



renueva  
tu energía

Guía de  
Eficiencia Energética  
para Entidades Sociales





renueva  
tu energía

Guía de  
Eficiencia Energética  
para Entidades  
Sociales

**Edita:**

Fundación Santa María la Real  
Avda. Ronda 1-3 34800 Aguilar de Campoo Palencia  
[www.santamarialareal.org](http://www.santamarialareal.org)

1ª edición, Mayo 2024  
© Fundación Santa María la Real

Maquetación: Estudio gráfico porENDE

Acceso abierto y libre consulta, descarga y reproducción  
siempre que se otorgue el crédito a los autores.  
No puede utilizarse el material para una finalidad comercial.





INTRODUCCIÓN

**9**

ILUMINACIÓN Y ELECTRICIDAD

**19**

EQUIPOS E INSALTACIONES TÉRMICAS

**45**

ENVOLVENTE

**75**

MOVILIDAD

**89**

REFERENCIAS

**101**





El

**proyecto “Renueva tu Energía”** surge como una iniciativa desarrollada y cofinanciada por la Fundación Santa María la Real y la Fundación Ávila, con el apoyo y financiación de la Fundación EDP a través del Programa Energía Solidaria.

El objetivo principal de este proyecto es ayudar a las organizaciones sociales en la reducción de su consumo energético y la disminución de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante la adopción de prácticas más sostenibles.

Las entidades no lucrativas se enfrentan a múltiples retos. Entre ellos a la necesaria adopción de prácticas dirigidas a la descarbonización de sus actividades y a mejorar el uso de sus recursos económicos, reduciendo la factura del gasto energético.

Esta guía se ha elaborado con el propósito de facilitar la transición energética de las entidades no lucrativas. Comienza con estrategias para la reducción de consumos y avanza hacia la implementación de soluciones técnicas que les permitan generar su propia energía de manera más sostenible.



# INTRODUCCIÓN

## EFICIENCIA ENERGÉTICA

Antes de empezar, es importante saber a qué nos referimos cuando hablamos de eficiencia energética. En general, esta depende de distintos factores, y el peso relativo que se le dé a cada uno de ellos dependerá de los objetivos y las políticas de cada organización. Algunas pueden favorecer el ahorro en emisiones de gases de efecto invernadero, mientras otras pueden marcar la prioridad en la rentabilidad de las actuaciones que se lleven a cabo, y ambos enfoques entran dentro de la definición general de mejoras de eficiencia energética. Veamos entonces cuáles son los factores que se deben tener en cuenta en este tipo de actuaciones.

- **Ahorro energético.** En principio, parece lo más obvio. Las actuaciones de eficiencia energética deben conducir a minimizar el consumo energético, racionalizándolo y eliminando consumos innecesarios. Esto se consigue utilizando equipos más eficientes, con mayor rendimiento, y, en el caso de climatización, reduciendo las pérdidas energéticas a través de fachadas, ventanas y cubiertas.
- **Ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> y gases de efecto invernadero.** Parece una consecuencia del primer factor, pero no siempre es así. En efecto, si el consumo energético es menor, las emisiones ocasionadas por ese consumo se verán también reducidas. Sin embargo, también es una medida de eficiencia energética la sustitución de una caldera de gasoil por otra de biomasa. La demanda energética será la misma, pero las emisiones se verán drásticamente reducidas al sustituir un combustible fósil por otro 100% renovable.
- **Ahorro económico.** No podemos ignorar que con este tipo de actuaciones también buscamos reducir nuestra factura energética. En este sentido es importante considerar tanto el ahorro económico periódico que se produce en las facturas, como el período de retorno de la inversión: en cuánto tiempo se va a amortizar el coste de nuestra actuación de eficiencia energética con los ahorros económicos generados. Así, nos encontraremos con medidas de bajo período de retorno [sustitución de lámparas], con período de retorno muy elevado largo [renovación de ventanas], e incluso medidas en las que no se espera retornar la inversión de modo directo, pero que son interesantes porque, por ejemplo, reducen la huella de carbono de la organización.
- **Confort.** Este es un factor que, en ocasiones, no es sencillo de medir, porque afecta a las sensaciones de los usuarios del edificio. Es cierto que existe normativa, como los niveles mínimos de iluminación o las temperaturas de las estancias en función de la estación del

año, encaminada a asegurar unos niveles mínimos de confort. Además, la información, colaboración y retroalimentación de los trabajadores y usuarios va a ayudar a optimizar medidas que se escapan a la “contabilidad” de los factores anteriores. Y por supuesto, en el momento en que cualquiera de los tres factores anteriores (ahorro energético, en emisiones o económico) supone una pérdida del confort de los usuarios del edificio, ya no estamos hablando de eficiencia energética.

## **IMPLICACIÓN DE LOS USUARIOS DIRECTOS**

En una organización, la implicación y colaboración de los usuarios directos es fundamental para el éxito de cualquier medida de eficiencia energética. Tanto mandos intermedios como trabajadores deben conocer, entender y participar en la política de eficiencia energética de la organización para que esta se lleva a cabo con éxito:

Es un error muy común pensar que una vez instalado un equipo o un sistema, ya está implantada la medida de eficiencia energética. En muchas ocasiones son los usuarios individuales los que gestionan de forma directa los equipos consumidores de energía: encienden y apagan luces, suben y bajan persianas, fijan temperatura en termostatos, o incluso pueden enchufar equipos auxiliares consumidores de energía (un calefactor, por ejemplo). Parece lógico que, ante cualquier medida, sean informados para conocer cómo gestionarla adecuadamente en su ámbito de actuación. Se pueden realizar cursos de formación periódicos que informen, entre otras cosas de:

- Correcta utilización y apagado de estancias y equipos cuando no estén en uso.
- Mantenimiento de temperaturas de consigna en termostatos.
- Correcta utilización de equipos de calefacción o refrigeración auxiliares.
- Identificación e información de defectos que permitan su rápida corrección.
- En época de calefacción, asegurarse de que las ventanas y puertas están cerradas, y si se abren para ventilación, no se supera el tiempo estrictamente necesario.
- Buenas prácticas de uso eficiente y apagado de ordenadores

Una manera de evitar las actuaciones individuales es la gestión remota de la medida que se haya implementado [por ejemplo, hacer una renovación del sistema de calefacción y eliminar el acceso directo a termostatos, ya que se controlan de forma remota]. La puesta a punto y optimización de sistemas de este tipo lleva tiempo [en ocasiones, hasta un año], y van a ser los usuarios directos los que informen de cómo funciona el sistema en cada estancia y qué necesidades específicas existen. No contar con ello resultará en un sistema ineficiente y, lo que probablemente es peor, en la despreocupación o el descontento de los trabajadores ante las medidas implantadas [sobre todo si afectan a su confort].

Los mandos intermedios son fundamentales en la correcta aplicación de medidas de eficiencia energética. Esto es más relevante en grandes organizaciones, con distintas delegaciones. Aunque la decisión de implantación de medidas de este tipo puede ser global, su gestión siempre es local e individual para cada edificio o delegación. Por lo tanto, la información debe fluir en ambas direcciones de forma continua, identificando problemas, informando de soluciones, enviando instrucciones, etc. Cuando hablamos de delegaciones en localizaciones distintas del edificio central, o en grandes organizaciones, es habitual que los mandos intermedios estén informados e implicados en el momento de la implantación de las medidas, pero que ese canal de información se vaya perdiendo conforme los mandos van siendo sustituidos [sobre todo cuando las medidas, como es normal, funcionan de forma correcta]. La elaboración de un procedimiento de actuación, ligado al puesto concreto, y que pase de mando a mando en cada sustitución, contribuirá al mantenimiento del canal de información.

Hay un fenómeno que se ha observado en algunas organizaciones, en muchas ocasiones debido a una información incorrecta, no tanto de las medidas, sino de la política de la organización. Como se ha comentado, los usuarios son los gestores últimos de muchas de las medidas de eficiencia energética. Al ser informados de las medidas, en algunos casos se ha detectado una relajación en las actitudes: donde antes se apagaban las luces de forma sistemática al abandonar la estancia ya no se hace siempre, o se mantienen zonas calefactas en horarios de no ocupación. Es una sensación de “tarifa plana” o de “como ya estamos ahorrando, nosotros nos podemos relajar”. De nuevo, conocer los consumos periódicos, objetivos de ahorro y la necesidad de la implicación de todos para llegar a ello contribuirá a mantener una disposición activa hacia la eficiencia energética.

## AUDITORÍA ENERGÉTICA

¿Por dónde debemos empezar las medidas de eficiencia energética? ¿Por las que más energía ahorren?, ¿por las que tengan menor período de retorno?, ¿por las que sean más fáciles de implantar? En realidad, cada organización tiene sus propias prioridades, y seleccionará con su propio criterio cómo llevar a cabo las medidas de eficiencia energética. Pero todas deben comenzar por el mismo punto: conocer con detalle cuál es el estado de la organización en relación con su consumo y gestión energética. Y para conocer hay que medir: Lo que no se mide no existe, y por tanto no se puede mejorar. El procedimiento para realizar estas mediciones es lo que se conoce como auditoría energética.

La auditoría energética se puede hacer a nivel interno o contratar una empresa externa, pero debe cumplir dos requisitos fundamentales: Debe ser realizada por **expertos**, que conozcan, si no todas, sí una buena parte de las medidas de eficiencia energética del mercado, y debe ser **independiente**, que nos pueda describir cuáles son las mejores opciones aplicables a nuestra organización. Muchos suministradores de equipos ofrecen auditorías energéticas, además de forma gratuita: no son la mejor opción.

Una auditoría energética incluirá los siguientes apartados:

- **Objeto.** Definición del alcance de la auditoría. Este puede ser total, cubriendo todos los campos relacionados con el consumo energético, o parcial, enfocado específicamente a una parte (envolvente, consumos eléctricos, iluminación, climatización, etc.)
- **Inventario.** Relación detallada de las características de todos los elementos de consumo relacionados con el objeto. Se aplica tanto a elementos constructivos (envolvente) como instalaciones, sistemas y equipos, así como su uso y mantenimiento.
- **Suministros energéticos.** Detalle de todos los suministros energéticos relacionados con el objeto de la auditoría. Incluye suministrador, facturas, períodos de cargo o tarifas. El período mínimo recopilado es un año completo, aunque para las auditorías que incluyen calefacción o climatización es preferible contar con varios años de suministro.
- **Análisis de ineficiencias.** Relación de todos los aspectos recogidos en el inventario y en el suministro energético que pueden ser mejorados. En este apartado se analizan la contratación energética, características de la envolvente, las instalaciones térmicas y eléctricas, la gestión y el uso del edificio, instalaciones y equipos, procedimientos de mantenimiento, política de movilidad, etc.

- **Propuesta valorada de mejoras.** Esta debe ser la conclusión de la auditoría. Tras el estudio y análisis de la situación energética de la organización, se realiza una propuesta de mejoras de eficiencia energética. Esta propuesta debe ser cuantificada y detallada, de manera que permita la toma de decisiones. Deberá incluir:
  - **Distintas opciones de actuación.** En muchas ocasiones no existe una única alternativa de mejora de la eficiencia energética: hay opciones más costosas que otras, opciones que ahorran más energía, o emisiones. Es la organización la que a la luz del abanico de propuestas seleccionará las que mejor se adecuan a su situación.
  - **Inversión necesaria para cada medida propuesta.** Es fundamental conocer el coste de cada una de las medidas que aparecen en la auditoría energética.
  - **Ahorros generados.** Cada medida supondrá un ahorro, tanto en consumos energéticos, como en coste económico, como en emisiones de gases de efecto invernadero. La auditoría debe recoger estos ahorros en cada una de las medidas propuestas
  - **Plan de amortización.** Se deriva directamente de los dos puntos anteriores. Conociendo la inversión necesaria y los ahorros económicos se puede establecer el tiempo de amortización de cada una de las medidas.

## ESTRATEGIA DE GESTIÓN ENERGÉTICA

A la vista de los resultados resultados de la auditoría, la organización está ya capacitada para emprender su estrategia de implantación de mejoras. Puede empezar con aquellas que mayor disminución energética consigan, o favorecer la reducción de emisiones. O también puede establecer un calendario, empezando por aquellas que amorticen más rápidamente la inversión, y con lo ahorros generados llevar a cabo otras mejoras más profundas de forma sucesiva, conforme se amortizan las medidas y se generan más ahorros.

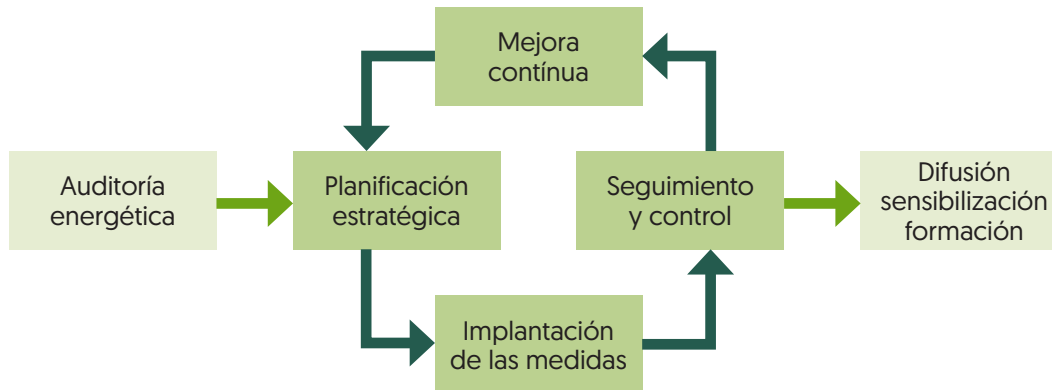
En todo caso, es conveniente elaborar una Estrategia de Gestión Energética, que incluya la definición de objetivos y acciones, establezca lo métodos de control y seguimiento, así como los mecanismos de gestión.

El siguiente diagrama representa en qué consiste la Estrategia de Gestión Energética



## COMPROMISO DE LA ORGANIZACIÓN

Equipo de trabajo + Plan de trabajo



## PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

En primer lugar, queda enmarcada en dos actores fundamentales: La **dirección de la organización** y sus **trabajadores**. La dirección está vinculada y comprometida con la Estrategia de Gestión Energética, por medio de la elaboración de un plan de trabajo, y la designación de un equipo de trabajo, responsable de su ejecución. Los trabajadores deben ser informados del plan y se deberán establecer mecanismos para su participación, tanto en la gestión de las medidas como en su supervisión, con canales abiertos para sugerencias, quejas, etc.

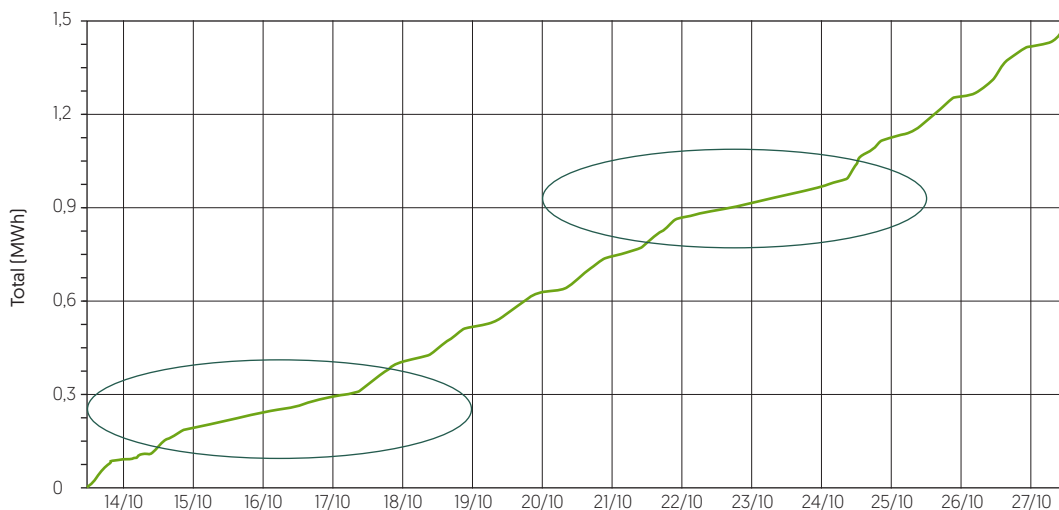
Como ya hemos visto, la actuación parte de una auditoría energética, que establece las propuestas de medidas de mejora. A partir de ahí se establece el ciclo de mejora continua:

- **Planificación estratégica.** Establecimiento de un plan que define los objetivos que se quieren conseguir, las acciones que se van a realizar para llegar a ellos y el calendario de ejecución.
- **Implantación de las medidas.** Consiste en la ejecución de las medidas, pero también en la información al personal de la empresa de qué medidas se implantan y su motivación,

así como en qué papel juega cada uno en su gestión. Ya hemos visto que una medida de eficiencia energética va más allá del cambio de una lámpara o la instalación de una nueva caldera: tan importante como eso es su correcta operación una vez implantada.

- **Seguimiento y control.** Para saber si alcanzamos los objetivos marcados, hay que establecer una política de seguimiento periódico de los consumos en las medidas implantadas. En muchas ocasiones puede bastar con una revisión y análisis de las facturas energéticas. Deben establecerse canales de comunicación activa entre el equipo de gestión y los trabajadores para que estos estén informados de la evolución hacia los objetivos, y a su vez el equipo de gestión sea capaz de identificar necesidades de formación, buenas prácticas, oportunidades de mejora, etc.

**Fig. 1**  
Seguimiento de consumos energéticos en un edificio donde se identifican consumos anómalos durante los fines de semana, con el edificio desocupado



- **Mejora continua.** la Estrategia de Gestión Energética no es un paquete cerrado. Cerrando el círculo, a la vista de los resultados del seguimiento de las medidas, se podrán actualizar objetivos, planificar nuevas acciones o modificar las metodologías de seguimiento.





# ILUMINACIÓN Y ELECTRICIDAD

La mejora en los sistemas y equipos de electricidad es una de las opciones de aumentar la eficiencia energética en edificios. Aunque también se van a abordar estrategias para mejorar la eficiencia energética del consumo eléctrico en general dentro de este capítulo, merece especial atención la **iluminación**, ya que esta **puede suponer el 40 – 50% de su consumo eléctrico**. Sin embargo, y como se ha comentado anteriormente, la mejora de la eficiencia energética va más allá de una mera sustitución de lámparas, equipos o luminarias: es necesaria una correcta evaluación de la situación de partida, incluyendo consumos energéticos y económicos, pero también calidad de iluminación y confort de los usuarios.

### ¿Cuándo realizar una intervención de eficiencia energética en equipos y sistemas eléctricos y de iluminación?

Podemos plantearnos la realización de actuaciones de eficiencia energética en instalaciones y sistemas de iluminación en las siguientes situaciones:

- La **iluminancia** en estancias y espacios del edificio supera los límites requeridos, de acuerdo con la tabla 1.
- Los **equipos y sistemas de iluminación son ineficientes**. La ineficiencia puede ser debida tanto a un excesivo consumo energético como a un coste excesivo de mantenimiento y sustitución de elementos.
- **Instalaciones que han superado su vida útil**: Luminarias sucias o deterioradas y lámparas cuya luminancia está por debajo de su valor nominal (y no se alcanzan los requisitos mínimos de iluminación)
- Equipos y sistemas de iluminación que están **encendidos más tiempo del que es realmente necesario**.
- Posibilidad de **reducción de los costes de energía y potencia eléctrica**.
- **Malas condiciones de iluminación**. Iluminación escasa, poco uniforme, cambios en el uso de estancias del edificio, etc. En este caso la mejora de la eficiencia energética no implica necesariamente un ahorro energético o económico (como puede ser en estancias iluminadas por debajo de sus requisitos mínimos).
- **Cambio en la normativa**. Nuevos requisitos en las normas aplicables (CTE, REBT, etc.) que impliquen cambios en las instalaciones.

## Factores que se deben tener en cuenta en las actuaciones de mejora de la eficiencia energética en iluminación

### 1. Niveles de iluminación

En muchos casos la eficiencia energética se plantea como una mera sustitución de equipos y sistemas por otros de menor consumo energético. Sin embargo, las actuaciones de mejora de la eficiencia energética son un magnífico momento para evaluar la adecuación de equipos y sistemas a la normativa y a los requisitos de confort y adecuar las actuaciones a estos condicionantes.

En el caso de la iluminación, su calidad viene definida por los siguientes parámetros:

- **Iluminancia [E]**: se mide en luxes y da cuenta del flujo luminoso que existe en una zona.
- **Uniformidad**: se utiliza para definir la relación entre los valores máximos y mínimos de la iluminancia en una estancia. Cuanto mayor es la uniformidad, menor diferencia existe entre los valores de iluminancia máxima y mínima.
- **Deslumbramiento**: está definido como la incomodidad en la visión producida cuando partes del campo visual son muy brillantes. Tiene que ver con las condiciones de la estancia o de la instalación, más que con las lámparas o luminarias. Se mide con el **Índice de Deslumbramiento Unificado [UGR]**.
- **Índice de reproducción cromática [IRC]**: capacidad de la fuente de luz analizada de reproducir los colores reales (establecidos por una fuente de referencia).

La Tabla 1. muestra las condiciones de iluminación recomendadas distintas dependencias, según la norma europea EN-12464.

Tipo de dependencia o actividad	Iluminancia media horizontal (lux)	Índice de deslumbramiento Unificado UGR <sub>L</sub>	Índice de Reproducción Cromática (Ra)
---------------------------------	------------------------------------	--	---------------------------------------

### Zonas de tráfico y áreas comunes dentro de edificios

Áreas de circulación y pasillos	100	28	40
Escaleras, escaleras automáticas	150	25	40
Rampas, tramos de carga	150	25	40
Cantinas, despensas	200	22	80
Salas de descanso	100	22	80
Salas para ejercicio físico	300	22	80
Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200	25	80
Enfermería	500	19	80
Salas para atención médica	500	16	90
Salas de material, salas de mecanismos	200	25	60
Almacenes y cuarto de almacén	100	25	60
Pasillos: sin guarnecer	20	-	40
Pasillos: guarnecidos	150	22	60

### Oficinas

Archivo, copias, etc.	300	19	80
Escritura, puesto de trabajo de ordenador, lectura, tratamiento de datos	500	19	80
Dibujo técnico	750	19	80
Salas de conferencia y reuniones	500	19	80
Mostrador de recepción	300	22	80
Archivos	200	25	80

### Lugares de pública concurrencia

Halls de entrada	100	22	80
Guardarropas	200	25	80
Salones	200	22	80
Oficinas de taquillas	300	22	80
Restaurante auto-servicio	200	22	80
Restaurante buffet	300	22	80
Sala de conferencias	500	19	80
Bibliotecas: estanterías	200	19	80
Bibliotecas: área de lectura	500	19	80
Bibliotecas: puestos de servicio al público	500	19	80
Aparcamientos: rampas de acceso [de día]	300	25	20
Aparcamientos: rampas de acceso [de noche]	75	25	20
Aparcamientos: calles de circulación	75	25	20
Aparcamientos: áreas de aparcamiento	75	-	20



**Establecimientos educativos**

Aulas, aulas de tutoría	300	19	80
Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500	19	80
Sala de lectura	500	19	80
Pizarra	500	19	80
Aulas de prácticas y laboratorios	500	19	80
Aulas de manualidades	500	19	80
Aulas de prácticas de informática	300	19	80
Halls de entrada	200	22	80
Áreas de circulación, pasillos	100	25	80
Escaleras	150	25	80
Aulas comunes de estudio y aulas de reunión	200	22	80
Salas de profesores	300	19	80
Biblioteca: estanterías	200	19	80
Biblioteca: salas de lectura	500	19	80
Salas de deportes, gimnasios (uso general)	200	22	80
Cantinas escolares	200	22	80
Cocina	500	22	80

**Establecimientos sanitarios**

Salas de espera	200	22	80
Pasillos, durante el día	200	22	80
Pasillos: durante la noche	50	22	80
Salas de día	200	22	80
Oficina de personal	500	19	80
Salas de personal	300	19	80
Salas de examen. Alumbrado general	500	19	90
Salas de examen. Examen y tratamiento	1000	19	90
Cuartos de baño y servicios para pacientes	200	22	80

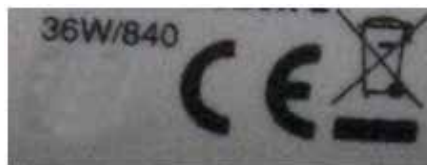
## 2. Mantenimiento

Para mantener unos niveles de iluminación adecuada, se debe observar un programa de mantenimiento continuo en lámparas y luminarias:

- **Limpieza periódica.** La suciedad y el polvo en las luminarias suponen una pérdida luminosa importante, que puede llevar a reducciones de la iluminancia de hasta un 10% anual.

**Tabla 1.**  
Condiciones de iluminación recomendadas en interiores según norma EN-12464

- **Reposición de lámparas** en función de su **depreciación lumínica**, que es un dato que proporcionan todos los fabricantes. Si esperamos a que, por ejemplo, un tubo fluorescente “se funda”, hace ya mucho tiempo [pueden ser incluso años] que esa lámpara ha agotado su vida útil. Normalmente se considera que **una lámpara alcanza el final de su vida útil** cuando su luminancia se ha reducido al **70% de su valor nominal de fábrica**.
- Las reposiciones deben realizarse con lámparas de las mismas características, de manera que en una misma estancia todas las lámparas tengan los mismos valores de reproducción cromática y temperatura de color. Estos valores están especificados en todas las lámparas, normalmente tras el valor de potencia.



El número 840 nos indica que la lámpara tiene un IRC de 80 [buena reproducción cromática] y una temperatura de color de 4000 K [blanco neutro]

### 3. Cambio de actividad

Es habitual el cambio de actividad en estancias, o redistribución de espacios. Como se observa en lo descrito en la tabla 1, cada actividad requiere de unos requisitos de iluminación específicas. Por lo tanto, cuando se modifican las condiciones de una actividad, se debe revisar y adecuar los equipos de iluminación a la nueva circunstancia.

### 4. Compatibilidad con iluminación natural

Las actuaciones de mejora de la eficiencia energética deben contemplar la posibilidad de aprovechar al máximo la iluminación natural. Aunque en un edificio construido las opciones de modificación de elementos constructivos, huecos o envolvente suelen ser limitadas o muy costosas, es importante introducir la iluminación natural como un factor que debemos tener en cuenta en nuestra solución de eficiencia energética.

### 5. Adecuación de potencia contratada

Una vez que se ha realizado una intervención significativa de mejora de la eficiencia energética en iluminación o en cualquier otro tipo de consumo eléctrico, se debe evaluar la

necesidad de modificación de la potencia contratada. En general, la actuación supone una sustitución de elementos por otros de menor potencia, por lo que es necesario medir la nueva potencia instalada y su factor de simultaneidad [cuánta de esta potencia se está usando al mismo tiempo]. Dado que en la factura energética la potencia contratada tiene un peso importante, una reducción en la potencia instalada permitirá consecuentemente reducir la potencia contratada con nuestra empresa suministradora y así disminuir el coste de la factura eléctrica.

### **Qué tipos de actuaciones se pueden llevar a cabo**

A continuación, se describen las principales actuaciones de mejora que se pueden llevar a cabo:

- **Optimización de la contratación eléctrica.**
- **Gestión y control de equipos eléctricos.**
- **Sustitución de lámparas y equipos.**
- **Gestión de iluminación: Iluminación natural, detectores de presencia y movimiento.**

## **ELEC1**

### **Optimización de la contratación eléctrica**

#### **Objetivo**

Optimizar la contratación eléctrica de manera que el coste que se paga por los consumos eléctricos sea el menor posible.

#### **Aplicación de la medida**

Esta medida es aplicable a todos los consumos eléctricos que se producen en nuestro edificio e instalaciones.

#### **Descripción de la medida**

No entra en el objetivo de este manual una descripción detallada de la factura eléctrica, algo que ya de por sí es bastante complejo, y más cuando lo abrimos a las múltiples opciones del mercado libre. Sin embargo, sí se pueden dar algunas recomendaciones que podemos utilizar para reducir nuestra factura eléctrica.

En primer lugar, hay que resaltar lo obvio. Independientemente de cuál sea la comercializadora que elijamos, la energía que vamos a consumir viene toda de la misma red. Esto es, la calidad de nuestro suministro es independiente de la compañía que lo proporcione. Por lo tanto, a la hora de seleccionar nuestro suministro, los criterios deberían ser:

- Precio
- Composición de la energía en origen (por ejemplo, qué porcentaje de la energía que contratamos es renovable)
- Servicios adicionales, mantenimiento, tipo de empresa (multinacional, local, cooperativa, etc.)

#### **Características generales del suministro**

En general, para edificios e instalaciones medias la tarifa más habitual va a ser la 3.0TD. Esta tarifa presenta las siguientes características:

- Tarifa para puntos de suministro en baja tensión con más de 15 kW.
- Tiene 4 temporadas: alta, media-alta, media y baja. Las temporadas son distintas para la Península, Canarias, baleares, Ceuta y Melilla.

- Tiene 6 períodos de energía y 6 potencias contratadas, de P1 a P6. Se distribuyen entre las 4 temporadas, con 3 períodos en cada una de ellas.
- Sábados, domingos y festivos tiene período P6 las 24 horas.
- Al menos uno de los períodos debe tener una potencia contratada superior a 15 kW.
- Las potencias se contratan en orden ascendente: cada uno de los períodos debe tener una potencia igual o superior a su inmediata anterior.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	S, D, FEST
TEMPORADA	ALTA		M-A	BAJA		MED	ALTA	MEDIA		BAJA	M-A	ALTA	
0h – 8h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
8h – 9h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
9h-14h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
14h-18h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
18h – 22h	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
22h – 24h	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6

### ¿Cómo reducir el coste de la factura eléctrica?

En la factura se nos cobra fundamentalmente por tres conceptos. El resto de los costes son impuestos, porcentajes fijos de lo que hemos consumido y sobre lo que no podemos actuar. Sí podemos reducir lo que pagamos por lo siguiente:

- Término de energía
- Término de potencia
- Penalizaciones

**Tabla 2.**

Distribución de períodos horarios de la tarifa 3.0TD en la Península.

**Término de energía.** Este término incluye y cobra la energía eléctrica que hemos consumido en el período facturado. Para reducirlo hay dos estrategias:

- Seleccionar aquella compañía que nos proporcione las tarifas más baratas. Debemos tener en cuenta dos cosas:
  - La calidad de la electricidad es independiente de la compañía que nos la suministra. Depende de la red y dónde esté ubicado nuestro punto de consumo.
  - Las tarifas varían con el tiempo. Es aconsejable revisar las ofertas que hay en el mercado de forma periódica. La periodicidad ideal sería de uno o dos años.
- Aunque no están todas las comercializadoras de electricidad, podemos valorar distintas ofertas en el Comparador de Ofertas de Energía de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia<sup>1</sup>.
- Reducir el consumo de energía, manteniendo las condiciones óptimas de funcionamiento de las instalaciones.

**Término de potencia.** Este término incluye la potencia que hemos contratado para nuestras instalaciones. De una manera resumida, para facturar la potencia nuestro contador tiene un maxímetro, que registra la potencia máxima en cada uno de los períodos. De acuerdo con estas medidas:

- Si la potencia registrada en un período ha sido igual o inferior a la potencia contratada, se factura la potencia contratada para ese período.
- Si la potencia registrada en un período es superior a la potencia contratada, se factura una penalización por exceso de potencia. Esta penalización puede suponer una parte importante de la factura.

Es importante mantener una contratación de potencia ajustada. En muchas ocasiones, para evitar penalizaciones, se contrata una tarifa excesiva, de manera que el coste fijo de potencia

---

<sup>1</sup> <https://comparador.cnmc.gob.es>

supera con creces la penalización que tendríamos habiendo contratado una tarifa inferior con algunas penalizaciones por exceso de potencia. Para optimizar la potencia contratada se pueden seguir las siguientes pautas.

- Revisar los valores de potencia máximétrica y potencia contratada registrados en nuestras facturas a lo largo de un año.
- Si la mayor parte de los valores de potencia máximétrica superan la potencia contratada, sobre todo en los periodos iniciales [P1, P2, P3], probablemente debamos aumentar la potencia contratada.
- Si la mayor parte de los valores de potencia máximétrica son inferiores a la potencia contratada, podemos reducir la potencia.
- Para conocer qué valores de potencia debemos contratar, podemos utilizar un optimizador de potencia: esta herramienta simula los costes para cada uno de los periodos a partir de nuestros datos anuales de máxímetros y nos proporciona una propuesta de contratación de potencia para cada uno de los periodos. Por ejemplo, el Instituto Catalán de Energía tiene dos optimizadores de potencia para la tarifa 3.0TD<sup>2</sup>, uno hasta 50 KW y otro a partir de 50 kW [los modelos de tarificación de los excesos son distintos en ambos casos]
- Cada vez que se ejecuten actuaciones que supongan una variación sensible de la potencia instalada, tanto disminuyéndola [renovación masiva de lámparas más eficientes] como aumentándola [sustitución de una caldera de combustible por una bomba de calor], se debe revisar y actualizar la potencia contratada.

**Energía reactiva.** La energía reactiva representa un concepto de consumo no útil de las instalaciones del edificio y se mide en kilovoltioamperios reactivos [kVAr]; es un término variable, que depende del tipo de equipos eléctricos de la instalación. Es una penalización en la factura por su carácter de energía no útil y es fácilmente corregible. En el caso de encontrarnos en nuestra factura eléctrica cargos por energía reactiva:

---

<sup>2</sup> <https://icaen.gencat.cat/es/energia/auditories-energetiques/eina-do-optimitzacio-de-la-potencia-contractada/index.html>

- Debemos ponernos en contacto con una empresa especializada para solicitar la instalación de una batería de condensadores, normalmente en cabecera de línea. Es una medida que se suele amortizar en menos de dos años.

### **Características o ventajas específicas de la medida**

En general son medidas de coste cero o de bajo coste (subir la potencia contratada sí puede conllevar un coste). Los ahorros económicos generados los podemos utilizar para llevar a cabo otras medidas de eficiencia energética.

### **Ahorros**

Ahorro energético	No hay
Ahorro económico	Variable en función del tipo de contrato eléctrico que se tenga. Una deficiente contratación eléctrica puede suponer un sobrecoste de más de un 20%.
Ahorro en emisiones	No hay



## ELEC2

### Gestión y control de equipos eléctricos

#### Objetivo

Reducir los consumos eléctricos de nuestro edificio, manteniendo sus prestaciones, a través del conocimiento de su funcionamiento y de actuaciones sencillas de control y mantenimiento habitual

#### Aplicación de la medida

Esta medida es aplicable a la mayor parte de consumos eléctricos del edificio.

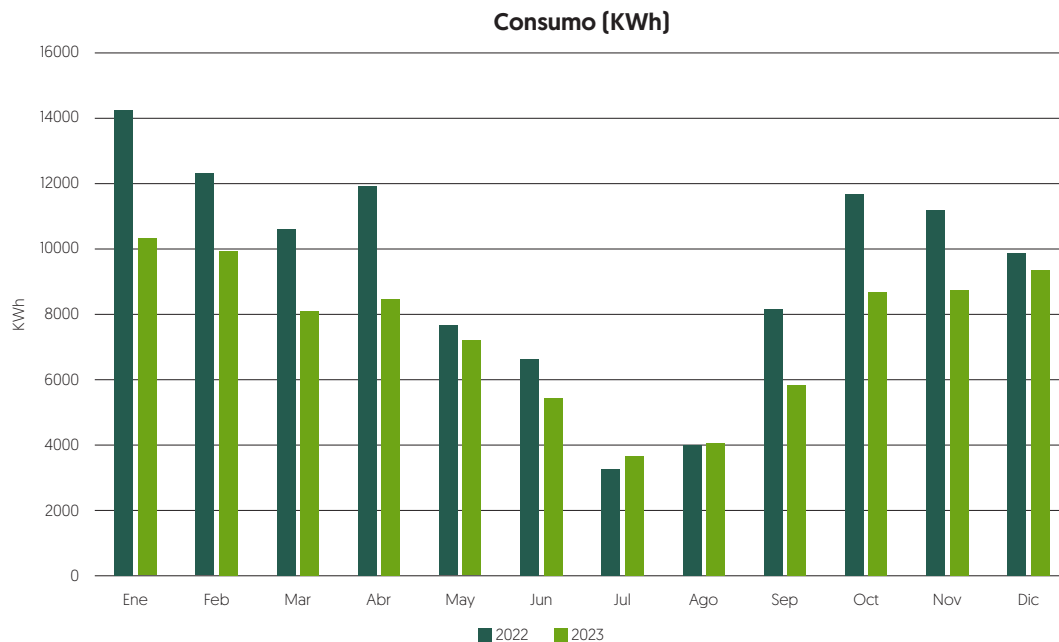
#### Descripción de la medida

Esta medida busca una gestión óptima de los consumos eléctricos. La eficiencia energética evidentemente se mejora con la sustitución y renovación de equipos, pero mucha de esa ventaja se pierde por un desconocimiento de su funcionamiento, o por una pobre gestión o mantenimiento. Dos puntos muy importantes que hay que tener en cuenta:

- La correcta gestión de equipos y sistemas eléctricos es una **labor colectiva**, donde **todo el personal** debe estar implicado. De poco sirve sustituir lámparas por otras más eficientes si estas no se apagan cuando no son necesarias. Las campañas de información, participación y difusión de resultados es un método para que todos colaboren en mejorar la eficiencia energética.
- **Lo que no se mide no existe**. No podemos conocer nuestro nivel de ahorro si no realizamos un seguimiento de los consumos. Para ello tenemos una herramienta muy potente, que es la **factura eléctrica**, donde con periodicidad mensual se nos informa de lo que hemos consumido y lo que hemos gastado. Unas gráficas sencillas nos pueden ayudar a realizar un seguimiento rápido de nuestro consumo, y verificar si existen anomalías, o hasta qué punto se cumplen las políticas de ahorro energético.

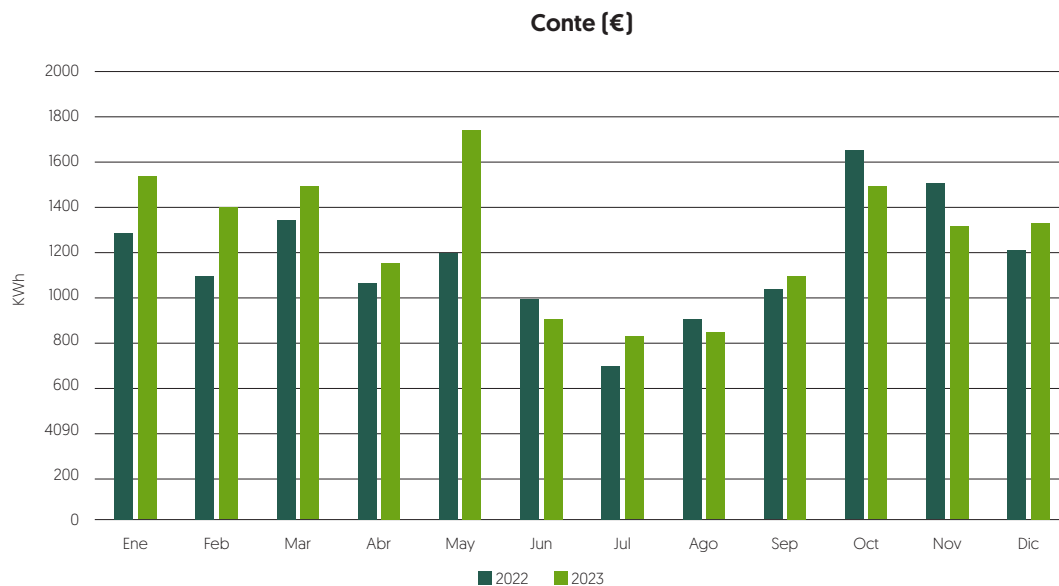
**Gráfica 2.**

En esta gráfica se comprueba cómo se han reducido los consumos anuales en un edificio tras realizar una sustitución de lámparas por otras más eficientes.



**Gráfica 3.**

Aquí podemos comprobar rápidamente que en mayo de 2023 algo ha sucedido [probablemente un exceso de potencia], que ha supuesto un aumento anormal de la factura.



A continuación, se detallan una serie de actuaciones y su periodicidad recomendada para mejorar la gestión y el mantenimiento de las instalaciones de iluminación y otras instalaciones eléctricas

Periodicidad	Actuaciones
Una vez	Establecer un procedimiento (definiendo, por ejemplo, un responsable que cambie cada mes) que revise que las luces no necesarias están apagadas.
	En puntos de luz con interruptores múltiples, identificar cada uno de ellos, para evitar que, ante la duda, se enciendan todas las luces.
	Instalar sistemas de hibernación en la red de ordenadores.
Mensual	Revisar que se cumplen los procedimientos de apagado de luces: <ul style="list-style-type: none"> <li>— En estancias no ocupadas.</li> <li>— En las horas de no ocupación del edificio</li> <li>— En el alumbrado exterior, manteniendo las condiciones de seguridad.</li> <li>— En salas, despachos y pasillos, si la iluminación natural es suficiente.</li> <li>— En el turno de limpieza</li> </ul>
	Revisión y sustitución de lámparas rotas o fundidas.
	Registrar consumos y gasto en la factura eléctrica
	Revisar los consumos eléctricos en fines de semana o en periodos no lectivos, accediendo al detalle de la factura eléctrica.
	Revisar y quitar los salvapantallas de los ordenadores. Para periodos de inactividad que necesiten tener la CPU encendida superiores a 15 minutos, apagar el monitor.
	Regular el tiempo de hibernación en ordenadores al mínimo posible [se recomiendan 30 minutos].
Trimestral	Revisar consignas y condiciones de funcionamiento de temporizadores, células fotoeléctricas, sensores de luminosidad y detectores de presencia.

Semestral	Limpiar el polvo y la suciedad de lámparas y luminarias, sensores, ventanas y lucernarios.
	Establecer y actualizar un procedimiento para apagar equipos en horarios de no ocupación del edificio. Contemplar el uso de temporizadores programados para apagados simultáneos.
	Verificar que las luces de las máquinas expendedoras estén apagadas en horarios de no ocupación del edificio.
Anual	Revisar que la iluminación en las distintas estancias es suficiente. En su caso, sustituir lámparas y equipos que estén al final de su vida útil. Sustituir luminarias envejecidas, con bajo rendimiento lumínico. En caso de realizar sustituciones de lámparas por otras de mayor eficiencia, verificar que se mantienen las características de reproducción cromática y temperatura de color. Lo más conveniente es realizar sustituciones por estancias, para mantener la uniformidad de la iluminación.
	Verificar que todos los sensores y equipos de medición integrados existentes están correctamente calibrados.
	Realizar un inventario de todos los equipos eléctricos (ordenadores, televisiones y equipos de vídeo, impresoras, proyectores, equipos de música, escáneres, fotocopiadoras, cafeteras, máquinas expendedoras, etc.): <ul style="list-style-type: none"> <li>— Definir su potencia.</li> <li>— Identificar los equipos que se pueden apagar en horario de no ocupación del edificio.</li> <li>— Identificar los equipos con consumos de “stand-by” y elaborar un procedimiento para desenchufarlos si no están en operación.</li> <li>— Desenchufar cargadores una vez completada la carga del equipo.</li> <li>— Actualizar el plan cada año.</li> </ul>
	Revisar el correcto mantenimiento de las máquinas expendedoras por la empresa distribuidora. Un mal mantenimiento puede dar lugar a consumos excesivos.

### Características o ventajas específicas de la medida

- Medidas sin costes de inversión. Sí requieren un coste [no menor] de implicación del personal del edificio y de dedicación a las tareas de gestión. Sin embargo, una vez definidas, muchas de estas tareas se incorporarán al procedimiento habitual de mantenimiento del edificio.
- Esta medida es fundamental cuando se lleven a cabo actuaciones de renovación o de rehabilitación energética del edificio. Nos permitirá hacer un seguimiento, verificar si se cumplen las expectativas, identificar anomalías y proponer actuaciones de mejora a lo realizado.

### Ahorros

Las emisiones dependen del contrato eléctrico y de su factor de emisión, que es el valor que expresa las emisiones de CO<sub>2</sub> [CO<sub>2</sub>e] asociadas a la generación de electricidad que se consume. Este factor depende del mix eléctrico, es decir, de las fuentes de energía que se utilizan para generar la electricidad. Cuanto menor es el mix, mayor es el porcentaje de fuentes de energía renovables. En este manual, se utilizará un factor de emisiones de 0,272 kg CO<sub>2</sub>e/kWh, que es el más habitual en las comercializadoras eléctricas.

Ahorro energético	Una gestión eficiente de puede llegar a reducir los consumos eléctricos en hasta un <b>15%</b> .
Ahorro económico	El ahorro económico dependerá del peso del factor de potencia en la factura eléctrica. Se podrían conseguir ahorros máximos entre un <b>9% y un 13%</b> .
Ahorro en emisiones	El ahorro en emisiones será proporcional al ahorro energético, por lo que las emisiones de CO <sub>2</sub> se verán reducidas en un <b>15%</b> .

## ELEC3

### Sustitución de lámparas y equipos

#### Objetivo

Reducir los consumos eléctricos por medio de la sustitución de elementos y equipos de iluminación.

#### Aplicación de la medida

Esta medida es aplicable en todas las estancias iluminadas del edificio.

#### Descripción de la medida

Los sistemas de iluminación constan de tres partes fundamentales:

- **Lámpara:** Es el elemento que proporciona la luz. Lo que habitualmente llamamos bombilla, tubo fluorescente, etc.
- **Equipo:** Elemento intermedio, que transforma la corriente que proporciona la red a las condiciones necesarias de operación de la lámpara. En algunas ocasiones no es necesario, y en otras puede venir integrado con la propia lámpara.
- **Luminaria:** Es el elemento al que conectamos equipo y lámpara, y a través de difusores, reflectores, etc., y en combinación con otras luminarias, distribuye la luz que proporciona la lámpara en toda la estancia.

Existe un amplio abanico de posibilidades de optimizar la eficiencia en iluminación por medio de la sustitución de sistemas. En este manual se van a abordar las sustituciones de equipos y lámparas, manteniendo el diseño de iluminación (esto es, luminarias y su disposición) de las estancias del edificio. La tecnología LED es la más eficiente (y como se verá más adelante, en muchos casos la única posible), y es la opción que se verá reflejada en la siguiente tabla. Sin embargo, es cierto que en este caso la iluminación LED está adaptada a un formato de lámpara específico para poder aprovechar las luminarias. Una opción más eficiente, pero más costosa, sería un rediseño completo del sistema de iluminación con luminarias LED específicas, que integran luminaria, lámpara y equipo, que aprovecharía al máximo el potencial de esta tecnología.

La siguiente tabla detalla las posibles sustituciones de lámparas y equipos y los ahorros que se consiguen:

SISTEMA EXISTENTE		PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN		AHORRO ENERGÉTICO
Lámpara	Equipo	Lámpara	Equipo	
Incandescente	-	LED con casquillo E27	NO	90%
Halógena convencional	-	LED con casquillo GU10	NO	89%
Halógena IRC	-			80%
Lámpara descarga PLC /PLL		LED con diversos casquillos		50 – 65%
Tubo fluorescente T8	Balasto electromagnético	Tubo LED T8	CON Balasto electromagnético	55%
			SIN Balasto electromagnético	65%
Tubo fluorescente T5	Balasto electrónico	Tubo LED T5	CON Balasto electrónico	50%
			SIN Balasto electrónico	50%
Lámpara exterior Vapor de Sodio Alta Presión	Balasto electromagnético	LED con casquillo E27 / E40	CON Balasto electromagnético	50%
			SIN Balasto electromagnético	60%
Lámpara exterior Vapor de Mercurio	Balasto electromagnético	LED con casquillo E27 / E40	CON Balasto electromagnético	67%
			SIN Balasto electromagnético	73%

### Características o ventajas específicas de la medida

- La Directiva Europea RoHS (Restricciones para la Utilización de Sustancias Peligrosas) y sus derivadas, así como las Reglas de Ecodiseño de la Unión Europea de 2019 ha supuesto la prohibición de comercialización en la actualidad de muchas de las lámparas existentes en nuestros edificios, ente ellas:
  - Lámparas fluorescentes circulares T5

- Lámparas fluorescentes compactas con casquillo CFLni
  - Tubos fluorescentes T5 y T8
  - Lámparas halógenas de pines G4, GY6.35, G9
- La sustitución de sistemas de iluminación es la medida más universal, ya que esto existe en todos los edificios. Cuando se vaya a modificar el tipo de lámpara, no es aconsejable realizar sustituciones parciales en una misma estancia (por ejemplo, a medida que las lámparas “se fundan” o dejen de estar operativas), ya que esto puede influir en las condiciones de uniformidad de iluminación.
  - En algunos casos la renovación de los sistemas de iluminación puede suponer la modificación de circuitos eléctricos y cableado.
  - El ahorro energético se producirá por un mejor aprovechamiento de la luz (debido a la luminaria), y una reducción de los consumos eléctricos (equipos y lámparas).

### Ahorros

Como ejemplo de los ahorros que se pueden obtener, se van a reflejar los resultados de una intervención en un centro de enseñanza tipo. Es significativo reseñar que, aunque solo se abordan medidas de mejora en los equipos de iluminación, los resultados reflejan los ahorros en el total de consumo eléctrico.

Ahorro energético	El reemplazo de elementos de iluminación puede suponer un ahorro de energía eléctrica global de hasta un <b>30%</b> . Para un consumo medio anual por centro de 150.000 kWh, el ahorro sería de 45.000 kWh por año
Ahorro económico	Al reducir la potencia de las lámparas, se puede ajustar la potencia eléctrica contratada a la nueva demanda. El ahorro en las facturas eléctricas puede alcanzar <b>hasta el 30%</b> anual.
Ahorro en emisiones	El ahorro medio en emisiones, proporcional al <b>30%</b> de ahorro energético, sería de 12,1 toneladas de CO <sub>2</sub> emitido por año.



## **ELEC4**

### **Gestión de la iluminación**

#### **Objetivo**

Reducir los consumos eléctricos en iluminación a través de un uso racional de la iluminación.

#### **Aplicación de la medida**

Esta medida es aplicable en aquellas estancias donde llegue la luz natural, bajo determinadas circunstancias que se describirán a continuación, y en estancias de ocupación intermitente.

#### **Descripción de la medida**

Lo que, en principio, parece obvio y se describe muy fácilmente (permitir la entrada de luz natural a través de las ventanas del edificio y apagar la iluminación artificial en estancias ya iluminadas o vacías) es una medida de bastante complejidad, y más si no se ha abordado en el proyecto y construcción del edificio. Veamos el caso de la iluminación natural:

- Las ventanas son puntos débiles de la envolvente del edificio desde el punto de vista de aislamiento térmico. La mejor ventana es mucho peor aislante que la fachada más sencilla.
- Esto se compensa (entre otras cosas) porque la ventana deja pasar la luz natural y podemos ahorrar energía y dinero en consumo energético de iluminación artificial.
- Sin embargo, si la ventana está mal orientada, la luz natural puede ser intensa, molesta o producir reflejos indeseados. Ante este hecho, lo normal es cerrar la persiana y encender la luz artificial
- Con lo cual, tenemos lo peor de la ecuación: una fachada con una envolvente poco aislante y que aumenta el consumo de energía térmica, y que, a la vez, como no deja pasar la luz natural, aumenta nuestro consumo eléctrico en iluminación.

En un edificio construido, las posibilidades de actuación para mejorar la iluminación natural son más limitadas, ya que no se puede trabajar sobre la orientación del edificio o sobre la situación de los huecos acristalados. Es importante además tener en cuenta que la iluminación natural se modifica a lo largo del día, no es igual a primera hora de la mañana que a mediodía. Esto se complementa con sistemas automatizados, que permiten evitar que el

**Fig. 2**

Como la iluminación natural es incorrecta, nos vemos obligados a cerrar las persianas y encender la luz artificial.



personal del edificio tenga que estar pendiente de los elementos de regulación y de apagar o encender la iluminación artificial [y que a la larga suele acabar con la iluminación artificial encendida continuamente], tanto si ya está iluminada con luz natural [reguladores de luminosidad], como si la estancia ha quedado vacía [detectores de presencia o movimiento]:

- Reguladores de luminosidad: Permiten la regulación progresiva de la iluminación en una estancia, en función de la iluminación natural existente.
- Detectores de movimiento: Sensores que se activan con el movimiento. tiempos breves de retardo en la desconexión, inferiores a cinco minutos. En general, se utilizan para controlar exclusivamente equipos de iluminación.
- Detectores de presencia: Sensores de muy alta precisión, que se activan con movimientos mínimos, incluso con las personas sentadas. Los tiempos de retardo para la desconexión son elevados, superiores a cinco minutos. Se pueden utilizar para controlar distintos sistemas: iluminación, sistemas informáticos o audiovisuales, climatización, etc.

Para una correcta gestión de la iluminación, favoreciendo la iluminación natural y eliminando consumos en estancias no utilizadas se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Se debe evitar la radiación solar directa (ventanas con orientación sur), utilizando elementos que eliminen deslumbramientos y reflejen la luz. Puede ser elementos exteriores (voladizos, persianas) o interiores (persianas venecianas que reflejen la luz incidente hacia el techo).
- Hay que evitar contrastes elevados en la iluminación, con una uniformidad máxima en la zona iluminada de 0,1.
- Utilizar techos y paredes para aprovechar la luz difuminada. Techos y paredes por encima de 2 metros deben tener un índice de reflexión mayor del 70%. Por debajo de los 2 metros el índice de las paredes debe ser en torno a un 50%.
- La regulación automatizada de la iluminación artificial permite combinarla de forma eficiente con la iluminación natural para alcanzar siempre un nivel óptimo:
  - Instalando sensores que midan en todo momento el nivel de iluminación de la estancia. Estos detectores deben cumplir lo siguiente:
    - Deben colocarse en una zona representativa de la estancia
    - Deben tener una superficie de campo de visión relativamente grande
    - Deben limitarse a medir la iluminación de la sala donde está ubicado, evitando interferencias de otras estancias
    - No deben recibir iluminación directa de las lámparas.
  - Utilizando la información de los sensores para controlar el nivel de iluminación de las luminarias por medio de balastos electrónicos regulables.
- Utilizar detectores de movimiento en estancias de uso esporádico: aseos, pasillos garajes.
- Utilizar detectores de presencia en estancias de uso continuado: despachos, salas de reuniones, comedores, aulas, etc.
- En zonas no diáfanos (escaleras, aseos, etc.) es recomendable utilizar sensores de alta frecuencia en lugar de sensores basados en infrarrojos. Estos últimos pueden ver su campo de detección limitado si hay obstáculos intermedios.

**Fig. 3**

Los detectores de presencia ayudan a tener las luces de pasillos apagadas cuando no hay personas circulando



### Características o ventajas específicas de la medida

- Aunque es aplicable a todo tipo de edificios, esta medida es especialmente recomendable en aquellos que tienen una parte significativa de su envolvente como superficie acristalada.
- La iluminación natural bien gestionada, además de suponer un ahorro de consumo, presenta también beneficios de tipo fisiológico, ya que permite una mejor reproducción de los colores y causa menos fatiga visual.
- Los sistemas de control ayudan a una gestión óptima de la iluminación, sin que esta interfiera en las actividades que se desarrollan en el edificio, y así evitar situaciones de escasa iluminación o de mantener la iluminación artificial encendida cuando hay suficiente iluminación natural (se enciende al inicio de la jornada, con poca luz exterior, y se deja encendida de forma inconsciente cuando ya la iluminación natural es suficiente).



## Ahorros

Ahorro energético	En fase de proyecto, una estrategia de aprovechamiento de la iluminación puede llegar a un ahorro del 25% de los consumos en iluminación. En edificios construidos, se pueden reducir los consumos en iluminación en un <b>10-15%</b> .
Ahorro económico	Suponiendo un edificio donde la iluminación suponga un 40% del consumo eléctrico, el ahorro en la factura eléctrica estaría en torno al <b>5%</b> .
Ahorro en emisiones	El ahorro en emisiones de CO <sup>2</sup> rondaría el <b>4 – 6%</b> .



EQUIPOS  
E INSALTACIONES  
TÉRMICAS

La revisión, renovación y sustitución de equipos e instalaciones de calor y frío es complejo. Las prioridades en los sistemas de climatización en edificios no residenciales son fundamentalmente tres:

- Que sea una tecnología fiable y segura
- Que proporcione un confort adecuado
- Accesibilidad de combustible

Las energías renovables no son a menudo la opción seleccionada, debido a requisitos de aprobación interna, necesidad de cambios estructurales o a su elevado precio.

Además, las intervenciones en los sistemas de calor y frío, no solo se limitan a la sustitución o renovación de los equipos generadores, sino también al sistema de distribución y a una correcta gestión y control de su funcionamiento.

### **¿Cuándo realizar una intervención de eficiencia energética en equipos y sistemas de calor y frío?**

Las medidas de eficiencia energética en los sistemas de calor y frío no están exentas de complejidad y coste. Aun así, podemos identificar situaciones en las que es conveniente analizar la renovación o sustitución de nuestros sistemas:

- Cuando se acometa una reforma integral en la totalidad o parte de la envolvente del edificio, es un buen momento para analizar la idoneidad y alcance del sistema de climatización.
- En caso de averías importantes en el sistema de generación, es interesante revisar tecnologías alternativas antes de proceder a su reparación o sustitución.
- En aquellas instalaciones con tecnologías anticuadas y con escaso mantenimiento. Su renovación por sistemas más eficientes reducirá el consumo energético, que compensará la inversión reduciendo los períodos de retorno.
- Sistemas basados en gasóleo de calefacción como combustible.
- Cuando la situación normativa y legal así lo demande.



## Factores que se deben tener en cuenta en las actuaciones de mejora de la eficiencia energética en climatización

### 1. Sensación térmica

La sensación térmica cuando estamos en una estancia depende de dos efectos: convección y radiación:

- **Convección:** Sensación térmica producida por el aire que nos rodea. A mayor temperatura del aire, más sensación de calor.
- **Radiación:** Sensación producida por la radiación térmica del entorno que nos rodea. Aunque no estemos en contacto con ella, una pared a baja temperatura nos hace sentir más frío que una pared caliente. Un ejemplo es cómo, en invierno, con una temperatura muy baja, podemos sentir calor dentro de un coche debido a la radiación del sol a través de la ventana.

Esto puede influir en nuestras estrategias de calefacción. Calentar el aire de una estancia es mucho más barato [tiene menos masa] que calentar sus paredes. Por eso, en situaciones de uso esporádico puede ser más eficiente utilizar sistemas de calentamiento rápido de aire [fancoils, por ejemplo] frente a sistemas que calientan también la estructura [como los radiadores verticales]. Esto permite un rápido calentamiento (y enfriamiento una vez que cesa la actividad) de la estancia. En otros casos [en residencias, por ejemplo] se necesita un calentamiento térmico continuado y mucha inercia térmica del sistema, con lo cual tanto el aire como la envolvente deben estar a la temperatura operativa.

### 2. Condiciones de confort

Las condiciones de confort en un edificio están definidas en el RITE [Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios], y son las que regulan los parámetros de operación de las instalaciones térmicas<sup>1</sup>.

- La temperatura del aire en los recintos calefactados no será superior a 21°C.

<sup>1</sup> Con motivo de la guerra de Ucrania, el RD 14/2022 limitó la temperatura máxima en recintos calefactados a 19°C y la temperatura mínima en recintos refrigerados a 27°C. Esta medida entró en vigor el 10 de agosto de 2022 y estuvo vigente hasta el 1 de noviembre de 2023.

- La temperatura del aire en los recintos refrigerados no será inferior a 26° C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30% y el 70%.
- La calidad del aire interior establece las necesidades y condiciones de renovación del aire interior de los locales ocupados por personas

El mantenimiento de las condiciones de confort en cada estancia del edificio estará ligado a una operación, regulación y control de los sistemas de acuerdo con las condiciones de diseño [diseño térmico, hidráulico y, en su caso, de la ventilación].

### 3. Coeficientes de rendimiento instantáneo y estacional

El Coeficiente de Rendimiento instantáneo [COP] en un generador de calor es el cociente, medido de forma empírica, entre la potencia calorífica y la potencia absorbida útil del equipo, y sirve para evaluar su situación [grado de deterioro, mantenimiento], comparándolo con sus valores nominales.

Sin embargo, el Coeficiente de Rendimiento Estacional [SCOP<sup>2</sup>], compara, también a través de mediciones, la demanda calorífica anual del edificio, en su caso, en comparación con el consumo energético, y da una idea de la eficiencia de todo el sistema: modulación o escalonamiento de la generación, adecuado dimensionamiento, adaptación de la temperatura del fluido a la carga del edificio, incorporación de tecnologías para minimizar pérdidas en paradas y arranques, etc.]

---

<sup>2</sup> Para equipos y sistemas de refrigeración, los equivalentes son el Factor de Eficiencia Energética [EER] y el Factor de Eficiencia Energética Estacional [SEER]

## ¿Qué tipos de actuaciones se pueden llevar a cabo?

A continuación, se describen las principales actuaciones de mejora que se pueden llevar a cabo:

- **Gestión y mantenimiento de equipos y sistemas de calor y frío.**
- **Renovación de equipos finales y sistemas auxiliares.**
- **Sustitución de calderas**
  - Calderas de gas
  - Bombas de calor
  - Calderas de biomasa
  - Redes de calor
  - Paneles solares térmicos.

## TERM1

### Gestión y mantenimiento de equipos y sistemas de calor y frío

#### Objetivo

Mejorar la eficiencia energética de los sistemas de calor y frío a través de procedimientos adecuados y continuados para su gestión y mantenimiento.

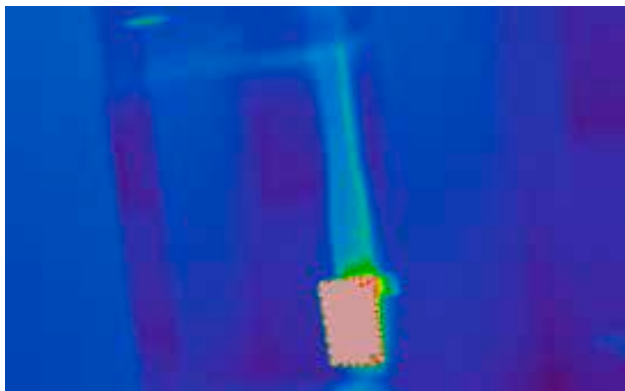
#### Aplicación de la medida

Esta medida es aplicable a todos los edificios.

#### Descripción de la medida

Al contrario de lo que se ha visto en iluminación, la gestión y mantenimiento de los equipos de climatización de un edificio es una tarea mucho más centralizada. Aun así, muchos equipos terminales y termostatos o sistemas de control son accesibles para el personal de edificio, por lo que las políticas de comunicación y formación son siempre una parte necesaria de esta medida [para evitar termostatos por encima de 21°C en invierno, o radiadores con el flujo del aire bloqueado por cubre-radiadores, libros u otros elementos, por ejemplo].

**Fig. 4**  
Imagen termográfica que muestra el flujo del aire caliente generado por un radiador vertical



**Fig. 5**  
Cubre-radiador



A continuación, se detallan una serie de medidas de gestión global que mejoran la eficiencia energética estacional de los sistemas de calor y frío:

- Liberar salidas de calor y de aire para favorecer la circulación interna.
- Si hay persianas, regularlas a lo largo del día; reducen hasta un 60% las ganancias de calor en el interior.
- Revisión periódica de temperaturas en los distintos espacios climatizados; ajustar la temperatura al uso [pasillos, aseos y archivo no requieren la misma temperatura que zonas de trabajo y despachos].
- Sustitución de calefactores individuales por modificaciones en la temperatura de consigna de calefacción.
- Acomodación del vestuario a la temperatura ambiental, y no al revés.
- Comprobar que no hay mobiliario obstaculizando o cubriendo radiadores, lo que limita significativamente su eficiencia.
- Sectorizar. Cuando no esté ocupado el edificio en su totalidad, agrupar las actividades de manera que todas se desarrollen en el ámbito de subsistemas comunes de climatización. Evitar tener todo el edificio climatizado si solo se está utilizando una parte.

Las tareas de control y mantenimiento van más allá. La eficiencia de equipos y sistemas requiere de un seguimiento continuo, independientemente de lo nueva o vieja que sea la instalación. No hay que olvidar que son sistemas que consumen energía, y cuanto antes identifiquemos que algo no va bien, antes corregiremos los excesos de consumo (energéticos y económicos). Dentro de las tareas de esta inspección energética podemos citar las siguientes:

Periodicidad	Actuaciones
Una vez	Anotar y archivar los valores de rendimiento estacional e instantáneo de las calderas
	Antes de la instalación de una nueva caldera, solicitar el recálculo de la demanda del edificio. Las condiciones con respecto a la anterior instalación seguro que se han modificado, por lo que será necesario ajustar la potencia de la nueva instalación.

Mensual	Inspección visual de todas las instalaciones y equipos.
	Revisar valores de consigna en termostatos y válvulas termostáticas. En caso de tener sistemas de frío y calor, verificar que las temperaturas de consigna no provocan el funcionamiento simultáneo de ambos sistemas.
	Revisar que en temporada de calefacción, puertas y ventanas que se abren para ventilación no se mantienen abiertas más tiempo de lo necesario.
	Revisar la existencia, comprobar la necesidad y verificar el modo de operación de sistemas individuales de calefacción o frío.
	Revisar e identificar fugas de agua en circuitos de calefacción y agua caliente.
Bimestral	Revisar los informes de mantenimiento de la caldera. Comprobar que se ajustan a los requisitos establecidos en el RITE
Trimestral	Comprobar que la temperatura en todas las estancias es la adecuada. Identificar las estancias con excesivo frío o calor.
	Revisar los sistemas de control de encendido y apagado de equipos. Verificar que los valores de consigna están de acuerdo con la estación y los niveles de ocupación del edificio.
	Comprobar que las horas de encendido y apagado de la calefacción están perfectamente ajustados a las necesidades de ocupación del centro.
Semestral	Verificar que la temperatura de consigna de los sistemas de ACS (agua caliente sanitaria) está entre 50 y 60 °C.
Anual	Comprobar los aislamientos de tuberías y conductos, ya que se degradan con el tiempo, sobre todo en zonas expuestas al sol.
	Verificar que todos los sensores y equipos de medición integrados existentes están correctamente calibrados.
	Comprobar que todos los radiadores y emisores funcionan correctamente.

El ajuste **óptimo de los horarios de funcionamiento de los equipos no es una ciencia exacta, ya que depende de muchos** factores: temperatura exterior, inercia térmica del edificio, tiempo de interrupción de la actividad, etc. Sin embargo, a base de prueba y error se puede obtener un buen ajuste, que deberá registrarse para utilizarse en años sucesivos (se debería tener al menos un valor de ajuste por estación).

### Características o ventajas específicas de la medida

Aunque, en general, son medidas sin coste, no son las más sencillas de implementar. Muchas veces suponemos que las medidas de eficiencia energética finalizan con la instalación o sustitución de equipos y sistemas por otros más eficientes. Sin embargo, una buena parte del ahorro se puede perder (y al revés, generar ahorros sin necesidad de invertir en nuevos equipos) si se olvidan los dos puntos fundamentales que se detallan en esta medida:

- Información, concienciación y motivación a todo el personal para el buen uso y aplicación de la eficiencia energética.
- Control y seguimiento sistemático del funcionamiento de equipos y sistemas, con el fin de identificar desviaciones sobre el comportamiento previsto, corregir fallos con la mayor brevedad posible e identificar buenas prácticas para implementarlas en futuras medidas.

### Ahorros

Ahorro energético	Con una gestión mejorada se puede ahorrar hasta un <b>20%</b> del consumo energético en un edificio.
Ahorro económico	Se pueden alcanzar ahorros económicos en torno al <b>15%</b> .
Ahorro en emisiones	El ahorro en emisiones es directamente proporcional al ahorro energético obtenido. En este caso, hasta un <b>20%</b> .

Por supuesto, los ahorros en este caso son indicativos. Un edificio muy mal gestionado tiene mayor potencial de ahorro que otro similar con una buena gestión.

## TERM2

### Renovación de equipos finales y sistemas auxiliares

#### Objetivo

Reducir los consumos en climatización de nuestro edificio implantando mejoras y sustituyendo equipos y sistemas de nuestra instalación.

#### Aplicación de la medida

Se va a describir una colección de mejoras, con lo que la aplicación de esta medida se puede considerar de amplio espectro. Muchas de las mejoras descritas se pueden combinar. En las combinaciones, hay que recordar que, si una medida tiene un ahorro del 10% y otra medida tiene, por ejemplo, un 15%, su combinación no es un 25% de ahorro. Al aplicarse sobre un mismo sistema, el ahorro de la segunda medida ya actúa sobre un sistema mejorado [ahorramos el 15% de 90, no de 100], con lo que el ahorro global será algo menor, un 23,5%.

#### Descripción de la medida

En los sistemas de climatización, sobre todo en los de calefacción, debemos tener en cuenta dos reglas generales que casi siempre se cumplen:

- Los sistemas tienen mejor rendimiento trabajando a baja temperatura (de calefacción) que a alta temperatura.
- Los sistemas son más eficientes con funcionamiento continuado y modulado a la demanda de calor o frío, que con gestión de encendidos y apagados todo/nada.

A continuación, se describen algunas de las medidas que se pueden implantar:

#### INSTALACIÓN DE VÁLVULAS TERMOSTÁTICAS EN RADIADORES

<b>Descripción:</b>	Regulan la temperatura en estancias de forma individualizada, evitando que se supere la temperatura de consigna por medio de la regulación del radiador de forma individualizada. Existen cabezales que permiten su bloqueo para evitar su manipulación. Existen también válvulas termostáticas por control remoto que permiten calentar fuera del horario de ocupación.
<b>Inversión:</b>	Baja.
<b>Ahorro:</b>	Entre un 5% y un 7% de la energía de generación de calor.

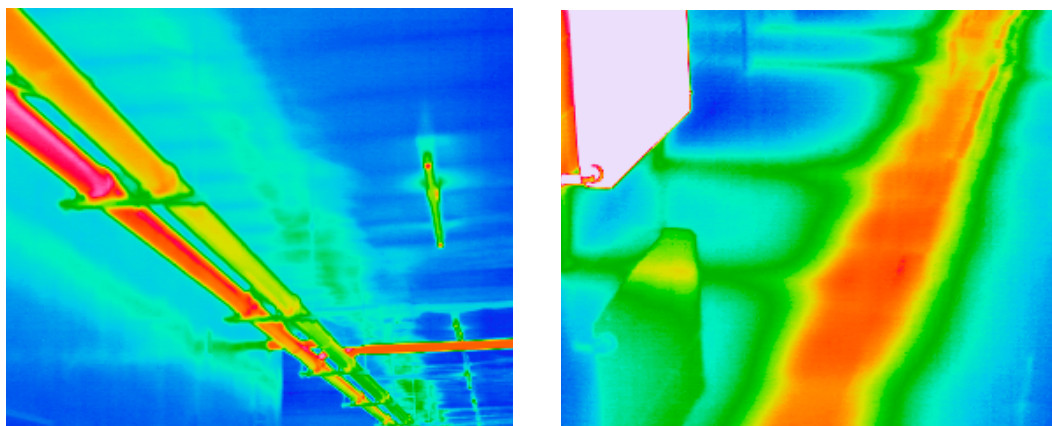


## INSTALACIÓN DE BOMBAS DE CIRCULACIÓN DE CAUDAL VARIABLE

<b>Descripción:</b>	Sustitución de bombas de circulación de caudal constante por bombas de caudal variable. En sistemas con bombas de caudal constante el consumo de las bombas es siempre el mismo, y el caudal del circuito se regula con válvulas de estrangulamiento o válvulas de caudal variable. Sin embargo, en sistemas con bombas de caudal variable, es la propia bomba la que ajusta el caudal [y, por tanto, su consumo] a las necesidades del sistema.
<b>Inversión:</b>	Media. Justificable para bombas de gran tamaño, o en caso de renovación de bombas (bien por avería o por renovación hidráulica en la sala de calderas)
<b>Ahorro:</b>	Puede suponer un ahorro de hasta un 30% del consumo de las bombas de circulación. Este ahorro aumenta si las bombas sustituidas están sobredimensionadas [habitual en instalaciones antiguas].

## AISLAMIENTO DE CONDUCCIONES DE DISTRIBUCIÓN DEL CIRCUITO DE CLIMATIZACIÓN

<b>Descripción:</b>	Aislamiento de los elementos de los circuitos de distribución de agua caliente, agua fría, refrigerante y conductos de aire para limitar las pérdidas en el transporte. Esta medida optimiza además el funcionamiento de los sistemas ya que los equipos trabajarán a temperaturas próximas a las de diseño.
<b>Inversión:</b>	Baja, en función de la instalación [si las tuberías están vistas, por ejemplo, y no enterradas].
<b>Ahorro:</b>	Hasta un 70% de las pérdidas energéticas en el sistema de conducción.



**Fig. 6**  
Las termografías nos muestran las pérdidas de calor en conducciones de calefacción mal aisladas.

## ENFRIAMIENTO GRATUITO O FREECOOLING

<b>Descripción:</b>	En edificios con unidades de tratamiento de aire, comenzar la ventilación a muy primera hora de la mañana, de forma que las estancias se enfríen con el aire exterior sin utilizar el aire acondicionado. De esta manera se limita la energía de refrigeración en las primeras horas de la mañana y se renueva el aire del interior.
<b>Inversión:</b>	Baja si se dispone de un sistema de ventilación acoplado a la instalación de climatización
<b>Ahorro:</b>	En torno a un 5% del consumo en refrigeración.

## INSTALACIÓN DE QUEMADORES MODULANTES Y SENSORES DE OXÍGENO EN CALDERAS

<b>Descripción:</b>	<p>Se busca optimizar la combustión en las calderas, donde sea posible. Los quemadores modulantes sustituyen a los quemadores convencionales de una o dos etapas. Estos quemadores regulan la salida de calor de la caldera de forma proporcional a la demanda en cada momento, reduciendo el número de encendidos y apagados, y consiguiendo una mayor eficiencia en la generación de calor.</p> <p>Los sensores de oxígeno, también llamados sondas lambda, miden la concentración de oxígeno libre de forma continua dentro de la caldera, y de esta manera regulan la relación aire-combustible, manteniendo así las condiciones óptimas de combustión.</p>
---------------------	---

### Características o ventajas específicas de la medida

- Las medidas descritas pueden complementarse. En todo caso, dependen del sistema de climatización instalado y, en algunos casos (quemadores modulantes, o bombas de caudal variable, por ejemplo) del asesoramiento de personal especialista para su correcto dimensionamiento. Independientemente de que se implanten de forma individual, este tipo de medidas han de tenerse en cuenta y evaluarse siempre en caso de renovación o modificaciones importantes en el sistema de climatización. Es el momento donde se minimiza la inversión y, por lo tanto, la rentabilidad económica de la medida es mayor.
- Los tres tipos de elementos terminales más habitual en un sistema de calefacción son los radiadores, los fancoils y el suelo radiante. La siguiente tabla muestra una comparación entre las características de los tres sistemas.

	RADIADORES <sup>3</sup>	FANCOILS	SUELO RADIANTE
<b>Descripción</b>	Panel vertical por el que circula agua caliente procedente del sistema generador	Sistema que intercambia el calor del agua caliente procedente del generador con el aire, que se impulsa a la estancia a través de un ventilador	Circuito de tuberías bajo el suelo por el que circula el agua procedente del equipo climatizador
<b>Distribución del calor</b>	Funciona por convección. Deja zonas con distribución poco uniforme de calor	Circulación forzada del aire. Más uniforme que los radiadores	El calor asciende desde el suelo. Es el sistema más uniforme y confortable
<b>Temperatura de trabajo<sup>4</sup></b>	Por debajo de 60 °C	En torno a los 55 °C	En torno a los 35 °C
<b>Velocidad de calentamiento</b>	Se necesita tiempo para calentar una estancia	Calientan rápidamente una estancia. También son los que permiten que la estancia se enfríe más rápidamente cuando dejan de actuar.	Son los que más inercia térmica tienen. Tardan mucho en llegar a la temperatura de confort. No son recomendables en edificios o estancias con actividades solo de mañana, por ejemplo.

<sup>3</sup> En este análisis se describen los radiadores de baja temperatura, que son los autorizados por el RITE para nuevas instalaciones

<sup>4</sup> Las calderas de alta eficiencia, como las de condensación, obtienen sus mayores rendimientos a baja temperatura (en torno a los 30 °C)

## **TERM3**

### **Sustitución de calderas**

#### **Objetivo**

Reducción de consumos energéticos, emisiones de gases de efecto invernadero o ahorro de gasto en combustible mediante el cambio del sistema de generación de calor.

#### **Aplicación de la medida**

Esta medida es aplicable a todos los edificios, con carácter general, y por este orden, las dos causas principales que llevan a la sustitución de calderas en un edificio son:

- Final de la vida útil de la(s) caldera(s) existente(s).
- Requerimientos normativos.

#### **Descripción de la medida**

La sustitución de los equipos generadores de calor es, junto con la renovación de la envolvente, una de las actuaciones de más calado en eficiencia energética en un edificio. Lo es tanto por los ahorros energéticos y de emisiones que se pueden derivar de ello, como por la inversión económica necesaria.

Hay que tener en consideración que una renovación del sistema de generación va más allá que la mera sustitución de la caldera. Implica la evaluación y en muchos casos necesaria renovación de sistemas de control y gestión, así como de elementos finales (radiadores, por ejemplo).

Mientras que en un edificio nuevo parece evidente que las instalaciones de calor y frío se diseñen de acuerdo con las máximas exigencias de eficiencia energética, las renovaciones en los edificios existentes tienen que lidiar con un sistema de calor y frío ya instalado, desde la sala de máquinas, pasando por los equipos de gestión y control, conducciones, hasta los elementos finales (por ejemplo, veremos que se deben sustituir los radiadores de alta temperatura). Por ello es interesante repasar algunos de los requisitos que nos exige la normativa (fundamentalmente el RITE) a la hora de renovar o reformar<sup>5</sup> los equipos generadores de calor en edificios existentes:

---

<sup>5</sup> El RITE es muy exigente en la definición de reforma. En su Artículo 2.4 establece lo que se puede definir como el requisito mínimo: "También se considerará reforma de una instalación térmica, a efectos de aplicación del RITE, la sustitución o reposición de un generador de calor o frío por otro de similares características, aunque ello no suponga una modificación del proyecto o memoria técnica".

- El Reglamento se aplicará a las instalaciones térmicas que se reformen en los edificios existentes, exclusivamente en lo que a la parte reformada se refiere.
- Queda prohibida la utilización de combustibles sólidos de origen fósil.
- Se propondrán instalaciones alternativas de alta eficiencia. En su caso, se propondrá el replazo de equipos alimentados por combustibles fósiles por otros que aprovechen la energía residual o que utilicen energías renovables.
- Una parte de las necesidades energéticas térmicas se cubrirán mediante la incorporación de sistemas de aprovechamiento de energía renovable, residual o procedente de procesos de cogeneración renovables.
- Se exigirá la instalación de sistemas de control automático necesarios para la autorregulación de las instalaciones de calefacción, para que se puedan mantener en los locales las condiciones de diseño previstas, ajustando los consumos de energía a las variaciones de la carga térmica.
- El control del sistema se basará en sonda exterior de compensación de temperatura o termostato modulante, de forma que modifique la temperatura de ida a emisores adaptándolos a la demanda.
- Los emisores de calefacción deberán estar calculados para una temperatura máxima de entrada al emisor de 60 °C.
- Todas las tuberías y accesorios que contengan fluidos con temperatura mayor que 40 °C dispondrán de un aislamiento térmico cuando estén instalados en locales no calefactados, entre los que se deben considerar pasillos, galerías, patinillos, aparcamientos, salas de máquinas, falsos techos y suelos técnicos.

En septiembre de 2023 se publicó la Directiva Europea 2023/1791 relativa a la eficiencia energética y que en lo referente a los sistemas de climatización de edificios existentes establece lo siguiente:

- Se prohíben los incentivos financieros para la instalación de calderas alimentadas por combustibles fósiles a partir de 2024.
- No se permitirá la instalación de calderas alimentadas por combustibles fósiles a partir de la entrada en vigor de la norma [prevista para 2026]

- A partir de 2035 se debe reducir de forma importante el consumo de combustibles fósiles. Esto no impide el funcionamiento de calderas de gas, pero sí será necesario buscar combustibles alternativos (hidrógeno verde, biometano) o combinarlas con otras fuentes de energía renovables.
- El uso de combustibles fósiles (gas, petróleo y carbón) en los edificios deberá eliminarse por completo en 2050.

## A. CALDERAS DE GAS

Como material de naturaleza fósil, el gas natural está destinado a desaparecer como combustible. Sin embargo, todavía existen muchas calderas de gas natural instaladas, cuya eficiencia puede ser mejorada. Además, existen gases renovables, como el hidrógeno verde o el biometano, que podrán ser utilizados como combustible alternativo.

Dentro de este tipo de calderas, las más eficientes son las calderas de condensación. Estas calderas pueden alcanzar rendimientos del 110%, ya que son capaces de aprovechar el calor latente que se genera al condensar el vapor de agua presente en los humos. Este aprovechamiento se produce a carga parcial, con bajas temperatura de retorno del agua (57 °C para gas natural). Las bajas temperaturas de los humos producidos suponen también una menor pérdida energética. Hay que tener en cuenta que lo que a nosotros nos interesa, más que el rendimiento máximo que podemos alcanzar en un momento determinado es maximizar el rendimiento estacional, esto es, la cantidad de energía que generamos (que podríamos traducir en calor que aporta el sistema) frente a la energía que utilizamos (o cantidad de gas que quemamos) a lo largo del año.

De acuerdo con esto, las principales características de las calderas de gas de condensación son las siguientes:

- Calderas de gas muy eficientes, que alcanzan rendimientos estacionales superiores al 100%. Aunque a carga máxima el rendimiento disminuye (en torno al 95%), estas condiciones suceden con poca frecuencia, de manera que a lo largo del año la carga media de la caldera no supera el 30%, donde su rendimiento es mayor [justo al contrario que una caldera convencional, que aumenta su rendimiento conforme mayor es la carga].
- El rendimiento aumenta a baja temperatura, con lo que son sus equipos terminales ideales son fancoils, suelo radiante o radiadores de baja temperatura.
- Suponen un **ahorro de hasta un 20% energético y de emisiones** sobre calderas de gas convencionales.
- El **ahorro económico** se sitúa entre un **15% y un 20%** del consumo de gas frente a una caldera convencional.

Para el **cálculo de los ahorros energéticos y económicos** en calderas y sistemas de calefacción se va a utilizar como **referencia** una caldera de gas convencional. En todo caso, es importante reseñar que los ahorros mencionados son orientativos. Como se ha explicado con anterioridad, los consumos energéticos no dependen exclusivamente del equipo generador, sino también sistemas de distribución y equipos finales. Es más, incluso el uso de un edificio, su inercia térmica, etc., va a condicionar los consumos energéticos. No es lo mismo climatizar una residencia, con 24 horas al día de utilización, que un edificio de oficinas, o un centro educativo, donde el uso puede ser de unas 50 horas a la semana.



## B. BOMBAS DE CALOR

Las bombas de calor, sobre todo las basadas en aerotermia están alcanzando mucha popularidad como una alternativa eficiente y renovable a las calderas de combustibles fósiles existentes. Antes de nada, es conveniente dejar claro un punto: las bombas de calor son equipos alimentados por electricidad. Aunque normativamente la aerotermia y la geotermia se consideran energías renovables, esto no incluye la energía eléctrica necesaria para su funcionamiento (que en invierno puede llegar hasta casi el 50% de la energía suministrada). Para que el sistema sea totalmente renovable, también debe serlo la fuente de alimentación eléctrica

Explicado de una manera muy simplificada, las bombas de calor aprovechan el calor latente de evaporación y de condensación de los fluidos para captar energía de una fuente exterior y transportarla al interior de nuestro edificio. La gran ventaja reside en su eficiencia energética (que medimos con el COP, o el EER), puesto que es capaz de aportar más energía (térmica) que la que consume (eléctrica), aproximadamente entre 2 y hasta 5 veces más. Esto es así porque el equipo recupera energía gratuita del ambiente exterior y la incorpora como energía útil para calefacción.

### BOMBAS DE CALOR: EL MECANISMO DE UN BOTIJO

El funcionamiento de las bombas de calor es similar al método de enfriamiento del agua de un botijo. Cuando el exterior del botijo está húmedo y lo ponemos al sol, esa agua de la superficie se evapora, para lo cual absorbe energía de su entorno, bajando la temperatura del agua del botijo. De manera análoga, podemos sustituir el sol por medios mecánicos para evaporar un fluido, fluido que absorberá energía de su entorno. Esa energía que necesita el fluido para pasar de líquido a gas es lo que se denomina **calor latente**. En el caso de la aerotermia lo absorbe del aire exterior, en el caso de la geotermia lo hace de la tierra del subsuelo. El fluido lo transportamos al interior del edificio, donde lo condensamos, de manera que el fluido vuelve al estado líquido, y libera el calor latente almacenado.

Las bombas de calor aerotérmicas tienen muy buenos resultados en lugares con inviernos moderadamente fríos. Cuando la temperatura exterior desciende, el COP de la bomba de

calor también baja, reduciéndose a valores entre 2 y 2,5. Una manera de mantener un rendimiento elevado es utilizar bombas de calor geotérmicas, y realizar el intercambio energético con el subsuelo, que mantiene una temperatura más estable y nos permite alcanzar un COP estacional por encima de 4.

En muchos casos es posible invertir el funcionamiento de la bomba de calor y utilizarlo como equipo de frío en los meses de verano.

En función de cómo se realiza la transferencia de calor tenemos distinto tipo de bombas de calor. Para simplificar se describirán solo para el modo calefacción:

Bomba de calor	Descripción
Aeroterminia aire - aire	Se toma el calor del aire exterior para transportarlo de forma directa al interior del edificio
Aeroterminia aire - agua	Se toma el calor del aire exterior y se transfiere a un circuito de agua. Este circuito se distribuye a las unidades terminales [radiadores, suelo radiante, fancoils]
Hidrotermia agua - aire	Se toma el calor de una fuente exterior de agua (lago, río, acuífero), y a través de un circuito con un fluido caloportador se transfiere directamente al aire del interior del edificio.
Hidrotermia agua - agua	Se toma el calor de una fuente exterior de agua y a través de un fluido caloportador se transfiere a un circuito con agua que se distribuye a las unidades terminales.
Geotermia	Se toma el calor del terreno a través de un fluido caloportador, que lo transmite al circuito de la máquina. Ahí se intercambia el calor con el circuito de agua para distribuirlo a las unidades terminales.

Resumiendo las características de las bombas de calor:

- Son sistemas de calor y frío muy eficientes, con rendimientos estacionales de hasta el 300% [COP 3] o 400% [COP4] en caso de geotermia.
- Su funcionamiento se basa en la energía eléctrica. Pueden hibridarse con sistemas de generación eléctrica renovable (fotovoltaica, por ejemplo), o alimentarse de electricidad de red proveniente de fuentes renovables.
- En el caso de aerotermia y zonas con inviernos muy fríos, hay que tener en cuenta la reducción del COP en el dimensionamiento de la bomba, así como introducir en el diseño sistemas de desescarche para la unidad exterior.
- Funcionan a baja temperatura, con equipos terminales como radiadores de baja temperatura, fancoils o suelo radiante.
- Suponen un **ahorro energético de hasta un 65% energético** sobre calderas de gas convencionales.
- Debido a la diferencia de precio entre la electricidad y el gas natural, el **gasto económico** de consumo sería **equivalente** en el caso de alimentar la bomba de calor con electricidad de la red. Evidentemente, este coste se reduce sustancialmente si disponemos de sistemas renovables de apoyo para la generación eléctrica
- En el caso de alimentar la bomba de calor con electricidad renovable, el **ahorro en emisiones es del 100%** frente al equivalente de la caldera de gas convencional. En el caso de contratar con una comercializadora no renovable el ahorro en emisiones sería **superior al 60%**.

## C. CALDERAS DE BIOMASA

La biomasa es un combustible que prácticamente no emite gases de efecto invernadero. Se considera neutra en emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que el gas de este tipo que se emite en la combustión ha sido fijado previamente por el producto vegetal a partir del cual se ha generado la biomasa. Sí hay emisiones, aunque muy bajas, de otros gases, como el CH<sub>4</sub> [entre 4,3 y 5,4 g/kg biomasa, en función del tipo que se utilice] y el N<sub>2</sub>O [entre 0,058 y 0,072 g/kg].

La biomasa se obtiene principalmente de la transformación de productos agrícolas y forestales, de residuos de explotaciones ganaderas, de restos de aprovechamiento forestales, de residuos de cultivos, y de cultivos expresamente dedicados para la obtención de biomasa. Hay diversos tipos de biomasa que se utilizan de forma comercial en sistemas de calefacción: pellets, astillas, serrines o virutas, cáscaras de frutos secos o hueso de aceituna.

La tecnología en calderas de biomasa está avanzando de forma continua, y hay en el mercado calderas de alta potencia con un alto nivel de automatización para dar servicio a grandes edificios. El rendimiento de una caldera de biomasa convencional puede alcanzar el 90 – 95% [aunque ya existen calderas con tecnología de condensación, que permiten llegar a rendimientos estacionales cercanos al 100%]. Estas calderas convencionales alcanzan su máximo rendimiento a máxima carga, por lo que se suelen utilizar las siguientes estrategias para maximizar el rendimiento:

### — **Complementar la caldera de biomasa con un otro sistema de generación de calor.**

Esta solución está basada en que la demanda máxima [o de diseño] de una instalación se da pocas veces al año. El sistema consiste en una caldera de biomasa con una potencia inferior a la de diseño [puede ser hasta el 60 ó 70% de la potencia térmica máxima], complementada con otro sistema, que se utiliza para cubrir los picos de demanda y servir como sistema auxiliar. Esta opción es muy interesante cuando ya existe un sistema anterior [una caldera de gas, por ejemplo], en buenas condiciones de funcionamiento, y que puede ser utilizada en períodos de tiempo cortos. Con este procedimiento:

- Se aprovecha el sistema anterior existente, si está en buen uso, y se reduce la inversión, al disminuir la potencia de la caldera de biomasa que se instala.
- Se maximiza el rendimiento de la caldera de biomasa, al funcionar la mayor parte del tiempo a máxima potencia.

- Es un sistema mixto, por lo que en caso de fallo de uno de los equipos, se puede mantener la instalación funcionando, al menos en condiciones mínimas.
- **La caldera de biomasa se apoya con un depósito de inercia.** Se acumula agua caliente en el depósito permitiendo a la caldera trabajar de forma más uniforme sin estar sometida a arranques y paradas continuas que disminuyen la vida de la caldera y reducen el rendimiento estacional. Al igual que en el caso anterior, los picos de demanda se pueden cubrir complementando el suministro de la caldera con el depósito de inercia. De esta manera se reduce la inversión y se trabaja más tiempo a máxima carga. Las calderas de biomasa tienen mucha inercia térmica; cuando se apagan siguen despidiendo calor, que puede ser recuperado y almacenado en este depósito acumulador.

En general, el combustible más habitual para calderas de media potencia son los pellets, ya que es un producto ya normalizado y que facilita la alimentación y la combustión en la caldera. En calderas de potencias elevadas, es habitual encontrarse con calderas adaptadas a otros tipos de biomasa, sobre todo a lo que se encuentra en un entorno cercano. También, nos podemos encontrar con calderas mixtas o de policomcombustible, que tienen una cámara de combustión que admite varios tipos de biomasa (por ejemplo, pellets y leña). En general, estas calderas necesitan mayor espacio para el almacenamiento.

Las características fundamentales de las calderas de biomasa:

- Son caldera de alta eficiencia, con rendimientos superiores al 95%, incluso del orden del 100% para calderas de condensación.
- Si sustituyen a una caldera de gas o gasoil, son compatibles con la instalación existente, tanto en conducciones como en elementos finales.
- Las salas de caldera para biomasa requieren más espacio. Junto a la caldera hay que instalar sistemas de acumulación de inercia, de almacenamiento de combustible, y de alimentación. Es necesario que la sala de calderas tenga acceso a un sistema de transporte para la biomasa.
- Las calderas de biomasa necesitan un mantenimiento más frecuente que calderas de otros combustibles [por ejemplo, extracción de cenizas]. Sin embargo, existen en el mercado calderas muy automatizadas, sobre todo para combustible de pellets.
- Tienen un **consumo energético similar** al de una caldera convencional de gas. La **tecnología de condensación** en una caldera de biomasa supondría un **ahorro energético** en torno al **15%**.
- El coste de instalación es mayor que el de otro tipo de calderas. Sin embargo, el precio de la biomasa es inferior al coste de otros combustibles. Se ha solido mantener estable en el tiempo<sup>6</sup>. Aunque con las fluctuaciones de todos los suministros energéticos durante los años 2022 y 2023 es difícil hacer una comparativa, el **ahorro económico en el consumo** de una caldera de biomasa frente a una convencional de gas estaría **en torno al 25%**.
- La biomasa es una energía renovable, con un balance neutro de emisión de CO<sub>2</sub>. El **ahorro en emisiones** con respecto a cualquier sistema basado en combustibles fósiles es del **100%**.

<sup>6</sup> En el año 2022, con motivo de la invasión de Ucrania, el precio [al igual que el de todos los combustibles] se disparó hasta doblarse. En estos momentos la tendencia es a la baja [sobre todo en pellets] y ya se encuentra próximo a los valores anteriores al conflicto.

## E. REDES DE CALOR

Las redes de calor son una opción interesante a la hora de climatizar un edificio. La red de calor es un sistema para distribuir calor/frío, generado en una localización centralizada y distribuido a los distintos puntos de consumo, de forma similar a como se hace con el agua, o con el gas. Las redes de calor pueden ser muy extensas, que abarcan barrios enteros en ciudades, o de menor tamaño, de manera que den servicio, por ejemplo, a un conjunto de edificios de un complejo. El tipo de consumidor es muy variable: residencial, empresas, edificios públicos (hospitales, centros educativos, residencias), administración, etc.

Una red de calor/frío tienen tres elementos fundamentales:

- **Central de generación:** Donde se produce el calor, el frío o el agua caliente sanitaria y desde donde se distribuye a los centros consumidores.
- **Canalización:** Lo constituye la red de tuberías de distribución. Estas tuberías están aisladas y habitualmente van enterradas para minimizar las pérdidas energéticas.
- **Subestaciones:** Son los elementos desde donde se distribuye, regula y contabiliza la energía que se aporta a cada uno de los puntos de consumo. Están equipadas con equipos de regulación y control del fluido caloportador, sistemas de contabilización de consumos, y, en muchos casos, depósitos de almacenamiento o sistemas de intercambio (la energía del fluido de la red de calor se cede a un circuito independiente para el punto de consumo).

Aunque todavía estamos lejos de los números en Europa, en España había 533 redes censadas en 2023, con 1.275 MW de calor y 357 MW de frío instalados, que cubren una demanda de 1.110.191 MWh/año de calor y 451.061 MWh/año de frío. Dan servicio a 6.260 edificios y aproximadamente el 80% emplea renovables en su mix energético (fundamentalmente biomasa), consumiendo aproximadamente el 50% del combustible de fuentes renovables. El otro 50% es gas natural.

Las redes de calor presentan las siguientes características:

- Los sistemas de generación son de elevada potencia. Esto permite:
  - Mayores rendimientos energéticos
  - Mejores precios de adquisición del combustible
  - Las elevadas potencias y consumos hacen rentable la apuesta por las tecnologías más avanzadas.
- Permite combinar sistemas de generación, de cogeneración, de aprovechamiento de calores residuales de incineradoras de residuos, etc.
- Un sistema de generación centralizado y bien gestionado permite liberar la ciudad o el barrio afectado de emisiones de cada una de las calderas individuales o colectivas de viviendas particulares y edificios, muchas de ellas probablemente obsoletas o con un mantenimiento insuficiente. En todo caso, las emisiones de un sistema de generación centralizado (y más si es de biocombustible) es mucho menos que la suma de los distintos sistemas individuales.
- Al dar servicio a diversos puntos de consumo, se optimiza la potencia ya que esta se reparte a lo largo del día: la demanda por la mañana está en edificios administrativos, colegios, etc., y por la tarde se desplaza a edificios residenciales; incluso pueden cubrir demandas altas en turnos nocturnos de empresas, ya que el resto de la red ha disminuido mucho la demanda.
- En general, los edificios pueden mantener su antiguo sistema de generación de calor o frío, de manera que en caso de un fallo en la red el suministro quede asegurado.



## E. PANELES SOLARES TÉRMICOS

Los sistemas de energía solar térmica captan la energía de la radiación solar mediante un captador o colector por el que circula un fluido, y la transfieren a un sistema para su posterior aprovechamiento para la obtención de agua caliente sanitaria o climatización. La utilización de paneles solares para captar energía térmica nos permite alcanzar dos objetivos:

- Reducir la emisión de gases de efecto invernadero al utilizar una energía renovable como la solar
- En su caso, cumplir con uno de los requisitos del documento HE4 del CTE [Código Técnico de la Edificación] que exige una contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables para cubrir la demanda energética de ACS [agua caliente sanitaria], tanto en nueva edificación como en reformas importantes de edificios existentes.

Las aplicaciones más comunes para la energía solar térmica son las siguiente:

- Producción de agua caliente sanitaria: Es la principal aplicación de la energía solar térmica.
- Apoyo a calefacción: El principal problema es que el periodo de calefacción coincide con los meses de menor radiación solar, lo que reduce el rendimiento de la instalación. La temperatura del fluido en los paneles solares térmicos no es elevada, por lo que los equipos terminales idóneos que se pueden ver favorecidos por esta tecnología de forma directa son emisores de baja temperatura: fancoils, suelo radiante o radiadores de baja temperatura. También puede ser utilizada la energía solar térmico para un calentamiento inicial en un proceso en dos etapas, que se completa con el sistema de calefacción existente en el edificio.
- Climatización solar: En este caso el periodo de demanda coincide con el de mayor radiación solar. En este caso se utiliza la energía térmica como fuerza motriz para la producción de frío utilizando para ello máquinas de absorción.

A la hora de diseñar y dimensionar un sistema de paneles solares térmicos es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

- Datos climáticos de diseño, temperatura ambiente, temperatura de agua de red y niveles de radiación disponibles a lo largo del año.
- Ubicación de los paneles solares: El objetivo de una instalación solar es calentar agua captando la máxima radiación solar. Por lo tanto, la inclinación y la orientación del colector solar, así como las sombras que se puedan proyectar sobre los paneles, son factores claves que determinan un correcto funcionamiento de la instalación.
- Es necesario contar con espacio para albergar el resto de equipos del sistema solar, sobre todo los acumuladores solares, debido a su tamaño.
- Tanto la congelación del fluido como su sobrecalentamiento pueden dañar los paneles solares. Estos deben contar con sistemas de protección contra estas eventualidades [utilización de anticongelantes, vaciados automáticos del sistema, cobertores de protección, etc.]
- Todo el sistema se debe dimensionar de acuerdo con las necesidades y características del funcionamiento del edificio. Por ejemplo, la demanda media de ACS en una residencia es de 41 l/día·persona, mientras que la de una oficina es de 2 l/día·persona. A esto hay que añadir necesidades de calefacción o refrigeración, incluso el tipo de elementos terminales de climatización.
- Un equipo solar térmico no puede ser el único sistema de generación de ACS (ni, por tanto, de climatización). El edificio debe contar con un sistema complementario de suministro energético de manera que el servicio quede asegurado de forma continuada y se puedan cubrir todos los picos de demanda.
- Un sistema de paneles solares térmicos puede llegar a cubrir un **70% del consumo de ACS**, y, por lo tanto, **reducir en un 70% la emisión de gases** de efecto invernadero implicados en su producción.





ENVOLVENTE

Aunque son las más costosas, las actuaciones en la envolvente son las primeras que se deberían tener en cuenta a la hora de plantear actuaciones de rehabilitación para mejorar la eficiencia energética de un edificio. Las mejoras en la envolvente se van a traducir en dos efectos fundamentales:

- Aumento del aislamiento térmico
- Reducción de las infiltraciones de aire

Estos dos efectos tienen un peso en el consumo del edificio del mismo orden de magnitud, y su mejora acarrea una consecuencia inmediata: reducción de la demanda energética del edificio. Hasta ahora hemos estado viendo distintas formas de suministrar energía de una manera más eficiente, pero la cantidad de energía que hay que suministrar viene definida por las características de la envolvente del propio edificio. Como beneficio añadido, si aumentamos el aislamiento térmico y reducimos las infiltraciones de aire, se reducen las exigencias de capacidad de los equipos e instalaciones, pudiéndose sustituir estos por otros de menor potencia, generalmente más económicos. Además, desde el punto de vista medioambiental, una reducción de la demanda energética siempre va a producir una disminución de emisiones de gas de efecto invernadero.

## ¿Cuándo realizar una intervención de eficiencia energética en la envolvente?

Las intervenciones en la envolvente no son sencillas de plantear, y, por tanto, no son las más habituales. En general, son invasivas, y afectan al desarrollo normal de la actividad del edificio. Como se ha comentado, son intervenciones costosas, y con periodos de retorno (en base a los ahorros energéticos generados) elevados. Sin embargo, existen ocasiones cuando es interesante plantear una intervención de mejora de eficiencia energética en la envolvente:

- La mayor parte de necesidades de rehabilitación en los edificios no se debe a necesidades de eficiencia energética, sino a reparaciones, mejora de la habitabilidad o adaptaciones a la normativa vigente. Se pueden aprovechar **estas intervenciones de reforma** para incluir criterios de eficiencia energética en las actuaciones, a un coste mucho más favorable.
- **Situaciones de bajo confort:** Estancias muy difíciles de calentar o enfriar por mal aislamiento, excesivas infiltraciones de aire, etc. En este caso, el coste de la intervención pasa a un segundo plano frente al malestar de los usuarios del edificio.

Las actuaciones de mejora de la eficiencia energética en a envolvente implican actuaciones en uno de estos cuatro elementos:

- Cubierta
- Fachada
- Solera
- Huecos: Acristalamientos y carpinterías

La siguiente tabla muestra una lista de medidas de rehabilitación “no energética”, y qué medidas de eficiencia energética podemos implementar en cada caso.

**Tabla 3.** Actuaciones de rehabilitación no energética más frecuentes, junto con las medidas de eficiencia energética que se pueden llevar a cabo.

	Actuación de rehabilitación	Medida de eficiencia energética
CUBIERTA	Renovación de la teja Reparación de falsos techos Impermeabilización Reparación de goteras Refuerzo de la estructura	Mejora del aislamiento en cubierta
FACHADA	Reparación de humedades	Mejora del aislamiento en fachadas
CARPINTERÍAS	Colocación de ventanas motorizadas Instalación de persianas Arreglo de puertas	Mejora del comportamiento térmico de carpinterías y acristalamientos Reducción de infiltraciones de aire exterior
SOLERA	Reparación de pavimento Solado	Mejora del aislamiento en soleras
INTERIOR	Redistribución de espacios, tabiquería	Mejora de carpinterías y acristalamientos Mejora del aislamiento en muros y tabiques
	Pintura	Mejora de carpinterías y acristalamientos



## Factores que se deben tener en cuenta en las actuaciones de mejora de la eficiencia energética en cubiertas y fachadas

Hay múltiples posibilidades de actuar sobre la cubierta o la fachada de un edificio para mejorar su aislamiento térmico. Se puede abordar desde el interior, aislar desde el exterior, o incluso, en su caso, aislar la cámara interior de la fachada. La siguiente tabla describe los aspectos que se deben tener en cuenta en cada uno de los casos

	Ventajas	Inconvenientes
<b>Aislamiento de fachada por el interior</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite sanear y corregir los muros de fábrica</li> <li>- Se puede actuar sobre cualquier tipo de soporte</li> <li>- Mejora el aislamiento acústico</li> <li>- Instalación rápida. Sin tiempos de espera para secado de morteros</li> <li>- Aplicable a cualquier tipo de fachada</li> <li>- Resuelve los puentes térmicos integrados en la fachada (pilares, contorno de huecos, etc.)</li> <li>- Intervención más económica que la actuación por el exterior</li> <li>- No es necesario montar andamios</li> <li>- Se mantiene la estética exterior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminuye el espacio interior</li> <li>- No se aprovecha la inercia térmica del muro de fachada</li> <li>- Es necesario el desalojo de las estancias</li> <li>- No corrige defectos de impermeabilización</li> <li>- No elimina puentes térmicos en fachada (frentes de forjado, intersección de muros de fábrica, etc.)</li> <li>- Deben desmontarse y reinstalarse zócalos, marcos e instalaciones eléctricas</li> </ul>

**Tabla 4.** Ventajas e inconvenientes de las mejoras del aislamiento térmico de cubiertas y fachadas, en función de su modo de ejecución.

**Aislamiento de fachada por el exterior**

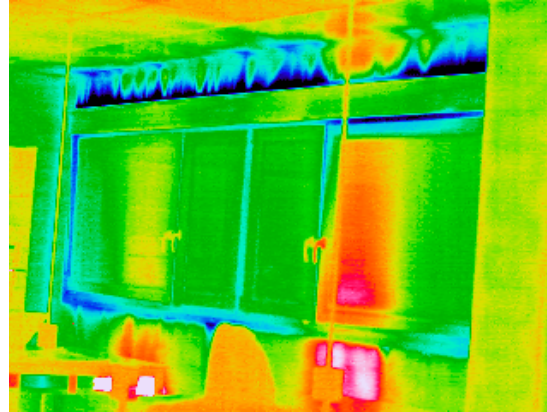
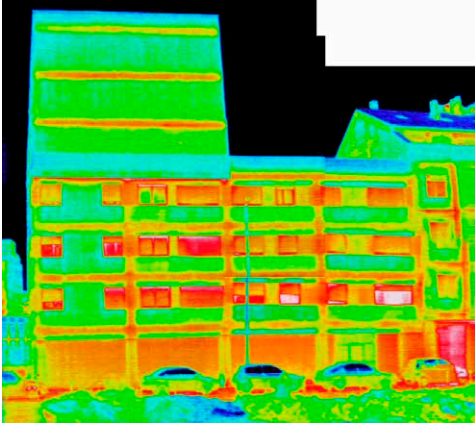
- En fachadas ventiladas, la solución es “desmontable” y, por lo tanto, susceptible de rehabilitarse en diversas ocasiones
  - Es aplicable a cualquier tipo de fachada
  - No interfiere con la actividad del edificio, excepto en fachadas que dan a patios interiores
  - No se reduce la superficie útil del edificio
  - Se corrigen los puentes térmicos
  - Reduce la solitud térmica de la estructura, y, por tanto, las dilataciones
  - Se aprovecha la inercia térmica de los muros de fachada
  - Protege la fachada original del edificio, aumentando su vida útil
- Se altera el impacto estético de la fachada exterior del edificio
  - Es necesaria la instalación de andamiaje
  - Intervención costosa comparada con otro tipo de actuaciones
  - Puede implicar la modificación de aleros, voladizos, puertas, ventanas, etc. para la adecuación al espesor de la nueva fachada
  - No es buen aislante acústico

**Aislamiento de fachada en cámara interior**

- Permite mantener la actividad en el edificio durante la intervención
  - No requiere enfoscado u otros tratamientos constructivos
  - No necesita montar andamios
  - Se mantiene la superficie útil
  - No tiene impacto estético en el edificio
  - Elimina las infiltraciones de aire a través de muros
- La presencia de instalaciones dificulta su aplicación
  - No aplicable en cámaras ventiladas
  - Requiere precisión y especialización en los técnicos
  - Es necesario un control de obra intenso para garantizar la continuidad de la cámara
  - El aislante no será accesible para operaciones de inspección y mantenimiento
  - En su aplicación se generan puentes térmicos
  - En caso de proyección de PUR [poliuretano], existe riesgo de condensaciones en función del clima y de las características de la hoja exterior.

<p><b>Aislamiento de cubierta por el interior</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se evita el levantamiento de la cubrición exterior</li> <li>- Montaje rápido y por vía seca, permitiendo la habitabilidad durante la ejecución de los trabajos</li> <li>- En la instalación de aislante bajo soporte se mejora el aislamiento acústico</li> <li>- Actuación más económica que la rehabilitación por el exterior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En cubierta no ventilada se debe tener en cuenta el posible riesgo de condensaciones</li> <li>- Se pierde altura libre</li> <li>- En la aplicación de aislante bajo soporte se debe disponer de una altura mínima de 10 cm para facilitar el montaje de los sistemas de anclaje y su nivelación</li> <li>- En actuación sobre forjado en bajocubierta no se eliminan los puentes térmicos entre tabiques palomeros y soporte estructural [forjado]</li> </ul>
<p><b>Aislamiento de cubierta por el exterior</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mínima interferencia para los usuarios del edificio</li> <li>- Se mantiene la altura libre de las estancias del último piso</li> <li>- El forjado que forma la azotea está protegido por el aislamiento.</li> <li>- Se aprovecha la inercia térmica del soporte resistente</li> <li>- Mejor opción si hay que realizar otras tareas de rehabilitación de cubierta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suele ser una opción más costosa que la rehabilitación desde el interior, al tener que desmontar parte de la protección exterior de la cubierta.</li> <li>- Hay que tener en cuenta drenaje y encuentros con otros elementos de la cubierta.</li> </ul>

Los ahorros energéticos de estas medidas dependen tanto de su alcance, como de la situación de partida del edificio. El **aislamiento de cubierta** puede suponer entre un **5% y un 10% de ahorro de energía térmica** del edificio, mientras que en el caso de la **fachada opaca** (sin contar actuaciones en huecos) se podría alcanzar el **15% de ahorro energético**.



**Fig. 7**

Termografías que muestran defectos en la envolvente: En la imagen de la izquierda se observan puentes térmicos de los forjados, que eliminan calor de las estancias hacia el exterior. La imagen de la derecha muestra infiltraciones en cajas de persiana y encuentros de ventana.

## Qué tipos de actuaciones se pueden llevar a cabo en huecos de fachada

Los huecos de fachada y ventanas están entre las mejoras de eficiencia energética con los periodos de retorno de la inversión más largos. Cualquier fachada medianamente aislada tiene menor transmitancia térmica que el mejor conjunto de carpintería y acristalamiento. Sin embargo, juegan un papel fundamental en nuestra sensación de confort y bienestar dentro de una estancia. Por un lado, la iluminación natural, o la capacidad de extender la visión más allá de las cuatro paredes influye en nuestro estado anímico y emocional. Pero, por otro lado, un hueco mal sellado dará lugar a infiltraciones, que en invierno van a reducir la temperatura de la estancia y, sobre todo, darán lugar a una distribución térmica irregular al convertirse en un foco continuo de aire frío. Además, el acristalamiento debe estar adaptado a la orientación de la fachada. En orientación sur puede ser necesario el uso de vidrios de control solar que reduzcan la radiación, sobre todo cuando esta incide de forma directa en zonas de trabajo; en otras orientaciones, acristalamientos con alta transmitancia se convierten en invierno en zonas frías que resultan en la necesidad de un mayor aporte de calefacción para alcanzar la sensación de confort en la estancia.

Las actuaciones sobre huecos se pueden realizar de forma progresiva, fraccionando las intervenciones en función del presupuesto disponible, empezando por los huecos en peores condiciones, y siempre completando las actuaciones por estancias. Una ventaja añadida es que la renovación de carpinterías y vidrios en mal estado mejorará el comportamiento acústico.

Las actuaciones más comunes en huecos son de dos tipos:

- **Sustitución de acristalamiento y carpintería.**
- **Sellado y corrección de infiltraciones.**

## ACRISTALAMIENTO Y CARPINTERÍA

En las tablas siguientes se describen los tipos más habituales de acristalamientos y carpinterías y sus valores de transmitancia térmica [U]. Cuanto mejor es el aislamiento, menor es el valor de U. El valor de transmitancia del hueco se calcula en función del reparto de superficie entre carpintería y acristalamiento.

Acristalamiento	Descripción	Características
<b>Vidrio sencillo (monolítico)</b>	Vidrio formado por una sola hoja, o por dos o más hojas unidas entre sí por toda su superficie [vidrios laminares]	$U = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>Doble acristalamiento</b>	Conjunto formado por dos o más láminas de vidrios monolíticos separados entre sí por uno o más espaciadores.	$U = 2,5 - 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>Vidrio de baja emisividad</b>	Vidrios monolíticos sobre los que se ha depositado una capa fina de óxidos metálicos extremadamente fina, que proporciona al vidrio una mayor capacidad de aislamiento térmico, superior al que se podría alcanzar por un aumento de cámara. Suelen ir en conjuntos de doble acristalamiento	$U = 1,3 - 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>Vidrio de control solar</b>	Vidrios que permiten el paso de la luz solar, pero reducen la transmisión de calor debido a la radiación solar a través del acristalamiento.	Pueden reducir la energía que entra a través del acristalamiento entre un 35% y un 90% de la energía incidente.
<b>Triple acristalamiento</b>	Acristalamiento de altas prestaciones, formado por tres vidrios monolíticos [algunos de ellos bajo emisivos] separados por dos espaciadores.	$U = 0,5 - 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Carpintería	Descripción	Características
<b>Marco metálico</b>	Marco de acero o aluminio, con distintos acabados	$U = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>Marco metálico con rotura de puente térmico (RPT)</b>	Marco que incorpora uno o varios elementos de baja conductividad térmica que separan los componentes interiores y exteriores de la carpintería, mejorando el aislamiento de la carpintería.	$U = 3,2 - 4,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>Marco de madera</b>	La madera proporciona unos niveles importantes de aislamiento térmico. Requiere más operaciones de mantenimiento	$U = 2,0 - 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>Marco de PVC</b>	Las carpinterías están formadas por perfiles de PVC, ofreciendo un muy buen aislamiento térmico. Habitualmente son carpinterías cuya participación en el hueco es elevada, lo que unido a sus valores de aislamiento favorece el comportamiento del conjunto.	$U = 1,8 - 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$



## **CORRECCIÓN DE INFILTRACIONES**

Habitualmente se da mucha importancia al correcto aislamiento de la envolvente (que la tiene), y no se presta tanta atención a las pérdidas energéticas por infiltraciones de aire, que pueden ser incluso mayores que las ocasionadas por un escaso aislamiento del edificio.

Aunque en muchas ocasiones las infiltraciones aparecen en huecos y ventanas, esto no es siempre así: siempre que hay uniones entre dos componentes constructivos, una mala ejecución puede dar lugar a infiltraciones, y su solución no siempre es sencilla.

Las zonas donde suelen aparecer las infiltraciones son:

- Ventanas, sobre todo aquellas cuyo comportamiento empeora a lo largo de su vida útil: ventanas correderas o ventanas practicables de anchura excesiva (tienden a desengancharse del marco).
- Capialzados y componentes que comunican interior y exterior.
- Cubierta y bajocubierta, una de las zonas donde se produce mayor nivel de infiltraciones.
- Uniones entre tabiques y forjados.
- Comunicaciones entre zonas calefactadas y no calefactadas a través de tabiques, forjados o pasos de conductos.

Las soluciones a las infiltraciones son muy variables, que por ejemplo en huecos pueden ir del sellado de capialzados, o colocación de burletes en carpinterías, al desmontado y sustitución de toda la ventana.



MOVILIDAD

La sostenibilidad en la movilidad y los viajes dentro de las organizaciones está adquiriendo cada vez mayor fuerza. Desde el punto de vista interno, cada vez son más las organizaciones que emplean criterios de racionalidad y sostenibilidad a la hora de definir sus políticas de viajes y desplazamientos. Pero también los trabajadores emplean cada vez más medios alternativos al automóvil para desplazarse entre sus domicilios y sus puestos de trabajo.

Si tomamos como referencia el desplazamiento en automóvil (ya sea el propio o de la organización), este presenta deficiencias importantes como modelo de movilidad sostenible (social, ambiental y económico):

- Pérdidas de tiempo por congestiones de tráfico, lo que también tiene efectos sobre la salud (estrés, ansiedad, etc.)
- Accidentes
- Emisión de gases de efecto invernadero
- Contaminación acústica
- Consumo ineficiente de recursos energéticos
- Impacto en el territorio y en la vida urbana
- Costes económicos directos por el uso del coche (consumos, mantenimiento, etc.)

En este sentido, y siguiendo la tendencia de muchas Comunidades Autónomas, se está elaborando una Ley de Movilidad Sostenible a nivel estatal, que entre otras cosas regulará los planes de movilidad sostenible que ya están elaborando empresas, organizaciones y entidades locales. Estos planes, también llamados Planes de Desplazamiento de Empresa (PDE) o Planes de Transporte al Trabajo (PTT) se definen como el conjunto de actuaciones para optimizar la movilidad de los trabajadores y visitantes, favoreciendo el uso de modelos de transporte alternativos al vehículo privado, racionalizando el uso del coche. Implica todos los desplazamientos relacionados con la actividad profesional, tanto los trayectos entre el domicilio y el lugar de trabajo como los desplazamientos profesionales de los trabajadores, clientes y proveedores.

## Ventajas de la movilidad sostenible en organizaciones

Antes de empezar, convendría definir qué entendemos por movilidad sostenible. De acuerdo con la ONU, la movilidad sostenible en una organización se define como “la movilidad donde se minimizan los impactos medioambientales, sociales<sup>1</sup> y económicos, sin por ello afectar de forma negativa la capacidad de la organización de cumplir su misión”. Esta última parte es importante: si la priorización del aspecto medioambiental es causa de que la organización no pueda cumplir sus cometidos, no estamos hablando entonces de movilidad sostenible.

La movilidad sostenible presenta claros beneficios para la sociedad, pero también para los trabajadores y las organizaciones.

### BENEFICIOS PARA LA SOCIEDAD

- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes
- Reducción del consumo energético
- Reducción de la contaminación acústica
- Reducción de bajas laborales y costes sanitarios
- Menos congestiones de tráfico y atascos
- Menor necesidad de espacio público para infraestructuras de vehículos
- Mejora de la calidad de vida, urbana y ambiental de los ciudadanos

### BENEFICIOS PARA LOS TRABAJADORES

- Ahorro de costes relacionados con el consumo y mantenimiento del automóvil.
- Mejoras de salud: la disminución del estrés en caso de ciudades muy congestionadas, mayor actividad física si se sustituye el coche por desplazamientos a pie o en bicicleta, menor riesgo de sufrir accidentes.

---

<sup>1</sup> Los aspectos de seguridad y salud están incluidos en esta definición.

- Menor incertidumbre a la hora de llegar al trabajo, al evitar atascos y búsquedas de aparcamiento.
- En muchos casos el uso de transporte público supone un ahorro de tiempo en los desplazamientos.

## **BENEFICIOS PARA LA ORGANIZACIÓN**

- Reducción de la huella de carbono de la organización.
- Mejora de imagen en relación con su Responsabilidad Social Corporativa para una mejora ambiental y social.
- El cumplimiento de estándares de sostenibilidad puede permitirle acceder a nuevos mercados
- Disminución de la necesidad de espacio para aparcamiento, que puede dedicarse a otros fines.
- Establecimiento de un vínculo con los trabajadores, a través de un objetivo común. Trabajadores que además están más sanos, menos estresados y son más puntuales, lo que va a mejorar la productividad.
- Una organización con una imagen potente de sostenibilidad tiene más posibilidades de atraer talento. En muchos trabajadores, sobre todo jóvenes, este es un requisito importante a la hora de seleccionar ofertas.

Como todas las medidas de eficiencia energética y sostenibilidad, la elaboración de una estrategia de movilidad de la empresa va más allá de la redacción de un plan, más o menos complejo, y su difusión entre los trabajadores. El éxito de la estrategia se basa en los siguientes puntos:

- **Compromiso de la organización**, que supone trabajo (no pequeño) en superar las resistencias que aparecerán, difusión e información continua a trabajadores, clientes y proveedores, o inclusión del plan de movilidad en otros documentos estratégicos de la organización (convenios colectivos, planes de prevención de riesgos laborales, planes de igualdad, sistemas de gestión ambiental, etc.).

- **Participación de todos los implicados:** dirección, mandos intermedios y trabajadores. Incluso es conveniente contactar con organizaciones cercanas (por ejemplo, para organizar estrategias colectivas de movilidad), o Administraciones Públicas.
- **Elaboración de una metodología** para el proceso de elaboración e implantación de la estrategia.
- Dotar de manera suficiente de **recursos humanos, técnicos y económicos.**
- **Integración de la estrategia en la cultura y modelo de negocio,** estableciendo objetivos y realizando un seguimiento que nos permita identificar éxitos, posibilidades de mejora, barreras, etc.

### **¿Qué tipos de actuaciones se pueden llevar a cabo?**

Las actuaciones que se pueden llevar a cabo podemos dividir las en dos apartados:

- **Desplazamientos profesionales de trabajadores, clientes y proveedores.**
- **Movilidad de los trabajadores al trabajo.**

## MOV1

### Movilidad por razones profesionales

Es importante que la organización desarrolle una **política de movilidad**. Esta política debe estar dotada de recursos y debe tener su propio equipo de gestión. La gestión debe ser coherente: la alternativa a un modelo no sostenible de movilidad no es la reducción de viajes a cualquier coste, sino una estrategia que identifique qué medidas se pueden llevar a cabo para reducir la huella de carbono de la organización, sin influir negativamente en su modelo de negocio. En esta estrategia deben estar directamente involucrados tanto el equipo encargado de la gestión de viajes en la organización, como las agencias de viaje con las que habitualmente se trabaja.

Algunas de las medidas que se pueden llevar a cabo son las siguientes:

- **Cálculo de la huella de carbono de los desplazamientos.** Lo que no se mide, no existe. Conocer el impacto medioambiental de los desplazamientos en la organización por motivos laborales permitirá entre otras cosas:
  - Marcarse objetivos concretos de reducción de la huella de carbono
  - Identificar buenas y malas prácticas
  - Conocer de forma directa el peso relativo de cada uno de los distintos tipos de desplazamiento.
- **Reducir el número de viajes.** Hoy en día tenemos en la tecnología un apoyo importante que permite sustituir reuniones presenciales por videoconferencias, por ejemplo. Aunque en ocasiones el contacto personal es esencial, en otras, el uso de otras alternativas puede compensar los costes del viaje, que van más allá del precio de billetes y dietas:
  - Tiempo de los trabajadores: en general, buena parte del tiempo de los viajes es tiempo no productivo
  - Coste medioambiental
  - Conciliación familiar
- **Reducción del número de participantes en las reuniones.** La necesidad dentro del personal de asistir a las reuniones para poder estar al día de un proyecto, o de una nego-



ciación, se puede suplir con un buen procedimiento de información tras cada reunión significativa.

- **Desplazamientos en avión.** En desplazamientos nacionales, en la medida de lo posible, seleccionar el tren frente al avión. Cuando es necesario el viaje en avión, a la hora de seleccionar vuelo y compañía hay que tener en cuenta que:
  - La huella de carbono en clase turista es inferior (menos de la mitad) de la huella de carbono en clase business<sup>2</sup>. Esto no tiene por qué privar a los viajeros de disfrutar de los espacios business en los aeropuertos.
  - Las aeronaves más modernas pueden ahorrar hasta un 70% de combustible frente a las más antiguas.
  - El gasto de combustible por km en un vuelo es mucho mayor en el despegue y en el aterrizaje. Se deben favorecer los viajes directos.
- Para los **desplazamientos en coche**, sustituir la flota por vehículos de bajas emisiones. El uso de un vehículo híbrido reduce en un 35% las emisiones de un vehículo diésel. Si se utiliza un vehículo eléctrico las emisiones se reducirán en un 90%. En todo caso los vehículos deben estar correctamente mantenidos, se deben utilizar los combustibles menos contaminantes, y se debe formar a los trabajadores e incentivar la ecoconducción. En caso de utilizar taxis o coches de alquiler, conocer qué servicios tienen vehículos de bajas emisiones. En el caso de que los trabajadores utilicen el vehículo propio, desarrollar políticas que “desincentiven” el uso de vehículos contaminantes, ofreciendo otras alternativas [vehículos de la propia flota, vehículo de alquiler, transporte público, por ejemplo].
- **Programar e informar de los viajes** con antelación. Esto permitirá a la persona o departamento encargado de gestionar los viajes una mejor coordinación. Se podrán agrupar destinos, o personas con destinos comunes, programar fechas, obtener mejores reservas en medios de transporte, coordinar el uso de la propia flota de vehículos, etc.
- La política **de dietas en los viajes** es un factor que hay que considerar. Cuando las dietas son pagos fijos (en función de distancia, tiempo, etc.), muchas veces se favorece que el trabajador busque las alternativas más económicas, que no siempre son las más sosteni-

---

<sup>2</sup>En algunas organizaciones si el viaje es largo se permite un día extra de descanso para compensar por el cansancio motivado por la mayor incomodidad del vuelo en clase turista.

bles. Un pago directo de los costes, aunque por un lado obliga al trabajador a recopilar facturas y recibos, por otra parte, libera al trabajador de organizar un viaje de acuerdo a un presupuesto prefijado, y a la vez facilita seleccionar las mejores opciones de acuerdo con la política de movilidad de la organización.

- **Implicar a los trabajadores** de forma activa de la política de movilidad de la empresa, y motivarlos en esa dirección:
  - Con campañas de sensibilización, que informe de las razones y de las ventajas de la movilidad sostenible. En general, son los propios trabajadores los que identifican la necesidad de un viaje. Si desconocen o no entienden la necesidad de la sostenibilidad en los viajes, es muy difícil que pongan en práctica ninguna medida.
  - Monitorizando y difundiendo de forma periódica los datos de viajes y su efecto sobre la reducción de la huella de carbono.
  - Generando incentivos para favorecer los desplazamientos sostenibles.
  - Facilitar el acceso a medidas que conduzcan a una mayor sostenibilidad en los viajes. Por ejemplo, mejorar las herramientas para las comunicaciones on-line, o promover la gestión de viajes a través de un departamento o una empresa experta en sostenibilidad.

## MOV2

### Movilidad de trabajadores entre domicilio centro de trabajo

Dentro de la política de movilidad sostenible, una organización también debe considerar y favorecer esta en los desplazamientos hacia y desde el lugar de trabajo, tanto con sus trabajadores, como con clientes y proveedores. Algunas de las medidas que se pueden desarrollar son:

- **Información, concienciación y facilitación a los trabajadores.** Al igual que en el caso anterior, es fundamental que las personas estén motivadas, conozcan y compartan la estrategia de la organización, y se les facilite la adopción de medidas encaminadas a favorecer la movilidad sostenible.
- **Fomentar el uso del transporte público colectivo.** Muchas ciudades tienen un transporte urbano muy eficiente, y en la práctica suponen desplazamientos más cómodos que en vehículo propio. Además de informar, otras medidas específicas pueden ser:
  - Facilitar la compra de abonos de viaje a precios más reducidos.
  - Adecuar horas de entrada y salida del centro de trabajo a las del transporte público.
  - En ciudades grandes puede ser interesante la creación de lanzaderas de empresa (incluso en coordinación con empresas y entidades cercanas), servicios de transporte colectivo que conecten la zona donde está la organización con nodos de transporte público (estación de ferrocarril, intercambiadores de transporte).
  - Si existen otras empresas y organizaciones en un entorno cercano, llegar a acuerdos para crear un servicio de transporte colectivo.
- **Fomento del uso de la bicicleta.** Es un hecho que las principales ciudades están llevando a cabo un desarrollo importante de carriles para bicicleta, cada vez mejor conectados y con radios de alcance cada vez más amplios. Hay diversas maneras en las que una organización puede favorecer el desplazamiento en bicicleta de sus trabajadores:
  - Desarrollo de cursos de formación para el uso efectivo y seguro de la bicicleta.
  - Implantación de aparcamientos para bicicletas, con servicios de recarga para bicicletas eléctricas.

- Creación de un servicio de reparación y mantenimiento de bicicletas en el propio centro de trabajo.
  - Acuerdos con suministradores locales para poder adquirir bicicletas a precios rebajados, o accesorios (casco, chubasqueros, etc.).
  - Servicio de vestuarios y duchas, de manera que las personas que lo deseen puedan cambiarse de ropa entre el desplazamiento en bicicleta y el trabajo, y viceversa.
  - Disponer de una flota de bicicletas de empresa a disposición de los trabajadores.
  - Fomento de los “grupos de bicicleta”, es decir, promoción de que aquellos que utilicen la misma ruta para ir o volver del trabajo vayan agrupados. Esto permitiría la inclusión de nuevos compañeros que puedan sentirse menos seguros en los desplazamientos en bicicleta.
- **Promoción de los viajes compartidos en coche**, de manera que trabajadores que residan cerca unos de otros y que tengan horarios similares, puedan realizar los viajes al trabajo en un mismo vehículo.
    - Servicio de información y contacto entre trabajadores para organizar los grupos de viaje.
    - Plazas garantizadas en el aparcamiento para los vehículos de viajes compartidos.
    - Incentivos económicos (por ejemplo, vales para compra de combustible) para viajes compartidos
    - Puesta a disposición de vehículos de la propia flota de la organización.
    - Servicio de vuelta a casa exprés, para aquellos trabajadores que no han viajado en su propio vehículo y que por alguna emergencia tengan que desplazarse desde el trabajo. Este servicio también es aplicable a trabajadores que acudan en bicicleta, caminando o en transporte público.
- **Fomento del uso de vehículo respetuosos con el medio ambiente**, facilitando la decisión del trabajador de compra de vehículos poco contaminantes.
    - Preferencia de aparcamiento, con plazas específicas reservadas
    - Servicio de recarga para coches eléctricos.

- **Reducir el número de viajes**, disminuyendo los desplazamientos necesarios al y desde el trabajo:
  - Favorecer la jornada continua frente a la jornada partida
  - Servicio de apoyo para los desplazamientos particulares en hora de trabajo, para la realización de alguna gestión o cita médica, por ejemplo, que puede implicar la necesidad de llevar el propio vehículo para desplazarse al trabajo. En este caso se puede poner a disposición del trabajador una bicicleta o un vehículo de la flota de la organización.
  - Instalar un comedor o un servicio de catering para reducir el número de viajes en las pausas para comida [o llegar a acuerdos con restaurantes próximos al centro de trabajo].
  - Facilitar el teletrabajo, de manera que el trabajador no necesite acudir todos los días al centro de trabajo.
- Hay medidas que se pueden tomar que afectan a **visitantes, clientes o proveedores**:
  - Suministrar información clara y actualizada sobre cómo acceder al centro de trabajo en medios de transporte público (en la página web, o añadido a la dirección del centro en correos y publicidad).
  - Servicio de recogida de clientes o visitantes de nodos de transporte público (estación de ferrocarril, por ejemplo).
  - Exigencia de criterios de sostenibilidad en el transporte para la selección de proveedores.



# REFERENCIAS

- Plan Transfronterizo de Optimización Energética. Optimización de los recursos energéticos. PTOE II. SP3. P42/03.
- Guía técnica de eficiencia energética en iluminación. Centros docentes [2020]. IDAE.
- Guía técnica de eficiencia energética en iluminación. Oficinas [2019]. IDAE.
- Norma EN-14264
- Manual de eficiencia energética en centros docentes: uso y mantenimiento [2013]. EREN
- Factores de emisión. Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. Junio 2023. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (RoHS) – Directiva 2011/65/EU
- REGLAMENTO (UE) 2019/2020 DE LA COMISIÓN de 1 de octubre de 2019 por el que se establecen requisitos de diseño ecológico para las fuentes luminosas y los mecanismos de control independientes.
- Manual de eficiencia energética en centros docentes: rehabilitación [2013]. EREN
- Guía técnica. Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios [2005]. IDAE
- A. Piñeda Geraldo, G. Montes Paniza. ERGONOMÍA AMBIENTAL: Iluminación y confort térmico en trabajadores de oficinas con pantalla de visualización de datos. Rev. Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información. Vol. 1 / Núm. 2 / julio - diciembre de 2014; pág. 55-78
- INFO IDAE 048. Factores decisivos en la elección de sistemas de generación de calor y frío. Mayo 2018. IDAE.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Real Decreto-ley 14/2022, de 1 de agosto, de medidas de sostenibilidad económica en el ámbito del transporte, en materia de becas y ayudas al estudio, así como de medidas de ahorro, eficiencia energética y de reducción de la dependencia energética del gas natural.
- Manual de eficiencia energética en centros docentes: uso y mantenimiento [2013]. EREN
- Eficiencia energética en dependencias municipales [2011]. Federación Española de Municipios y Provincias.
- DIRECTIVA (UE) 2023/1791 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de septiembre de 2023 relativa a la eficiencia energética y por la que se modifica el Reglamento (UE) 2023/955.
- La bomba de calor en la rehabilitación energética de edificios [2023]. IDAE.
- Calderas de biomasa y pellets. Tipos, precios, ventajas e instalación.  
<https://www.caloryfrio.com/calefaccion/calderas/calderas-de-biomasa-ventajas-y-funcionamiento.html>  
[2023]



- Diferencias entre suelo radiante, fancoils y radiadores para aerotermia.  
<https://www.cambioenergetico.com/blog/diferencias-suelo-radiante-fan-coil-radiador> (2023)
- Informe REDES DE CALOR CON BIOMASA – 2022. Avebiom (2023).
- European Commission, Directorate-General for Energy, Bacquet, A., Galindo Fernández, M., Oger, A. et al., District heating and cooling in the European Union – Overview of markets and regulatory frameworks under the revised Renewable Energy Directive, Publications Office of the European Union, 2022,  
<https://data.europa.eu/doi/10.2833/962525>.
- Censo de redes de calor y frío 2023. Adhac (2023)
- Código Técnico de la Edificación [última modificación junio 2022]. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- Documento Básico HE. Ahorro de Energía [última modificación junio 2022]. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- Soluciones de acristalamiento y cerramiento acristalado (2019). IDAE.
- 121/000009 Proyecto de Ley de Movilidad Sostenible [23/2/2024]. Boletín Oficial de las Cortes Generales.
- Planes de Transporte al Trabajo. Muévete con un Plan (2019). IDAE
- Cómo calcular las emisiones de los viajes realizados por los empleados por motivos de trabajo (2024). Oficina Española de Cambio Climático.
- Sustainable Business Travel.  
[www.greenelement.co.uk](http://www.greenelement.co.uk)
- Sustainable travel in the United Nations (2010). United Nations Environment Programme.



renueva  
tu energía



**Santa María  
la Real** fundación



FUNDACIÓN  
ÁVILA



**edp**  
Fundación

