente en lo que respecta a bombas de calor. Es fundamental evaluar las opciones para identificar la mejor solución antes de su instalación, antes de que sea necesario un reemplazo urgente.

En muchos edificios existentes, el equipo se reemplaza con poca planificación, lo que puede resultar en una operación ineficiente, mayores costos y mantener al edificio en un ciclo de 25 años de alto consumo energético y emisiones. Al planificar un nuevo sistema de agua caliente, se deben considerar las emisiones de carbono, el consumo de energía, los costos y los cambios en las demandas del edificio para lograr un sistema óptimo. Un enfoque colaborativo, integral e innovador puede resultar en un sistema más limpio, energéticamente eficiente y rentable que cumpla con las necesidades de su instalación y favorezca la disminución de emisiones en el lugar. Este documento informativo asiste a propietarios y administradores de edificios en la planificación del reemplazo de calderas, a comprender las opciones y encontrar las soluciones más adecuadas para su situación. Para obtener información más amplia y detallada sobre la actualización de sistemas térmicos –incluyendo y más allá del reemplazo de calderas– investigue la guía de *Descarbonización de Sistemas Térmicos de Edificios*.

1 ASHRAE. "Tabla de expectativa de vida útil de equipos ASHRAE". Peachtree Corners, GA: ASHRAE.

Motivaciones para el reemplazo de caldera

Existen diversas razones para sustituir una caldera, que van desde una falla total que demande un reemplazo urgente, hasta modificaciones en las demandas del edificio o la necesidad de alinearse con los objetivos de sostenibilidad corporativa. Estas razones pueden influir de manera considerable en la opción de reemplazo más adecuada, por lo que es fundamental tenerlas en cuenta.

Cuando una caldera falla o requiere una reparación importante, existe suele haber una fuerte inclinación a reemplazarla con una tecnología similar. Una planificación reflexiva puede resultar en menores costos operativos, mayor vida útil del equipo y mayor comodidad para los ocupantes. Un enfoque proactivo puede reducir costos futuros si aumentan los precios de la energía, si cambian los objetivos corporativos o si las regulaciones hacen que las futuras reparaciones de una nueva caldera no sean atractivas.

La vida útil de una caldera depende del tamaño y calidad del equipo, su uso y los horarios de mantenimiento. Nadie puede prever con exactitud los momentos de fallo, pero hay estimaciones generales disponibles (ver Introducción, arriba). Los contratistas experimentados familiarizados con su sistema y mantenimiento pueden proporcionar orientación profesional y estimaciones. El aumento de fallas de componentes y las llamadas de mantenimiento suelen ser signos de que es momento de programar un reemplazo.

Es posible que los objetivos de sostenibilidad corporativos hayan cambiado desde que se instaló el equipo original, y el reemplazo similar puede ir en contra de esos nuevos objetivos. Para lograr estos objetivos, es necesario una planificación proactiva para que haya capital disponible, se hayan establecido planes y se hayan identificado contratistas. Esto puede minimizar el tiempo de inactividad para el reemplazo, incluso si la nueva configuración del sistema requiere cambios sustanciales en el edificio.

Los incentivos de servicios públicos y las regulaciones locales y estatales también pueden ser motivaciones para el reemplazo. Los incentivos pueden mejorar sustancialmente las oportunidades financieras mediante reducciones de costos o incentivos de financiamiento y brindar acceso a ingenieros de diseño y contratistas calificados. Los proveedores de incentivos también pueden tener cantidades limitadas de dinero y/o plazos para incentivar al propietario del edificio. Ellos también prefieren equipos más eficientes, como las bombas de calor, antes que las opciones tradicionales o menos eficientes, como las calderas eléctricas. Las normativas locales y estatales, como los requisitos de descarbonización, pueden exigir determinados niveles de rendimiento del edificio, los cuales pueden alcanzarse de manera más efectiva con equipos distintos a los que se utilizan actualmente.

Las ampliaciones del edificio y/o los cambios de uso pueden ser un momento ideal para considerar el reemplazo de la caldera. Las ampliaciones importantes del edificio casi siempre implican una capacidad adicional de HVAC y modificaciones. Puede ser más rentable reemplazar una caldera y dimensionar el nuevo sistema adecuadamente para todo el edificio que dejar una caldera obsoleta y añadir un sistema HVAC separado para la expansión. Si se modifica el uso del edificio, podría variar también la demanda de capacidad de HVAC, lo que ofrecería la oportunidad de actualizar o reemplazar la caldera.

Determinación de las necesidades del edificio y del sistema

El primer paso en la planificación de un reemplazo es identificar los requisitos para un nuevo sistema. Esto puede ser facilitado por un ingeniero de diseño calificado y experimentado, un consultor energético u otro profesional de HVAC, especialmente si no se tiene familiaridad con el sistema actual. Las preguntas por formular incluyen:

- **¿Ha cambiado el uso o el perfil de carga del edificio desde que se instaló el sistema actual?**
- **¿Se anticipan cambios futuros en el uso o la expansión del edificio?**
- **¿Qué antigüedad tiene el sistema actual?**
- **¿Existen ciertos tipos de sistemas que son requeridos o prohibidos por normativas locales?**
- **¿Está disponible el capital para reemplazar el sistema? De no ser así, ¿se puede obtener capital (por ejemplo, préstamos, subvenciones, incentivos) para reemplazar/actualizar el sistema si es necesario?**
- **¿Qué capacidad eléctrica está disponible en el sitio?**

Según las respuestas a estas preguntas, el reemplazo podría no ser necesario, pero aún así, podría ser útil considerar la planificación del reemplazo de la caldera, no solo por la inversión de tiempo que requiere, sino también porque puede ser un requisito del negocio. Al igual que en cualquier gran proyecto de construcción, localizar ingenieros y contratistas, coordinar con la compañía de servicios públicos para posibles mejoras eléctricas, solicitar equipos con **tiempos de entrega prolongados y obtener permisos se vuelve más sencillo y menos estresante con una buena planificación**.

Comprender sus objetivos y planes para el edificio es un paso clave para determinar los requisitos de un nuevo sistema. Las conversaciones con ingenieros y contratistas serán más efectivas si tiene claro lo que desea o necesita antes de contratarlos (como por ejemplo si existen planes de expansión futura o un cambio en el uso del espacio) para que pueda entender los sistemas que sugieren.

El siguiente paso es **hablar con ingenieros o contratistas calificados**.[2] Puede ser el ingeniero o contratista que diseñó o mantiene el sistema existente o una referencia de otra empresa; o se puede combinar este paso contactando a su compañía de servicios públicos para consultar sobre incentivos disponibles. Si hay incentivos disponibles, es probable que la empresa

2 ENERGY STAR, "10 Tips for Hiring a Heating and Cooling Contractor," consultado el 13 de agosto de 2024, https://www.energystar.gov/saveathome/heating-cooling/10-tips-hiring.

de servicios públicos cuente con una lista de contratistas calificados que han sido evaluados en términos de calidad y experiencia, y que saben cómo llevar a cabo el trabajo necesario para calificar para dichos incentivos. Es buena idea hablar con varias empresas y obtener múltiples cotizaciones; los precios y el alcance del trabajo pueden variar. El proceso de cotización en sí también puede ser extenso para proyectos grandes. Considere ingenieros con experiencia en desarrollar soluciones que aborden sus objetivos de proyecto (es decir, descarbonización, electrificación, eficiencia, etc.).

Al decidir a quién contratar, **considere algo más que el costo inicial**. El alcance del trabajo y el desempeño del equipo pueden variar mucho. Algunos ingenieros o contratistas pueden estar más interesados en un reemplazo similar con trabajo auxiliar mínimo. Otros ingenieros o contratistas pueden estar más preparados para proyectos de mayor envergadura, ya que cuentan con más personal y capacidad para realizar diseños más complejos, como la conversión a bombas de calor, la ampliación de capacidad, la expansión del edificio y el dimensionamiento del equipo para obtener una eficiencia máxima y rendimiento a largo plazo (incluyendo la consideración de ciclos). La disponibilidad de ingenieros y contratistas y su familiaridad con los requisitos locales también es una ventaja.

Es útil comprender la capacidad eléctrica del edificio: La electrificación de la calefacción a menudo requiere capacidad eléctrica adicional para ser instalada, incluso para bombas de calor. Esto es especialmente cierto si se cambia del sistema de calefacción de combustibles fósiles. Es posible evitar o compensar este costo al reemplazar un sistema de enfriamiento obsoleto al actualizar el sistema de calefacción. Primero, la capacidad eléctrica de enfriamiento puede ser adecuada para proporcionar la mayor parte o toda la energía de calefacción necesaria, lo que disminuye o elimina la necesidad de actualizar la infraestructura eléctrica. Segundo, se pueden eludir los gastos de sustitución del sistema de refrigeración si el nuevo sistema tiene la capacidad de calentar y enfriar. Los sistemas de calefacción y enfriamiento suelen tener una antigüedad similar, eliminando así otro gasto de capital importante a corto plazo. Tercero, combinar los sistemas de calefacción y enfriamiento también podría reducir los requisitos de espacio, ya que un solo sistema probablemente ocupará menos espacio.

También puede ser ventajoso dejar el sistema de calefacción existente en su lugar mientras se reemplaza el sistema de enfriamiento: Una bomba de calor podría proporcionar tanto refrigeración como calefacción con el sistema de calefacción existente proporcionando calor adicional en **eventos climáticos extremos o en casos de capacidad** eléctrica existente limitada. El sistema de calefacción existente puede controlarse para operar solo cuando sea necesario, reduciendo la mayoría de las emisiones en el sitio y brindando algo de resiliencia adicional.

Ejemplo de caldera a gas en una escuela primaria en Connecticut. Estos sistemas son aptos para ser modernizados a un sistema de calefacción eléctrica comercial.

Foto de Paul Torcellini, NREL 3048

Entendimiento del equipo existente, sistemas asociados y nuevas opciones de calentamiento de agua

El diseño del sistema de cada edificio es único. Colaborar con ingenieros de diseño y contratistas creativos y calificados, que adopten un enfoque integral para el reemplazo de la caldera, dará como resultado la mejor solución. A continuación, se presentan componentes del sistema a considerar cuando se prepare para un futuro reemplazo de caldera.

Calderas:

Hay varios tipos de calderas, cada una con sus propias ventajas y desventajas que es importante considerar al pensar en modificaciones a su sistema. Si no está seguro(a) del tipo de caldera que tiene, un ingeniero de diseño o contratista puede ayudarle a determinarlo, y el *Mapa de Recursos HVAC* puede proporcionar contexto adicional.

Más allá de las calderas:

La caldera es solo un componente del sistema de agua caliente o vapor en un edificio. Además de la caldera, también se deben considerar los puntos de ajuste de temperatura del agua caliente y los sistemas de distribución de agua/vapor y sistemas asociados, como plomería, bombas, ventiladores y ventilación, que podrían mejorarse durante la modernización para garantizar un rendimiento óptimo del sistema. En muchos

casos, también se debe considerar el reemplazo del sistema de enfriamiento, ya que presenta múltiples ventajas en términos de requisitos de espacio y electricidad, reducción de gasto de capital y la posibilidad de menores costos operativos. A continuación, se presentan algunos componentes adicionales a evaluar:

- **Temperatura del agua caliente:** Las bombas de calor se utilizan cada vez más para aplicaciones de agua caliente o vapor. Aunque la mayoría no puede alcanzar las temperaturas de agua de las calderas de combustibles (alrededor de 180°F) sin sistemas suplementarios, es posible modernizar el sistema hidrónico existente en el edificio para calentar cómodamente con agua a menor temperatura.[3] Esto se logra reemplazando radiadores y serpentinas de calefacción que pueden operar a temperaturas de agua más bajas. En algunos casos, los sistemas existentes están sobredimensionados y podrían servir al edificio con temperaturas de agua más bajas. Un ingeniero o contratista especializado puede evaluar y probar los sistemas actuales para identificar las mejoras necesarias para lograr temperaturas de agua más bajas.

- **Distribución:** La distribución efectiva de agua caliente o vapor en su edificio es esencial para el rendimiento del sistema. Al planificar el reemplazo de su caldera, aproveche para considerar la mejora del sistema de distribución: ¿Existen áreas del edificio que no se calientan de manera uniforme y necesitan mejoras? ¿Son adecuados los sistemas que no requieren un sistema de distribución, como bombas de calor distribuidas (fuente puntual), bombas de calor de terminal empacadas (PTHP), o mini-splits, para áreas de su edificio donde la instalación de una distribución adecuada es demasiado costosa? Piense críticamente sobre los desafíos y situaciones fuera de lo común para mejorar la calefacción de espacios en su edificio.

- **Bombas:** Elegir bombas eficientes y estrategias de control ayuda a reducir los costos operativos y a prolongar la vida útil de los equipos. Las bombas de velocidad variable, bombas sin sensor, motores de alta eficiencia y controles de reinicio de presión pueden ayudar a mejorar el sistema de bombeo en su edificio..

- **Plomería y tuberías:** Las tuberías en su edificio son una parte clave del sistema de distribución, y cualquier problema puede llevar a problemas importantes.Preste atención a los diferentes materiales en su red de tuberías, especialmente en las áreas donde ha tenido problemas: El material de las tuberías puede no ser adecuado para el líquido que contienen, o las tuberías pueden estar envejecidas y necesitar reemplazo. A menudo, los soportes que sostienen las tuberías están hechos de un metal diferente al de la propia tubería, lo que puede causar una corrosión galvánica. Asegúrese de que todos los metales disímiles estén aislados y no en contacto directo. Revise detenidamente el aislamiento de las tuberías: las manchas húmedas indican condensación o posibles fugas. Reemplazar el aislamiento degradado es un método asequible y efectivo para ahorrar en costos de energía. La degradación de las tuberías puede empeorar con sistemas de mayor temperatura, por lo que cambiar a sistemas de menor temperatura puede reducir los costos de mantenimiento. El diseño y dimensionamiento de las tuberías deberá considerarse si hay cambios en la temperatura del agua y en los requisitos de capacidad. Las mejoras en el sistema de plomería también pueden llevar a menores costos operativos al reducir el tamaño de la bomba y el consumo de energía.

Ejemplo de la sala de equipos con espacio disponible para una modernización de equipo. Sin embargo, algunas salas de equipo no tienen un espacio tan flexible. Las posibles limitaciones de espacio deben considerarse al principio del proceso de diseño.

Foto de John Porter, NREL 12708

- **Ventiladores:** Aunque no son el factor más importante en los costos operativos, son críticos para una combustión adecuada y la seguridad. Requieren mantenimiento y tienen un impacto no despreciable en el uso de energía. Si fallan, el sistema completo puede quedar fuera de servicio hasta que se puedan reemplazar. Los sistemas eléctricos reducen la complejidad y el consumo de energía al eliminar la necesidad de estos ventiladores.

- **Ventilación:** La ventilación adecuada de salas mecánicas con equipos de combustión es un requisito normativo. Esta ventilación requiere energía para los ventiladores y coloca una carga térmica adicional en el edificio. La carga puede reducirse en cierta medida si se utilizan ventiladores con recuperación de energía (ERV), aunque estos requieren costos de capital significativos y no son comunes en edificios pequeños. El equipo sin combustión, como las calderas de bomba de calor, puede eliminar tanto los costos de compra como de mantenimiento de este equipo auxiliar. Sin embargo, las grandes bombas de calor interiores pueden requerir un sistema de extracción de refrigerante de emergencia. Estos sistemas se activan en caso de emergencia, por lo que no funcionan continuamente ni impactan el consumo de energía, aunque existen costos de adquisición e instalación.

3 George Marshall. "Evaluating Low-Temperature Water-Heating Options," Consulting-Specifying Engineer. Consulting-Specifying Engineer, 27 de octubre de 2016. *https://www.csemag.com/articles/evaluating-low-temperature-water-heating-options/*

- **Almacenamiento de Energía Térmica:**[4,5] Este sistema acumula energía térmica para calefacción o refrigeración, lo que permite hacer funcionar el equipo en horas de baja demanda. El almacenamiento de energía térmica ofrece muchos beneficios a los sistemas hidrónicos en un edificio al reducir las cargas máximas, el tamaño, el tiempo de funcionamiento, y los ciclos cortos del equipo. El almacenamiento puede mitigar o eliminar la mayor demanda de electricidad en horas pico y los posibles costos asociados cuando se convierte un sistema de combustibles fósiles a una bomba de calor. Estas mejoras pueden reducir los costos operativos y de equipo y prolongar la vida útil del equipo.

- **Sistema de enfriamiento:** Reemplazar el sistema de enfriamiento por una bomba de calor mientras se mantiene la caldera existente en su lugar puede ofrecer muchos beneficios. La caldera existente puede usarse como calentador secundario, mientras que la bomba de calor sería la fuente principal. Durante los días más fríos, la capacidad adicional de la caldera mantiene la comodidad mientras la posición principal de la bomba de calor reduce los costos operativos en la mayoría de las condiciones. Esto evita o reduce considerablemente la necesidad de actualizar la infraestructura eléctrica. La redundancia del sistema de calefacción también significa que una falla o mantenimiento del sistema de calefacción no es una emergencia tan grave, reduciendo el costo y el estrés de un evento que de otro modo sería inmediato y costoso. Esto puede reducir el gasto de capital, ya que solo se requiere una bomba de calor en lugar de sistemas separados de calefacción y enfriamiento, que suelen tener una antigüedad similar.

Alternativas a las calderas a gas:

Existen varias tecnologías eléctricas para la climatización de espacios, destacando las bombas de calor, que pueden utilizarse en lugar de calderas de combustibles para satisfacer la carga térmica del edificio. Las tecnologías en este campo están progresando rápidamente, y se están creando sistemas más eficientes junto con opciones de refrigerantes respetuosos con el medio ambiente. Las tecnologías siguientes son ejemplos de estas opciones; algunas funcionan como unidades independientes, mientras que otras pueden utilizarse en combinación con otras técnicas. Una empresa de ingeniería podría presentar una combinación de estas opciones como solución para el edificio.

4 NREL, "Cool Thermal Energy Storage: Basics," consultado el 13 de agosto de 2024, https://hvacresourcemap.nrel.gov/commercial-hvac/central-plant/cool-thermal-energy-storage.
5 NREL, "Hot Thermal Energy Storage: Basics," consultado el 13 de agosto de 2024, https://hvacresourcemap.nrel.gov/commercial-hvac/central-plant/hot-thermal-energy-storage.

Tabla 1. Equipos alternativos para sustituir la calderas a gas.

Tipo de equipo	Descripción
Bombas de calor aire-aires	Utilizan el ciclo de compresión de vapor para suministrar aire caliente o frío directamente desde el sistema de refrigeración sin necesidad de un fluido intermedio (como agua o glicol). Ejemplos incluyen las bombas de calor de terminal empaquetadas (PTHP), bombas de calor mini y multi-split, y bombas de calor RTU.
Bombas de calor aire-aguas	Utilizan el ciclo de compresión de vapor para producir y suministrar agua caliente o fría a componentes del edificio como radiadores, cajas de volumen de aire variable (VAV), serpentinas de ventilador, y otros intercambiadores de calor.
Bombas de calor geotérmicas o de fuente de agua	Similares a las bombas de calor aire-agua, pero utilizan el suelo o el agua como fuente para la bomba de calor. Estos sistemas pueden ser más eficientes que las bombas de calor de fuente de aire.
Enfriadoras de recuperación de calor	Capturan el calor residual del condensador de la enfriadora, permitiendo refrigeración y calefacción simultáneas.
Sistemas de flujo de refrigerante variable (VRF)	Suministran refrigerante a unidades de calefacción/refrigeración en zonas individuales del edificio y permiten la recuperación de energía y la calefacción y refrigeración simultáneas.
Calderas eléctricas	Usan resistencias eléctricas para producir y suministrar agua caliente al edificio; funcionan de manera similar a una caldera de combustible, aunque generalmente son más costosas de operar. La expansión de las opciones de bombas de calor comercialmente disponibles hace que esta opción sea menos atractiva en muchos casos.

Fuente contribuyente: Goetzler, William, Young, Jim, Butrico, Mark y Ryan Murphy. 2024. Guidance Document on Space Heating Electrification for Large Commercial Buildings with Boilers. Washington, D.C.: Departamento de Energía de los Estados Unidos. https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-04/Large%20Building%20Boiler%20Electrification%20Guidance.pdf

Ejemplo de una caldera de vapor eléctrica. Estas pueden ser compactas con un bajo costo de capital. Sin embargo, pueden requerir grandes actualizaciones de capacidad eléctrica y tienen altos costos operativos. Estos costos de actualización y operación podrían evitarse con una caldera de bomba de calor.

Foto de Dennis Schroeder, NREL 38455

Impacto del reemplazo de calderas

Al actualizar una caldera, existen consideraciones prácticas que van más allá del dimensionamiento y el costo. Si es **importante reducir las emisiones de carbono en el sitio,** electrificar el sistema de calefacción es a menudo el método de mayor impacto. La calefacción y el calentamiento de agua suelen ser las principales fuentes de emisiones en el sitio; reemplazarlos con un sistema eléctrico a menudo reduce estas emisiones a cero.

La eficiencia del sistema es otra consideración importante: puede ser un factor importante en el costo operativo y puede generar el mayor ahorro de costos a largo plazo. También es casi imposible de cambiar después de la instalación. La mejor oportunidad para mejorar la eficiencia es durante el diseño/instalación del sistema.

Otra consideración importante es si **se requieren mejoras de infraestructura**. Estas pueden afectar el costo del proyecto, la duración e incluso la interrupción de la operación del edificio. Esto es a menudo una consideración al cambiar de una caldera de gas natural a un sistema eléctrico como una bomba de calor. Es posible que también sea necesario actualizar el servicio eléctrico del edificio. Las actualizaciones de distribución pueden aplicarse independientemente de si el nuevo sistema es centralizado o distribuido.

Las nuevas configuraciones de sistema también ofrecen **oportunidades para dimensionar correctamente el equipo**; los sistemas más antiguos pueden haber sido diseñados para usos obsoletos del edificio y pueden no modularse adecuadamente o tener sistemas de distribución adecuados. El dimensionamiento del sistema afecta la comodidad y el costo operativo y puede afectar la longevidad del sistema, ya que los sistemas sobredimensionados pueden ciclar excesivamente, y una distribución insuficiente puede sobrecargar bombas y ventiladores, lo que lleva a fallas prematuras y costos de mantenimiento adicionales.

Un nuevo sistema siempre debe ser al menos tan eficiente como el sistema que reemplaza. Si este no es el caso, debería realizar más trabajos de diseño en asociación con un ingeniero de diseño y considerar empresas alternativas. Los ahorros en los costos operativos deben ponderarse en relación con los costos iniciales. Los costos adicionales del proyecto pueden compensarse con los costos operativos reducidos.

Ejemplos prácticos en operación

Dado que todos los edificios son diferentes, existen muchos enfoques para el reemplazo de calderas, y los siguientes ejemplos prácticos pueden servir como punto de partida. Las dos últimas entradas de la tabla son un seminario web y una colección de entrevistas con diseñadores de HVAC, respectivamente, que contienen ideas clave de la práctica de modernización de calderas.

Tabla 2. Ejemplos de casos de calderas que han sido reemplazadas en la práctica.

Tipo de Edificio	Ubicación	Actividades	Links
Edificio comercial con inquilinos: Hudson Square Properties	Ciudad de Nueva York, NY	• Reemplazo de calefacción a vapor y unidades de aire acondicionado de terminal empaquetadas (PTAC) con un sistema de bomba de calor de fuente de agua (WSHP) con tanques de agua en el techo para almacenamiento térmico • El sistema de ventilación con recuperación de energía minimiza el calor desperdiciado • Calefacción y refrigeración compartidas entre y entre inquilinos, y eventualmente, entre otros edificios	Descripción: *https://www.nyserda.ny.gov/About/Publications/Featured-Case-Studies/Hudson-Square-Properties* Detalles técnicos : *https://www.nyserda.ny.gov/-/media/Project/Nyserda/Files/Publications/Case-Studies/Empire-Building-Challenge/Hudson-Square-handbook-slides.pdf*
Edificio multifamiliar: Apartamentos Forum	Denver, CO	• Reemplazo de aires acondicionados de ventana y calefacción hidrónica mediante calefacción distrital con bombas de calor de terminal empaquetadas (PTHP) en unidades y bombas de calor de terminal vertical (VTHP) en corredores • Reemplazo del intercambiador de calor de vapor con calentadores de agua eléctricos centrales para agua caliente sanitaria • Se reemplazó la unidad de manejo de aire en la azotea (AHU) con una bomba de calor empaquetadas	Sección 8.1: *https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-04/Large%20Building%20Boiler%20Electrification%20Guidance.pdf*
Edificio de oficinas histórico: Sede General de Cook County Forest Preserves	River Forest, IL	• Sistema de flujo de refrigerante variable (VRF) instalado para calefacción y refrigeración de espacios • Reemplazo de: calderas de gas natural y radiadores; aires acondicionados de ventana; unidad de azotea a gas y refrigeración de expansión directa; calentadores a gas, y sistema de aire acondicionado dividido; ventilación mecánica	Sección 8.2: *https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-04/Large%20Building%20Boiler%20Electrification%20Guidance.pdf*
Seminario Web: A partir del campo: Sistemas eficientes de agua caliente	Diversos climas; California	• Lecciones prácticas sobre varios tipos de cambios en sistemas • Estudio del caso que describe el reemplazo del sistema de calderas de un edificio municipal con bombas de calor aire-agua	Seminario Web: *https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/webinars/field-efficient-hot-water-systems* Presentación: *https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/sites/default/files/2024-05/From%20the%20Field%20-%20Slides.pdf*
Entrevistas a diseñadores: Modernización de calderas en edificios comerciales	Diversos climas	• Dimensionar el equipo correctamente • Instalar medidores y recopilar datos del edificio • Operar o diseñar a temperaturas de agua más bajas • Evaluar opciones para optimizar la electrificación • Disminuir las emisiones del edificio, aunque la conversión a un sistema totalmente eléctrico no sea viable	Documento: *https://escholarship.org/uc/item/6k4369zv* Presentación: *https://cbe.berkeley.edu/wp-content/uploads/2022/04/06-Boiler-retrofits-decarb-04-22.pdf*

Recursos Financieros

Existen incentivos, reembolsos, créditos fiscales y otras formas de asistencia disponibles de diversas fuentes. Lanzar una amplia red a la hora de buscar ayuda financiera y apilar y coordinar estos recursos puede beneficiar enormemente a su proyecto.

Su ciudad, jurisdicción local, compañía de servicios públicos o estado pueden tener estándares de desempeño de edificios (BPS) u otras iniciativas con asistencia financiera u otros apoyos asociados. También existen organizaciones locales que ofrecen asistencia para contratación y financiamiento a entidades pequeñas, sin fines de lucro y centradas en la comunidad. A nivel federal, la *deducción para edificios comerciales energéticamente eficientes* está disponible bajo el Código de Impuestos Internos Sección 179D y se amplió bajo la Ley de Reducción de la Inflación (IRA). La información del Departamento de Energía de EE.UU. sobre esta deducción fiscal está disponible *aquí*

Herramientas en línea como *AFFORD*, *DSIRE*, y *Better Buildings Funding and Incentives Resource Hub* pueden ayudarle a hacerse una idea de las opciones definanciamiento disponibles en función de las características específicas de su proyecto.

Conclusion

Planificar el reemplazo de una caldera puede mejorar la funcionalidad de su edificio y ayudar a alcanzar los objetivos de descarbonización y eficiencia. Cada edificio es diferente, y considerar las necesidades, objetivos y usos de su edificio es importante para encontrar el sistema adecuado. Existen recursos financieros disponibles, y trabajar con un equipo de diseño cuidadoso le ayudará a completar la modernización con éxito..

Las escuelas son buenos candidatos para las mejoras en sistemas de agua caliente.

Foto del Prairie Trails Early Learning Center en Mt. Prospect, IL.

Foto cortesía de FGM Architects

NREL

National Renewable Energy Laboratory
15013 Denver West Parkway
Golden, CO 80401
303-275-3000 • www.nrel.gov

NREL es un laboratorio nacional del Departamento de Energía de EE.UU., Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable, operado bajo el contrato No. DE-AC36-08GO28308.

NREL/FS-5500-92532 • May 2025

NREL imprime en papel con contenido reciclado.