CONSTRUYE 2020

Rentabilidad en la eficiencia energética de edificios.

Volumen I

El presente proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación (comunicación) es responsabilidad exclusiva de su autor. La Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.

1ª edición: marzo 2016

© Óscar Redondo Rivera
© Fundación Laboral de la Construcción
ESPAÑA

Imprime:
Tornapunta Ediciones
C/ Rivas, 25
28052 Madrid
Tel.: 900 11 21 21
www.fundacionlaboral.org

Depósito Legal: M-6835-2016



Rentabilidad en la eficiencia energética de edificios

Óscar Redondo Rivera

Índice

Objetivos 5

Presentación 5

- 1. El contexto normativo y las medidas de eficiencia energética 6
- 2. Principios básicos de la rentabilidad económica de la eficiencia energética 18
- 3. Buenas prácticas para la mejora de la rentabilidad económica de la eficiencia energética 28
- Anexo 1. Costes de inversión de las medidas sometidas a estudio 32
- Anexo 2. Calibración de la herramienta de cálculo 33



INTRODUCCIÓN

Las últimas Directivas europeas en materia de energía, y con ello la propia reglamentación de nuestro país, tienden a incentivar las inversiones en la eficiencia energética de nuestros edificios, tanto los nuevos, como existentes en los que se acometan reformas de cierta entidad que puedan afectar a su consumo de energía.

Sin embargo, queda fuera de regulación un amplio grupo de edificios de nuestro parque inmobiliario que no se ven sujetos a la obligación de cumplir los estándares normativos, al no tener la necesidad de reformar sus fachadas o equipos de climatización.

En este conjunto de edificios, la mayor parte de ellos de viviendas, cabe hacerse la siguiente pregunta **¿es rentable invertir en eficiencia energética?**

La respuesta puede resultar más compleja de lo esperado y aunque a grandes rasgos se trate de un **sí** rotundo, el clima de la localidad, así como las condiciones de partida del edificio marcan el camino que debe recorrer nuestra inversión para otorgar al propietario la amortización del capital aportado en el plazo de tiempo más breve posible.

El presente manual pretende dotar al alumno de los conocimientos necesarios para establecer sencillos estudios de rentabilidad económica, abordando las variables que se deben considerar y ofreciendo un conjunto de 22 propuestas en eficiencia energética ensayadas sobre un edificio tipo en 4 localidades españolas representativas de la variedad de nuestra climatología.



OBJETIVOS

- Conocer la repercusión de las Directivas Europeas de energía en la normativa de nuestro país
- Distinguir entre los estándares de los edificios nuevos y los que aplican a las intervenciones realizadas en inmuebles existentes.
- Comprender las variables que condicionan una inversión en eficiencia energética y como se relacionan con el fin de establecer estimaciones de rentabilidad y plazos de amortización.
- Comprender las bases del cálculo empleadas en el estudio de rentabilidad de diversas mejoras energéticas sobre un mismo edificio.

UNIDAD DIDÁCTICA 1. EL CONTEXTO NORMATIVO Y LAS MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Contenidos

1. Introducción 6
2. Legislación aplicable en edificios nuevos y existentes 7
3. Medidas de eficiencia energética: definición y clasificación 13
4 Adopción de medidas de eficiencia energética 15
Resumen 17

Objetivos de la unidad didáctica:

- **Conocer la repercusión de las Directivas europeas de energía en la normativa de nuestro país.**
- **Distinguir entre los estándares de los edificios nuevos y los que aplican a las intervenciones realizadas en inmuebles existentes.**

1. INTRODUCCIÓN

La reducción del consumo energético y la paulatina eliminación de los combustibles tradicionales derivados del petróleo en nuestros edificios, es sin duda el objetivo a medio plazo al que debemos aspirar, tanto por el elevado coste económico que supone, con un previsible aumento en los próximos años, como ambiental, debido a las emisiones de CO_2 y otros gases contaminantes asociadas a su uso.

En esta unidad se abordará la repercusión de las Directivas europeas de energía en la normativa de nuestro país y con ello en los estándares de los edificios nuevos que construimos o en las intervenciones realizadas en inmuebles existentes.

2. LEGISLACIÓN APLICABLE EN EDIFICIOS NUEVOS Y EXISTENTES

2.1 De las Directivas Europeas a la normativa española

Los compromisos adquiridos en el protocolo de Kioto (1997) por la Unión Europea derivaron posteriormente en la Directiva 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios (conocida por sus siglas en inglés ***EPBD 2002***: *Energy Performance of Buildings Directive 2002*).

La *EPBD 2002* y sus posteriores modificaciones marcan las pautas que deben seguir los distintos países miembros de la Unión Europea, entre ellos España, en diferentes aspectos:

1. La adopción de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios, de manera que todos los países empleen los mismos criterios para estimar sus consumos y por tanto los resultados sean comparables.
2. La aplicación de unos requisitos mínimos de eficiencia energética a los edificios nuevos y a los edificios existentes que sean objeto de reformas importantes.
3. Creación de los protocolos de **Certificación Energética** en edificios nuevos y existentes, como medio para medir tanto su estado actual en cada país como su evolución en el futuro.
4. La inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de más de 15 años o según su potencia, sustituyendo los equipos que no alcancen ciertos estándares de rendimiento.
5. Aplicar un mayor control a los productos de construcción, de manera que informen con precisión de sus prestaciones térmicas, acústicas, etc.

2.2 Enfoque del Código Técnico de la Edificación

El Código Técnico de la Edificación, y en particular su documento básico de ahorro de energía CTE-DB-HE es la consecuencia de la trasposición de la EPBD 2002 a nuestra normativa de edificación.

Como objetivo principal, el CTE-DB-HE establece la reducción del consumo de energía no renovable de nuestros edificios. Con este fin, en su desarrollo documental cuanta con 5 apartados que abarcan desde la limitación en la energía demandada hasta el rendimiento de las instalaciones o el uso obligatorio de energías renovables.

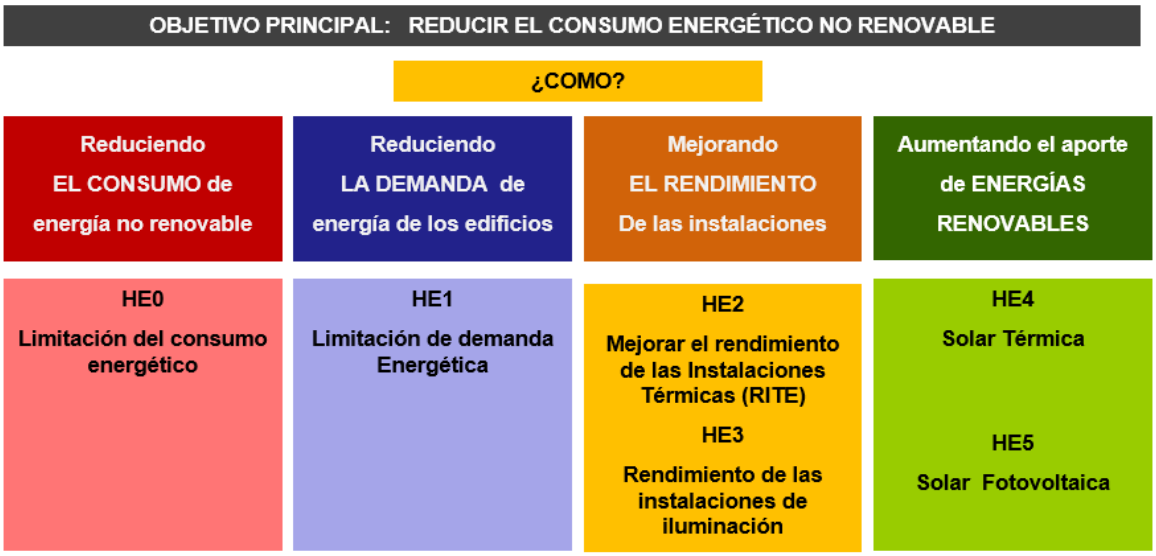


Figura 1. *Objetivos y organización documental del CTE-HE 2013*

Empleando la relación entre demanda, consumo y rendimiento de las instalaciones del edificio, podemos decir que cada apartado del CTE-HE se encarga de uno de los factores principales de la ecuación que regula el consumo de energía del edificio:

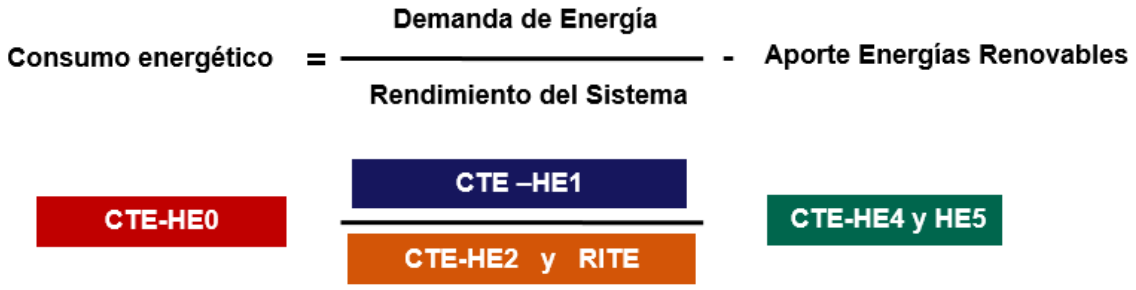


Figura 2. *Relación entre el CTE-HE 2013 y la ecuación de cálculo del consumo de un edificio*

Tal y como establece la Directiva *EPBD*, los objetivos de eficiencia energética de cada país miembro de la Unión Europea deben ser revisados y actualizados cada 5 años, motivo por el cual en marzo de 2013 se procedió a la modificación del CTE-HE (cuyo documento inicial data de 2006) mediante la Orden FOM /1635/2013.

En ella se proponía un período opcional de aplicación de 6 meses que concluyó el pasado 13 de marzo de 2014, fecha desde la cual es obligatorio su cumplimiento.

Este documento no solo establece los límites de eficiencia energética a los edificios de nueva construcción, sino también a las reformas y rehabilitaciones que se realicen en inmuebles existentes, determinando tres niveles de aplicación:

1. Los edificios de nueva construcción o la ampliación de edificios existentes deberán cumplir las exigencias en eficiencia energética del CTE-HE 2013.

2. Reformas superiores al 25% de la envolvente, cambio de uso del edificio o renovación de las instalaciones del edificio deberán limitar su demanda de energía a los establecido por el CTE-HE en el año 2006 (lo que se entiende como edificio de referencia).

3. En reformas de entidad inferior a las de nivel 2 se exige que los elementos modificados atiendan a tres principios básicos:
    a. No empeorar lo existente.
    b. Alcanzar al menos el nivel de eficiencia de los elementos originales del edificio.
    c. Cumplir de forma individual las limitaciones establecidas en el CTE-HE 2013.

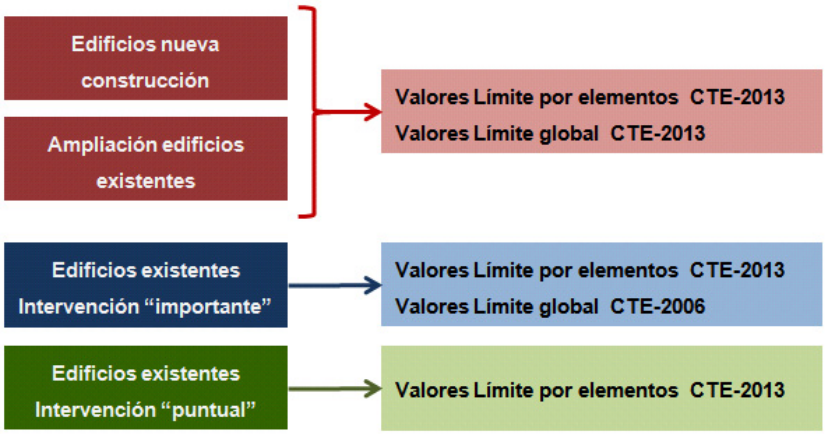


Figura 3. *Valores límite de consumo de energía según edificios intervención en edificios existentes*

EJEMPLO

Si deseamos reformar por completo la fachada de un edificio deberemos realizar el cálculo del espesor del aislamiento de manera que su demanda de energía sea similar a la establecida en el CTE-2006.

Sin embargo, si tan solo cambiamos las ventanas y estas no superan el 25% de la envolvente (entendida a grandes rasgos como la suma de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el terreno) tan solo tendremos que cumplir el nivel de aislamiento del CTE-HE 2013 para ventanas.

…¿y si en una de las viviendas las ventanas son mejores que las establecidas en el CTE-HE 2013?

Entonces no puedo empeorarlas, y si las cambio, al menos debes tener las mismas prestaciones térmicas que las existentes.

…¿y si en el proyecto original las ventanas eran mejores que las establecidas en el CTE-HE 2013, a pesar de que posteriormente se hayan modificado?

Igualmente no puedo empeorarlas, tendré que disponer ventanas de prestaciones térmicas similares o superiores a las del proyecto original.

RECUERDA

El CTE-HE 2013 es la actual normativa que regula los consumos de energía de nuestros edificios como fruto de transposición de las directivas europeas en la materia.

En el CTE-HE 2013 se establecen limitaciones de consumo de energía no renovable, demanda de energía, rendimiento de las instalaciones y obligación de incorporación de energías renovables en determinados edificios.

2.3 La eficiencia energética en el Reglamento de Instalaciones Térmicas

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (ACS), para conseguir un uso racional de la energía.

Si en el CTE-HE buscábamos las condiciones de aislamiento de nuestro edificio para reducir su demanda, en el RITE encontraremos las restricciones en el rendimiento de nuestros equipos de climatización y ACS, así como las condiciones de:

- Aislamiento en los equipos y conducciones de los fluidos térmicos.
- Regulación y control para mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados.
- Utilización de energías renovables disponibles, en especial la energía solar y la biomasa.
- Sistemas obligatorios de contabilización de consumos en el caso de instalaciones colectivas.
- Condiciones de inspecciones periódicas en las instalaciones.

2.4 La certificación energética de edificios existentes

El procedimiento de certificación energética se rige por el RD 253/2013, y se trata de un proceso de comparación entre el consumo de energía primaria y las emisiones de CO_2 de nuestro edificio (edificio objeto) y lo que se considera un consumo razonable para la zona climática en la que se encuentra, o lo que es lo mismo, comparar nuestro edificio con un edificio de “referencia” cuya calidad constructiva corresponda a los establecido por el CTE HE-2006.

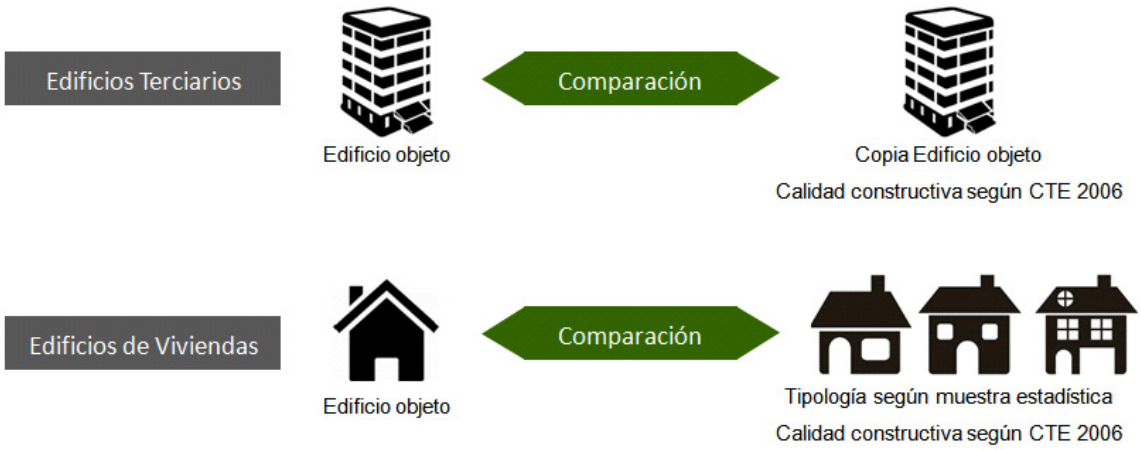


Figura 4. *Procedimiento de comparación en la certificación energética. Iconos seleccionados de www.flaticon.es*

A partir de dicha comparación se establece una escala de certificación energética única para todo el territorio nacional formada por un conjunto de letras de la A a la G, representando la A el nivel más elevado de eficiencia.

Cada letra representa una clase de eficiencia a la que se asigna unos límites de consumo o emisiones que varían según el uso del edificio (viviendas o terciarios) y la zona climática de la localidad.

En esta escala se representan dos indicadores: consumo de energía primaria y emisiones asociadas de CO_2.

En ambos casos lo hemos venido a denominar “edificio de referencia” que se puede situar en una letra D en la escala, cercana a alcanzar una C, lo que en cierto modo establece una cierta relación entre la calificación energética que previsiblemente alcanzará nuestro edificio y el período normativo en el que fue creado.

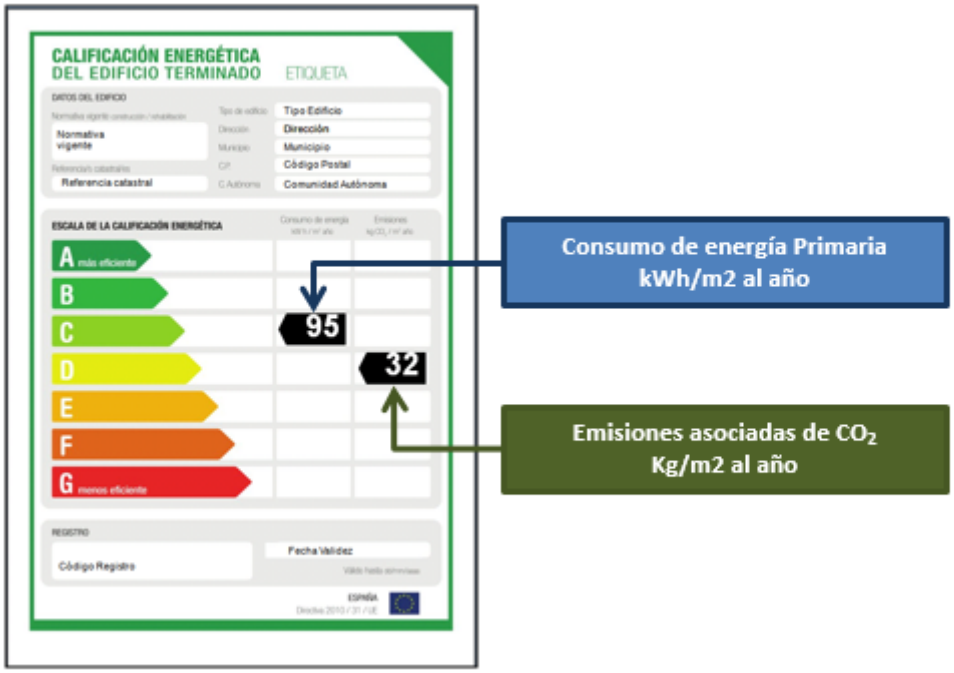


Figura 5. Escala de certificación energética e indicadores representados

EJEMPLO

Dicho lo anterior, propongamos un simple ejercicio: ¿resultaría lógico que un edificio anterior al CTE-2006 alcanzara una calificación C si en él no se han realizado grandes reformas?

Lógicamente no, su lugar está en las clases E y F, puesto que su calidad constructiva es anterior al edificio de referencia de 2006.

RECUERDA

La escala de certificación energética es un escenario de comparación con un edificio de referencia construido cumpliendo estrictamente el CTE-2006 y empleando unos sistemas energéticos predeterminados.

En el caso de los edificios de viviendas, la comparación se realiza frente a una muestra de edificios de su misma zona climática, mientras que en el caso de usos terciarios para la comparación se emplea una copia del mismo edificio con las calidades constructivas del CTE-2006.

3. MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA: DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Las mejoras en eficiencia energética que podemos implementar en nuestros edificios pueden dividirse en tres grandes grupos:



Figura 6. *Grupos de medidas en eficiencia energética*

3.1 Medidas pasivas: mejora del aislamiento y control de la ventilación

Principalmente se refieren a la mejora del nivel de aislamiento del edificio o al control de la ventilación mediante medidas que no supongan el uso de equipos que consuman energía.

En este grupo también se incorpora el control y la gestión de la radiación solar que incide en el edificio.

Las medidas pasivas tienen una directa relación con el cumplimiento del CTE-HE y en el presente manual se han considerado las siguientes tipologías de cara al estudio de su rentabilidad realizado sobre un edificio modelo:

Mejora del aislamiento en fachadas.

- F1 Inyección de aislamiento en cámaras.
- F2 Aislamiento trasdosado interior.
- F3 Sistemas exteriores de aislamiento (SATE) de espesor medio.
- F3 Sistemas exteriores de aislamiento (SATE) de espesor elevado.

Mejora del aislamiento en cubiertas

- C1 Aislamiento de espesor medio superpuesto en cubiertas transitables.
- C2 Aislamiento de espesor elevado superpuesto en cubiertas transitables.
- C3 Aislamiento trasdosado interior.

Mejora del aislamiento en suelos en contacto con el terreno

- S1 Aislamiento superpuesto en suelos.

Mejora del aislamiento en ventanas

- H1 Doble ventanas.
- H2 Ventanas con rotura de puente térmico y doble acristalamiento.
- H3 Ventanas de PVC y vidrios de baja emisividad.

Protección solar
- P1 Uso de toldos en las ventanas con orientación Sur, Este y Oeste.

Mejora de las infiltraciones
- V1 Mejora de la permeabilidad en el perímetro de las ventanas.

3.2 Medidas activas: control del rendimiento de los equipos

Comprende todas las medidas que impliquen el empleo de equipos que consuman energía para desempeñar su función.

En el presente manual se han considerado las siguientes tipologías:

Control de la ventilación
- V2 Sistemas de ventilación autorregulables.
- V3 Sistemas de ventilación higrorregulables.

Instalaciones térmicas
- I1 Instalación de calderas individuales de condensación.
- I2 Instalación de equipos de refrigeración de alto rendimiento.
- I3 Combinación de suelo radiante y caldera de condensación.

Uso de energías renovables
- R1 Instalación solar térmica para consumo de agua caliente.
- R2 Caldera central de biomasa.

3.3 Uso y gestión de la energía

Se trata del grupo de medidas más difíciles de prever ya que incide el uso que cada propietario haga de las instalaciones de su vivienda, las temperaturas de consigna de calefacción y refrigeración o parámetros tan variables como la ocupación de las estancias.

Una gestión avanzada de este tipo de variables sería la incorporación de equipos de domótica que se encargaran de su regulación de forma automática.

En el presente manual se han considerado las siguientes tipologías:

- G1 Control y gestión de la temperatura interior del edificio
- G2 Uso de ventilación nocturna en verano



RECUERDA

Las medidas en eficiencia energética aplicables a un edificio pueden dividirse en tres grupos:

- Medidas pasivas, que no precisan consumo de energía para su funcionamiento.
- Medidas activas, que precisan consumo de energía para realizar su función.
- Medidas de gestión y control, que por lo general dependen del usuario o de sistemas demóticos.

4. ADOPCIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.1 ¿Qué necesita mi edificio?

El punto de partida para establecer las medidas en eficiencia energética más convenientes en nuestro edificio es un análisis de sus consumos, bien mediante los datos de facturación o recreando su funcionamiento en modelos informáticos.

En cualquiera de los dos casos debemos establecer cuál de las demandas es predominante (calefacción o refrigeración) y cuál es su procedencia (aislamiento de las fachadas, ventanas, rendimiento de las instalaciones, etc.).

A partir de estos datos nuestra toma de decisiones debe encaminarse a la reducción de los consumos de energía, pero siempre a un coste razonable que pueda ser asumido por el propietario, ya que la sostenibilidad no solo se basa en principios de eficiencia sino también de gestión adecuada de los recursos financieros.

Observemos el siguiente gráfico:

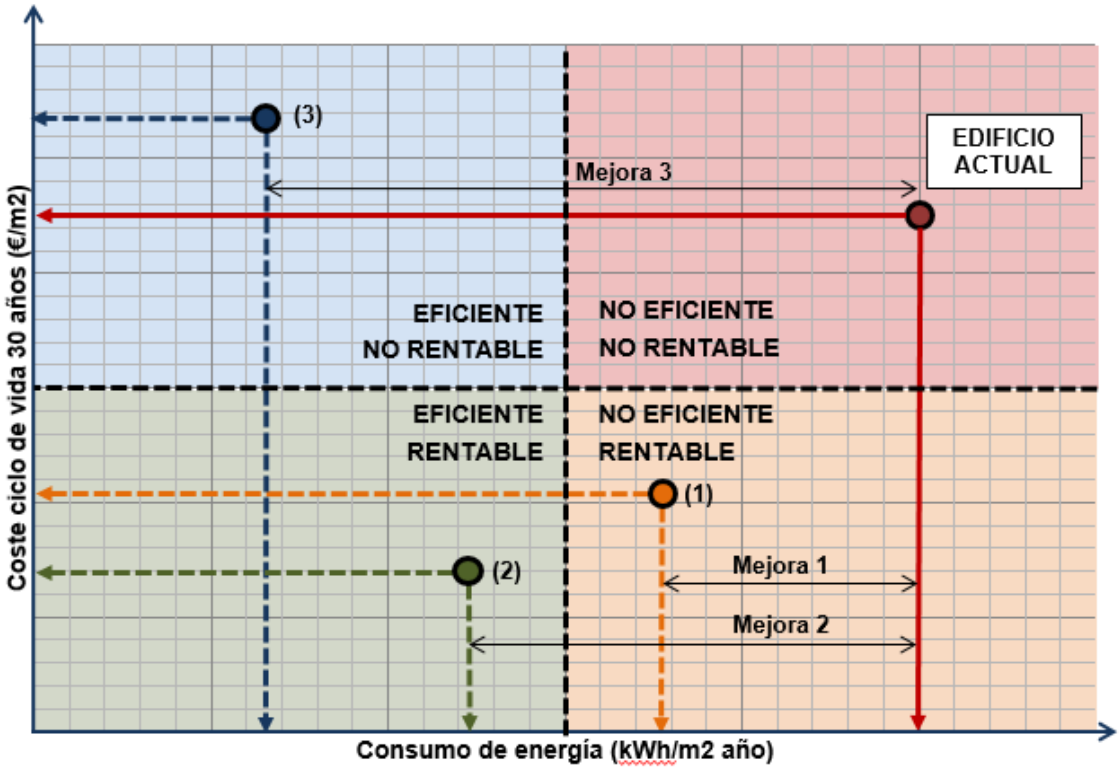


Figura 7. *Toma de decisiones en la mejora energética de un edificio*

Se trata de un gráfico en el que en el eje horizontal se representa el consumo de energía de un edificio y en el vertical el coste asociado en un período de vida útil de 30 años en los que se sumarán los gastos de facturación de combustible al mantenimiento del edificio.

En el margen superior derecho se marca un punto en rojo que representa un edificio existente ficticio caracterizado por un elevado consumo de energía y por ello con un elevado coste económico en facturación de combustible.

Nuestras propuestas de mejora energética pueden tomar diversos caminos que podemos resumir en tres alternativas:

1. Representado por el punto naranja (1) se sitúa un edificio que mejora levemente su eficiencia energética con un coste de inversión moderado. Podemos decir que se trata de una solución rentable económicamente, pero que seguramente no alcance los estándares de eficiencia energética que nos marquen las distintas normativas en la materia. Se trata por lo tanto de medidas con baja inversión y resultados moderados que por lo general son aplicadas en edificios existentes.

2. Representa el punto verde (2) con una variante de alta eficiencia energética a bajo coste. Se trata de medidas con una inversión, baja pero con resultados eficaces y que sin duda son las más rentables de introducir en nuestro edificio y las que se adoptan como estándar para los edificios de nueva construcción y de este modo poder cumplir con las limitaciones de consumo establecidas en el CTE-HE 2013.

3. Ocupa la parte superior izquierda del gráfico el punto de color azul (3) con una alternativa que sin duda es la más eficiente desde el punto de vista energético, pero al mismo tiempo la menos rentable. Corresponde a las medidas con un coste de inversión tan elevado que no compensa introducirlas en nuestro edificio en relación al beneficio que genera.

En este sencillo gráfico podemos entender en qué se basa la rentabilidad en eficiencia energética: proponer soluciones cuyo coste sea compensado por el beneficio económico que generan, correspondientes a los sectores (2) y (3) del gráfico.

RECUERDA

En nuestra toma de decisiones debemos mejorar la eficiencia energética de nuestro edificio atendiendo al beneficio que genere, eligiendo soluciones de bajo coste y alta repercusión en la disminución del consumo de energía.



RESUMEN

- El CTE-HE 2013 es la actual normativa que regula los consumos de energía de nuestros edificios como fruto de transposición de las directivas europeas en la materia.

- En el CTE-HE 2013 se establecen limitaciones de consumo de energía no renovable, demanda de energía, rendimiento de las instalaciones y obligación de incorporación de energías renovables en determinados edificios.

- La escala de certificación energética es un escenario de comparación con un edificio de referencia construido cumpliendo estrictamente el CTE-2006 y empleando unos sistemas energéticos predeterminados.

- En el caso de los edificios de viviendas la comparación se realiza frente a una muestra de edificios de su misma zona climática, mientras que en el caso de usos terciarios para la comparación se emplea una copia del mismo edificio con las calidades constructivas del CTE-2006.

- Las medidas en eficiencia energética aplicables a un edificio pueden dividirse en tres grupos:
  - Medidas pasivas, que no precisan consumo de energía para su funcionamiento.
  - Medidas activas, que precisan consumo de energía para realizar su función.
  - Medidas de gestión y control, que por lo general dependen del usuario o de sistemas demóticos.

- En nuestra toma de decisiones debemos mejorar la eficiencia energética de nuestro edificio atendiendo al beneficio que genere, eligiendo soluciones de bajo coste y alta repercusión en la disminución del consumo de energía.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA RENTABILIDAD ECONÓMICA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Contenidos

1. Introducción 18
2. Parámetros económicos 18
3. Viabilidad y la rentabilidad de la inversión 23
Resumen 27

Objetivos de la unidad didáctica:

- **Comprender las variables que condicionan una inversión en eficiencia energética y como se relacionan con el fin de establecer estimaciones de rentabilidad y plazos de amortización.**

1. INTRODUCCIÓN

Posiblemente la principal preocupación de un propietario a la hora de realizar una inversión en eficiencia energética es su coste económico. En muchas ocasiones esta visión a corto plazo no deja ver las posibilidades que reducir el consumo energético de nuestro edificio ofrece a futuro, permitiendo no solo recuperar el dinero invertido, sino incluso generar retornos que financien futuras reformas.

En esta unidad se tratarán las variables que condicionan una inversión en eficiencia energética y como se relacionan para establecer estimaciones de rentabilidad y plazos de amortización.

2. PARÁMETROS ECONÓMICOS

2.1 Comparación de escenarios presente y futuro

Todo estudio financiero compara distintos escenarios, no solo en el presente sino también en su posible desarrollo futuro, para establecer qué inversión es la más conveniente.

En nuestro escenario inicial caracterizamos al edificio en base a su consumo de energía, realizando una previsión del coste económico que supondrá mantenerlo a lo largo de su vida útil.

Para ello sumaremos los costes de mantenimiento del edificio y de combustible a lo largo de su vida útil, que suele fijarse entre 30 y 50 años, para de este modo obtener el coste acumulado a futuro de mantener la actual situación con un edificio de baja eficiencia energética.

En nuestro estudio pondremos los datos obtenidos en comparación con un escenario mejorado donde, gracias a las medidas en eficiencia energética que hayamos contemplado, el edificio partirá de un coste mayor, ya que al inicio tenemos que invertir dinero en las mejoras, pero año tras año la reducción de las facturas energéticas harán que nuestro edificio mejore su balance económico hasta llegar a amortizar el dinero invertido, e incluso generar beneficios respecto al escenario inicial.

EJEMPLO

Para explicar la comparación de escenarios emplearemos un gráfico de amortizaciones. La línea de color rojo simboliza el coste acumulado año tras año de un edificio sin mejoras energéticas, mientras que la línea verde es su equivalente para un edificio mejorado.

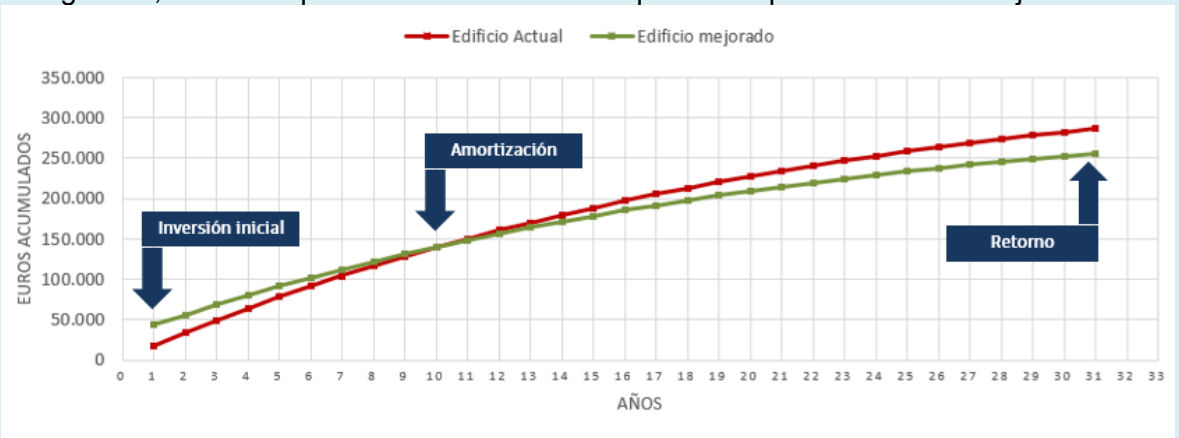


Figura 1. *Comparación de escenarios en un estudio de rentabilidad*

En el eje horizontal se representan los años del ciclo de vida del edificio que se han tenido en cuenta (en este caso hasta un máximo de 30), mientras que en el vertical se representa el coste acumulado de mantener el edificio en euros.

Podemos observar que en el año 1 el coste del edificio mejorado es mayor, ya que incluye las inversiones en eficiencia energética que se hayan realizado. Sin embargo, año tras año, las dos líneas se igualan, ya que el coste de mantenimiento del edificio mejorado es menor. Llegará un momento, en este caso al año 10, en el que ambas curvas se igualen. Esto quiere decir que en ese punto la inversión inicial realizada se ha amortizado, por lo que el edificio a partir de ese momento generará beneficios a sus propietarios.

2.2 Datos iniciales necesarios

Para realizar los gráficos anteriores debemos estimar cual será la evolución de consumos y costes energéticos del edificio, es decir, el punto de partida lo forman una serie de condiciones fijadas de antemano que constituyen la base del estudio: si no se llegaran a cumplir, como es lógico, nuestra estimación fallará.

Es por ello que suelen analizarse al menos dos escenarios, uno pesimista y otro optimista, para en cierto modo establecer el abanico de posibilidades que pueden darse.

Entre los factores más relevantes susceptibles de comportarse de forma aleatoria podemos citar:

- **El comportamiento de los usuarios** del edificio, ya que el consumo de energía depende en gran medida del uso que se realice de las viviendas. Conviene recordar que la certificación energética de los edificios se elabora con temperaturas de

calefacción y refrigeración en general alejadas de las condiciones normales de uso de las viviendas. Por ello resulta poco aconsejable emplear sus resultados para la realización de estudios de rentabilidad.

- **Comportamiento térmico del edificio**. Por muy realista que sea nuestro modelo informático simulando el edificio, lo cierto es que la realidad siempre lo supera, y tan solo una factura de consumo será capaz de indicarnos realmente nuestro gasto energético, entre otros factores porque nuestro punto de partida en las simulaciones informáticas son climas "artificiales" creados como media de lo ocurrido en la zona en los últimos 20 años, cuando en realidad unos años hará más frío y otro más calor, por lo que las facturas irán variando.

- **Incremento del precio de los combustibles**. Por realistas que intenten ser nuestras estimaciones, este factor está sujeto a elementos geopolíticos que escapan de nuestro control, y en escenarios a 30 años (plazo habitual en simulaciones de rentabilidad energética) es difícil asegurar que nada cambiará.

Con todos los condicionantes señalados (y otros tantos que no se enumeran) podríamos pensar que este tipo de estimaciones se alejan de un análisis meramente serio, y no es así: la metodología funciona, es la incertidumbre sobre los datos de partida lo que realmente dispersa su resultado.

Los datos de partida que resultan fundamentales para realizar el estudio de rentabilidad económica son:

- **Ahorro energético anual**, como resultado de restar al consumo actual del edificio el que tendría si le implementáramos medidas energéticas.

- **Coste de los combustibles** empleados en €/kWh de energía, así como las **previsiones de evolución de su precio** en el período de tiempo estudiado.

- **Coste de las medidas de ahorro energético** que se implementan en el edificio.

- **Tasa interna de retorno** que se desea obtener, concepto que desarrollaremos más adelante.

- **Gastos de mantenimiento** asociados a las nuevas medidas energéticas.

2.3 Ahorro energético

El consumo actual del edificio es fácilmente comprobable a través de sus facturas. Lo que resulta realmente complejo de simular es el ahorro que supone, por ejemplo, aislar las fachadas o cambiar las ventanas.

Para ello se emplean modelos informáticos, más o menos complejos, que simulan el comportamiento térmico del edificio. El procedimiento habitual tras modelizar el edificio en cualquier programa es realizar un ajuste de sus consumos a las facturas reales recopiladas en un período representativo de tiempo, entre 1 y 5 años, de manera que se procure una simulación informática lo más cercana posible a la realidad.

2.4 Estimación del coste del combustible

El coste de combustible es un valor que podemos consultar por diversos medios, pero difícil de armonizar dado que es distinto según la empresa comercializadora, zona geográfica o tipo de contrato.

Para el presenta manual se han empleado los datos proporcionados por distintas empresas del sector, así como los recogidos en la página http://enercost.eu/ donde se pueden encontrar precios de suministro de combustibles para toda Europa.

Por otro lado la evolución de estos precios es nuevamente un factor a determinar si queremos realizar estimaciones a medio o largo plazo (15 a 30 años).

En este caso se han empleado los datos del informe *Optimal calculations and comparison with the current and future energy performance requirements of buildings in Spain* realizado por el Ministerio de Fomento, para establecer los porcentajes de aumento anual (*Up*% anual) del precio de los combustibles.

Coste combustible (sin impuestos)	€/kWh	Up % anual
Electricidad Peninsular	0,159	7,00
Electricidad No Peninsular	0,187	9,00
Gas natural	0,053	5,00
Gasoleo	0,091	5,00
Fuel-oil	0,093	5,00
GLP	0,114	5,00
Carbón	0,120	5,00
Pellets	0,050	3,00
Biomasa (otro tipo)	0,380	2,00
EERR	0,000	0,00

Figura 2. *Costes de los combustibles y porcentajes de evolución anual empleados en el manual*

2.5 Estimación del coste de las medidas

Para estimar si una medida energética es o no rentable es imprescindible conocer el coste de la inversión que debemos realizar, incluyendo tanto los gastos directos como indirectos que se le asocien.



EJEMPLO

En la reforma de una fachada se puede optar por incorporar aislamiento por el exterior, lo que se conoce como sistema SATE.

En este caso el coste de inversión no es solo el del material aislante, sino las suma de todos los costes asociados de andamios, perfiles de remate y arranque, pinturas, morteros y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de la obra.

Dada la diversidad de situaciones que pueden concurrir en un edificio resulta complejo establecer de forma genérica el coste de una medida energética, si bien para el presente manual se ha desarrollado un conjunto de precios descompuestos y ratios de inversión, recogidos en el **Anexo 1** que pueden resultar interesantes de cara a una estimación inicial de la inversión.

2.6 Actualización de la inversión: valor actual neto

Uniendo todos los elementos anteriores mostraremos a continuación la fórmula que rige nuestro cálculo:

$$VAN = \sum_{n=1}^{t} \frac{ahorroAnual \bullet (1+tp)^n}{(1+tr)^n} - Inversión - CosteMantenimiento$$

Flujos de ahorro — Gasto inicial — Gasto anual

Figura 2. *Costes de los combustibles y porcentajes de evolución anual empleados en el manual*

El objetivo de esta ecuación es calcular el VAN o valor actual neto, es decir valor actual de una inversión si esta se realizara en el futuro.

EJEMPLO

Para explicarlo supongamos que nos gastamos 1 euro en un café.

Seguramente esa misma cafetería dentro de 5 años no cobrará la mencionada cantidad, sino, por ejemplo, 1,20 €, es decir, con el paso del tiempo el precio del café aumenta.

Por tanto, el coste actual de "invertir" en un café es de 1 €, sin embargo dentro de 5 años será de 1,20 €.

De igual manera el precio de los combustibles está sujetos a las variaciones del mercado, y por lo general aumentan su precio cada año.

En la ecuación el término $(1+tp)^n$ se encarga de simular esta situación, siendo tp el porcentaje anual de aumento estimado en el coste y "n" el número del año en el que se realiza la inversión.

Siguiendo con el anterior café si suponemos un 5% de aumento del precio anual, en 3 años costará:

1 € x (1+0,03) x (1+0,03) x (1+0,03)= 1 € x (1+0,03)3

2.7 Tasa de retorno o descuento

La parte inferior de la ecuación inicial, $(1+tr)^n$, la compone la evolución marcada por la tasa de retorno (tr) que queramos imponer a la inversión.

No olvidemos que estamos invirtiendo nuestro dinero en eficiencia energética, y por lo tanto debemos exigirle una rentabilidad mínima, bien porque el capital es prestado y deberemos asumir el coste de los intereses bancarios o porque podríamos haber decidido invertir en otro producto que nos rentará más (es lo que se denomina coste de oportunidad).

La tasa de retorno anual es otro de los parámetros que debemos fijar. El límite inferior lo fijan los intereses del préstamo, entendido como coste mínimo que debe amortizarse, o el valor de las Letras del Tesoro, entendido como inversión segura a medio largo plazo.

Para inversiones realizadas por capital privado se suele adoptar una tasa interna de retorno del 10%, que es la establecida por el mencionado informe *Optimal calculations and comparison with the current and future energy performance requirements of buildings in Spain*.



EJEMPLO

Sigamos con nuestro café de coste actual 1 €.

Bien porque he tenido que pedirlo prestado y deberé devolver el euro más los intereses, o bien porque invertir ese euro en otros asuntos me renta mayor beneficio, deberé exigir a mi inversión que en el plazo de estudio me devuelva más dinero del invertido.

Si suponemos una tasa de retorno de 10%, el resultado en 3 años será:

$1 € / (1+0,10) \times (1+0,10) \times (1+0,10) = 1 € \times (1+0,10)^3$



RECUERDA

Un correcto estudio económico se basa en la fiabilidad de los datos de partida, entre los que destaca:

- El ahorro económico generado por la mejora energética.
- El aumento anual previsto del precio de los combustibles.
- La tasa de retorno o descuento.

3. VIABILIDAD Y LA RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN

3.1 Período de amortización de la inversión

El proceso que hasta el momento hemos seguido ha sido el de fijar una serie de parámetros externos (costes de inversión o combustible y tasas de retorno o aumento de precios) para poder comparar la situación de nuestro edificio actual con su comportamiento habiendo mejorado su eficiencia energética.

Para ello hemos desarrollado una formulación que nos arroja año tras año de estudio el resultado del valor actualizado de la inversión o VAN.

Tras el ciclo de vida sometido a estudio, el resultado puede ser de dos tipos:

- **VAN >0**	Lo que querrá decir que la inversión prevista producirá ganancias por encima de la rentabilidad mínima (o tasa de retorno) que se le ha exigido.
- **VAN <0**	La inversión no producirá ganancias en el ciclo de vida analizado, es decir, será rentable al final de ese período de tiempo.

El año de estudio en el que el valor del VAN torna en positivo se conoce como período de amortización, que puede entenderse como el tiempo que transcurrirá para recuperar la inversión inicial junto con la rentabilidad que le hayamos exigido.

3.2 Ahorro generado y retorno económico

En el momento que el valor del VAN es positivo, la inversión pasa a generar beneficios, bien en ahorro energético o como oportunidad para reinvertir en la sustitución de los equipos.



EJEMPLO

Pongamos un ejemplo más interesante:

Partimos de una vivienda con un consumo de 10.000 kWh/año, en la que se implementa como mejora una caldera de alta eficiencia de coste 2.000 € y mantenimiento anual 25 €. Se estima que la mejora proporcionará una reducción del consumo de energía del 35%= 3.500 kWh/año de ahorro.

El combustible es Gas natural, con un precio estimado para este ejemplo de 0,07 €/kwh y un aumento anual previsto del 5%.

Para el cálculo emplearemos un tipo de interés muy bajo del 3% y un ciclo de vida de 10 años.

Paso 1:
Calculo el ahorro generado anualmente:

3.500 kWh x 0,07 €/kwh= 245 € de ahorro anuales.

Paso 2:
Calculo el VAN para cada uno de los años del período analizado con la formulación propuesta:

$$VAN = \sum_{n=1}^{t} \frac{ahorroAnual \bullet (1+tp)^n}{(1+tr)^n} - Inversión - CosteMantenimiento$$

Año 0: (estado actual)

$$VAN = \frac{Ahorro \bullet (1+tp)^n}{(1+tr)^n} - Inv. - Mant. = \frac{245 \bullet (1+0.05)^0}{(1+0.03)^0} - 2000 = 245 - 2000 = -1755€$$

Nótese que en el año 0 no existe aumento del precio del combustible ni coste de mantenimiento.

Año 1:

$$VAN = \frac{Ahorro \bullet (1+tp)^n}{(1+tr)^n} - Inv. - Mant. = \frac{245 \bullet (1+0.05)^1}{(1+0.03)^1} - 25 = +224,76€$$

Pasado el primer año no hay inversión, sino gastos en mantenimiento y el balance es positivo.

Por lo tanto el balance total acumulado al finalizar el año será de: -1755 + 224,76= -1.530,24

En el momento temporal en el que consiga que el balance sea 0, tendré el período de amortización de la inversión, a partir del cual empezaré a acumular beneficio hasta el final del período de estudio (10 años).

Resumiremos en un cuadro los resultados para un período de tiempo de 10 años:

Periodo	Flujo	Gastos	VAN	acumulado
0	245,00	2.000,00	-1.755,00	-1.755,00
1	249,76	25,00	224,76	-1.530,24
2	254,61	25,00	229,61	-1.300,64
3	259,55	25,00	234,55	-1.066,09
4	264,59	25,00	239,59	-826,49
5	269,73	25,00	244,73	-581,77
6	274,97	25,00	249,97	-331,80
7	280,30	25,00	255,30	-76,50
8	285,75	25,00	260,75	184,25
9	291,30	25,00	266,30	450,55

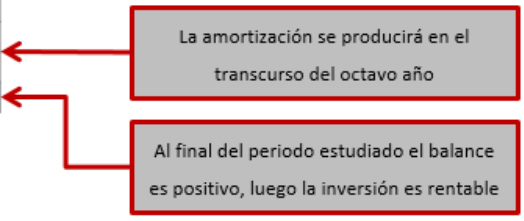


Figura 3. *Ejemplo de amortización para un ciclo de vida de 10 años*

En resumen, año tras año la reducción de los costes energéticos en el edificio amortiza la inversión realizada hasta recuperarla junto a los intereses previstos.

Como esta amortización se consigue antes de los 10 años de estudio, se genera un remanente de ahorro que puede considerarse como beneficio de la inversión.

Es decir, la inversión planteada es rentable.

Parece lógico pensar que si la reducción del VAN es siempre progresiva, la inversión siempre se recupera, solo es cuestión de tiempo (años) que el valor del VAN se torne positivo.

Aquí es donde entra en juego una estimación razonable del ciclo de vida de las medidas en eficiencia energética que se planteen, entendido como el período de tiempo que pase hasta que deban ser sustituidas o en ellas se realicen reformas importantes.

En el caso de las medidas de tipo pasivo (aislamiento, ventanas, protecciones solares, etc.) se considera en torno a 30 años, mientras que en las medidas activas se reduce a 15 años, como período en el que por lo general los equipos deben ser sustituidos.

Por otro lado, el inversor puede llegar a solicitar plazos de retorno mucho menores, e incluso un mayor interés de retorno en función del plazo de devolución, ya que la incertidumbre y con ello el riesgo de la inversión aumenta con el tiempo.

En general se estima que una amortización en eficiencia energética a corto plazo es la que no supera los 10 años, medio plazo hasta los 20 años y largo plazo 30 hasta los años.

Si el período de retorno supera los 30 años o 15 en el caso de instalaciones, se entiende que la medida no cubre los costes de inversión, y por lo tanto no es rentable.



RECUERDA

Una inversión rentable es la que consigue amortizar la inversión realizada y la rentabilidad que se le exige en el período de tiempo indicado, generalmente 30 años para medidas de tipo pasivo.

Que una medida energética no sea rentable económicamente no quiere decir que tengamos que eliminarla de nuestra lista de opciones, ya que pueden entrar en juego otros factores:

1. Cumplimiento normativo. Es decir, que a pesar de no ser rentable la normativa nos exija la mejora energética de nuestro edificio y por tanto la inversión deba realizarse.

2. Subvenciones. Es habitual entre las medidas de mayor eficiencia energética que opten a subvenciones, variables según la comunidad autónoma, que mitigan en parte los costes iniciales de inversión, disminuyendo por tanto el período de retorno y haciendo viable la operación.

3. Factores estratégicos. Entendidos como un aumento de la calidad del edificio que permita a sus inquilinos mejorar su nivel de vida o a sus propietarios vender con mayor facilidad el inmueble.



RESUMEN

- Un correcto estudio económico se basa en la fiabilidad de los datos de partida, entre los que destaca:

    - El ahorro económico generado por la mejora energética.
    - El aumento anual previsto del precio de los combustibles.
    - La tasa de retorno o descuento.

- Una inversión rentable es la que consigue amortizar la inversión realizada y la rentabilidad que se le exige en el período de tiempo indicado, generalmente 30 años para medidas de tipo pasivo.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. BUENAS PRÁCTICAS PARA LA MEJORA DE LA RENTABILIDAD ECONÓMICA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Contenidos

1. Introducción x
2. Estudio de rentabilidad sobre un edificio tipo x

Objetivos de la unidad didáctica:

- **Comprender las bases del cálculo empleadas en el estudio de rentabilidad de diversas mejoras energéticas sobre un mismo edificio.**

1. INTRODUCCIÓN

En esta unidad se pasarán a describir las bases del cálculo empleadas en el estudio de rentabilidad de diversas mejoras energéticas sobre un mismo edificio “modelo” para 4 localidades peninsulares como muestra de la variedad climatológica de nuestro país.

Los resultados aparecen en fichas a doble página que resumen las características principales de cada medida de mejora y permiten al alumno estimar cuál de ellas es la más conveniente en cada caso.

2. ESTUDIO DE RENTABILIDAD SOBRE UN EDIFICIO TIPO

2.1 Edificio modelo

Para realizar el estudio económico se toma un edificio estadísticamente representativo de nuestro parque inmobiliario. Para ello se han tenido en cuenta los períodos históricos establecidos en el procedimiento de certificación energética para edificios existentes:

Anterior a 1900	Edificios de construcción tradicional.
1901 a 1940	Periodo de guerra civil.
19401 a 1960	Posguerra. Inmigración del campo a la ciudad.
1961 a 1980	Expansión de las ciudades. Inicio del auge inmobiliario.
1981 a 2006	Primera regulación energética para edificio (NBE-CT 79).
Posterior a 2006	Aparición del Código Técnico de la Edificación.

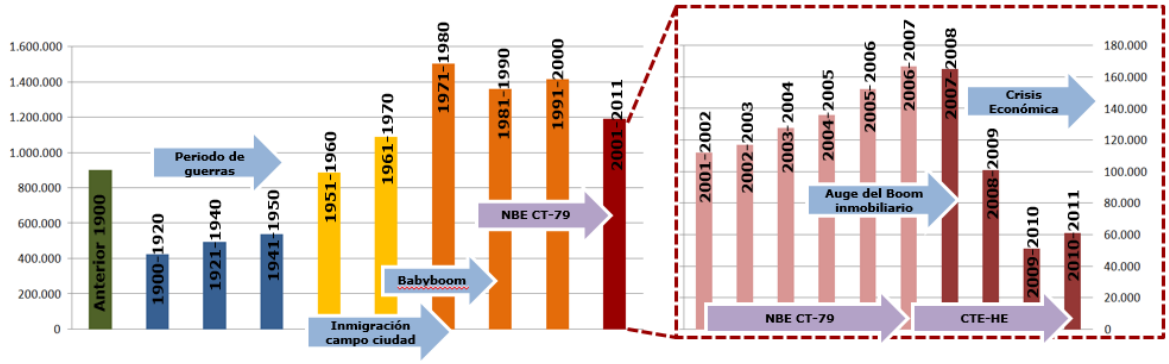


Figura 1. *Distribución del parque de viviendas existentes en 2010. Elaboración propia a partir de los datos del "Censo de población y vivienda" del INE y de los datos de visados de proyectos del CSCAE*

Tras el análisis de la estadística y períodos constructivos, representados en la imagen superior, se opta por un edificio del período 1961 a 1980, por corresponder al de mayor auge de expansión inmobiliario y al mismo tiempo ser anterior a la regulación energética en edificación (NBE-CT-79), lo que le convierte en un excelente modelo para realizar mejoras en los consumos de energía.

Seleccionado el periodo histórico, se emplea la geometría de bloque de viviendas en H extraído de los test de calibración de programas alternativos a LIDER y CALENER, que equivale al modelo *Isolated blok* del informe *Report on cost optimal calculations and comparison with the current and future energy performance requirements of buildings in Spain*.

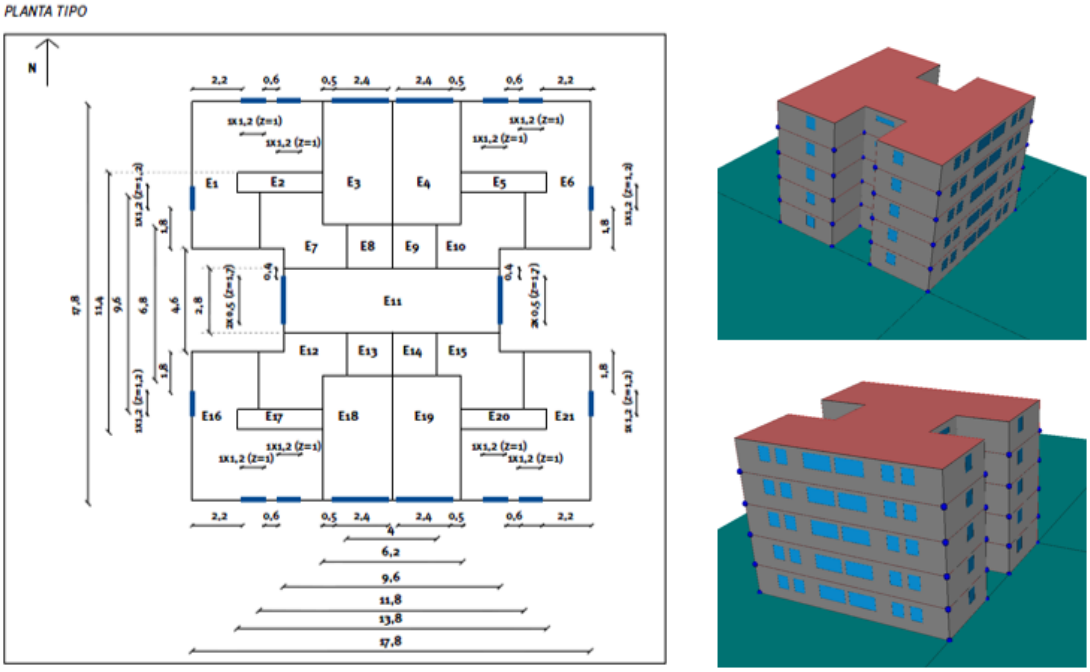


Figura 2. *Geometría y volúmenes del edificio modelo empleado en los cálculos*

2.2 Calidades constructivas

Se selecciona una calidad constructiva correspondiente al considerado como 2º período de expansión inmobiliaria de nuestro país entre los años 1961 y 1980, y por lo tanto anterior a la primera normalización en materia de aislamiento térmico en edificios (NBE_CT-79), lo que implica fachadas de doble hoja con cámara de aire no ventilada de entre 2 y 5 cm y tradosado interior de ladrillo hueco sencillo, con una transmitancia térmica del conjunto U=1,20 W/m^{2}K.

Para las cubiertas se adopta un sistema con cámara horizontal ventilada de 10cm generada sobre tabiques palomeros de baja altura y superficie transitable de baldosa cerámica, con una transmitancia térmica del conjunto U=1,48 W/m^{2}K.

Las ventanas se suponen de cerrajería metálica simple, sin rotura de puente térmico, y vidrios monolíticos.

2.3 Zonas climáticas y metodología de cálculo

A la hora de establecer mejoras energéticas en un edificio, parece lógico pensar que no es lo mismo enfrentarse a un clima cálido que a inviernos fríos, es decir, cada edificio precisa distintas inversiones en función de la localidad en la que se encuentre.

Por ello el edificio modelo ha sido sometido a estudio en 4 ciudades representativas de la climatología peninsular:

- **Sevilla,** como ejemplo de clima severo de verano con inviernos suaves (zona climática B4).
- **Barcelona,** representativa del clima mediterráneo de clima templado (zona climática zona C2).
- **Madrid,** clima continental extremo en verano e invierno (zona climática zonas D3).
- **Burgos,** localidad de inviernos extremos y veranos suaves (zona climática zona E1).

2.4 Estudio de mejoras

Para el estudio se han empleado simulaciones informáticas en las que se comparaba la demanda energética del edificio modelo con la generada por el mismo edificio mejorado en alguno de los apartados del punto 1.2 del presenta manual.

El modelo de simulación base se realizará mediante la herramienta unificada LIDER-CALENER (HULC), por tratarse de un procedimiento reconocido por el Ministerio de Industria y el Ministerio de Fomento, mientras que los estudios de mejoras se realizan mediante la UNE-EN 13790:2011 método cuasi estacional de cálculo.

Los factores de conversión de energía y emisiones de CO_2, así como las condiciones de cálculo son las establecidas por el Ministerio de Fomento para la certificación de edificios a partir de 2016.

Para el uso de la norma UNE 13790 se ha generado una herramienta informática propia a la que se ha sometido a un test de comparación y calibración respecto al programa HULC, dando como resultado desviaciones medias inferiores al 10% en el caso de Sevilla y al 5% en el resto de localidades. (Ver resultados de calibración en el anexo 2 del manual).

2.5 Lectura de las fichas de resultados

La presentación de los resultados se realiza mediante fichas a doble página que resumen las características principales de cada medida de mejora.

En la parte izquierda se definen las características constructivas, normativa de aplicación y pautas de intervención en edificios existentes de cada propuesta, mientras que la parte derecha se ofrecen los resultados del estudio económico realizado con la metodología y herramientas expuestas a lo largo del manual.

En primer lugar, los dos gráficos superiores comparan los resultados, a la izquierda globales y a la derecha por vector energético (calefacción, refrigeración y ACS) entre el edificio adoptado como modelo y su réplica mejorada gracias a la intervención propuesta.

Posteriormente se establece un coste de inversión inicial y una vida útil estimada de la medida, datos con los que se calculan:

- Ahorro anual, estimado en % sobre el consumo total del edificio modelo.
- Período de amortización, con un máximo de tiempo de estudio de 60 años.
- Retorno de inversión tras la vida útil de la mejora (30 años para medidas pasivas y 15 para activas).

Por último, cada ficha ofrece una valoración a modo de “estrellas” de puntación que establece si la inversión es interesante, aconsejable, rentable o muy rentable en cada una de las localidades de referencia (Sevilla, Barcelona, Madrid y Burgos), así como una serie de comentarios finales sobre los resultados obtenidos.

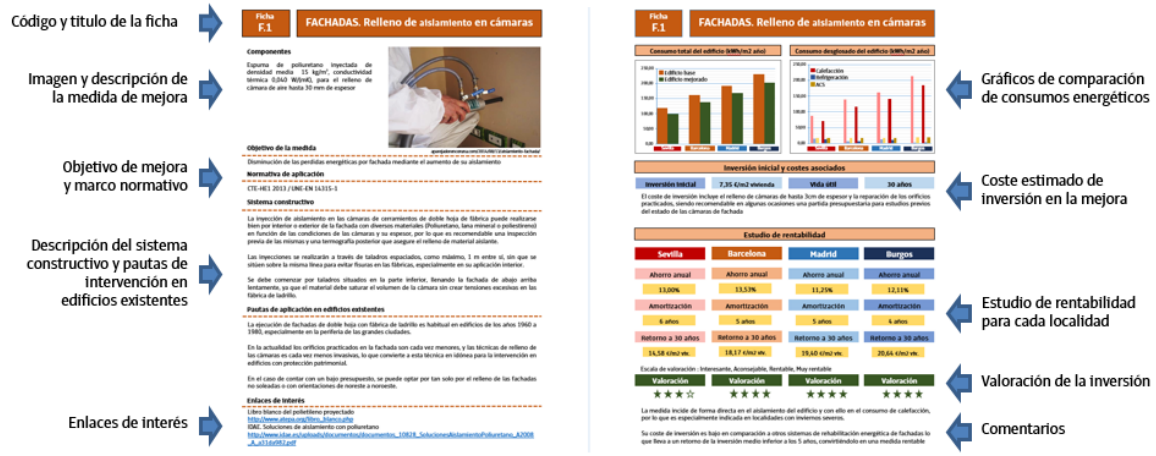


Figura 2. *Resumen de la información recogida en cada ficha de mejora energética*

Se completa la información del manual con dos fichas resumen de resultados (Fichas RS.1 y RS.2), en las que se comparan todas las medidas sometidas a estudios en función del ahorro energético que generan, la reducción de emisiones de CO_2, coste de la inversión inicial y período estimado de amortización.

ANEXO 1. COSTES DE INVERSIÓN DE LAS MEDIDAS SOMETIDAS A ESTUDIO

Para cada una de las medidas de mejora se ha realizado un precio descompuesto como suma de las partidas que se estiman intervendrán en su implantación, si bien tienen que ser entendidos como estimaciones que deben ser adaptadas a la casuística de cada edificio y sus condiciones particulares de ejecución, sobre todo en el apartado de medios auxiliares y obras complementarias.

En el caso de instalación de equipos como sistemas de ventilación, suelo radiante o paneles solares, se han empleado ratios aportados por distintos fabricantes e instaladores. A continuación, se muestra un cuadro resumen por elementos, si bien la documentación completa es descargable desde el enlace:

Escanea el código QR o accede en el siguiente enlace:
https://www.campusfundacion.org
Introduce las claves:
Usuario: rentabilidad2020
Contraseña: rentabilidad2020

Ficha	Descripción	Tipo de precio	Costes	Unidad
F.1	Fachadas. Inyección cámara 2cm PUR	Descompuesto	8,44	€/m^2 fachada
F.2	Fachadas. Trasdosado PYL 4cm MW	Descompuesto	35,52	€/m^2 fachada
F.3	Fachadas. SATE 5cm	Descompuesto	56,93	€/m^2 fachada
F.4	Fachadas. SATE 10cm	Descompuesto	63,26	€/m^2 fachada
C.1	Cubiertas. Aislamiento 5cm XPS	Descompuesto	46,73	€/m^2 cubierta
C.2	Cubiertas. Aislamiento 8cm XPS	Descompuesto	50,72	€/m^2 cubierta
C.3	Cubiertas. Trasdosado 5cm MW	Descompuesto	28,82	€/m^2 cubierta
S.1	Suelos. 3cm XPS	Descompuesto	53,98	€/m^2 suelo sobre terreno
H.1	Ventanas. Doble ventana	Descompuesto	191,40	€/m^2 ventana
H.2	Ventanas. Metálica RPT + vidrio doble	Descompuesto	412,51	€/m^2 ventana
H.3	Ventanas. PVC + vidrio bajo emisivo	Descompuesto	445,82	€/m^2 ventana
P.1	Protección solar. Toldos	Descompuesto	364,32	€/Ud toldo 2 m
V.1	Ventilación. Ventanas clase 3	Ratio estimado	6,81	€/ml perímetro ventana
V.2	Ventilación. Autorregulable	Ratio estimado	10,00	€/m^2 útil de vivienda
V.3	Ventilación. Higrorregulable	Ratio estimado	13,00	€/m^2 útil de vivienda
I.1	Climatización. Caldera condensación	Descompuesto	1482,51	€/vivienda
I.2	Climatización. Refrigeración ERR 4	Descompuesto	3701,50	€/vivienda
I.3	Climatización. Suelo Radiante	Ratio estimado	60,00	€/m^2 útil de vivienda
R.1	EERR. Solar ACS 50%	Ratio estimado	585,00	€/m^2 útil de vivienda
R.2	EERR. Central Biomasa	Ratio estimado	78.271,84	€/m^2 captador solar
G.1	Gestión. Adecuación Tª consigna	Descompuesto	50,00	€/vivienda
G.2	Gestión. Ventilación nocturna	---	0,00	---

ANEXO 2. CALIBRACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE CÁLCULO

Para el empleo la herramienta informática basada en la UNE 13790 se ha realizado una comparación de resultados entre la misma y el procedimiento reconocido por el Ministerio de Industria LIDER-CALENER (HULC), analizando los resultados de demanda de calefacción y refrigeración para el edificio modelo en 5 casos distintos con diferentes configuraciones de aislamientos en la envolvente, que llevaban de una transmitancia media de 0,47 a 1,44 W/m²K.

Para establecer la validez de los resultados se emplean los criterios de la EN 15265, alcanzando como mínimo un nivel de precisión C en el cálculo de las demandas de calefacción y refrigeración, representando cada una de las letras obtenidas las siguientes variaciones de cálculo:

A variación entre el 0 y el 5%
B variación entre el 5 y 10%
C variación entre el 10 y 15%

Los resultados obtenidos son los siguientes.

Calefacción		Umedia 0,47				Umedia 0,61				Umedia 0,69			
		UNE	HULC	Desviacion		UNE	HULC	Desviacion		UNE	HULC	Desviacion	
Burgos	E1	89,14	88,3	0,95%	A	90,90	88,5	2,70%	A	99,57	98,8	0,78%	A
Madrid	D3	67,16	67	0,21%	A	68,54	68,5	0,06%	A	75,17	75,6	0,52%	A
Barcelona	C2	45,83	45,3	1,10%	A	47,42	48,5	2,13%	A	52,44	51,7	1,37%	A
Sevilla	B4	20,35	24,8	11,68%	C	21,84	27,1	13,08%	C	24,95	29,1	9,73%	B
		Umedia 0,88				Umedia 1,44				Media			
		UNE	HULC	Desviacion		UNE	HULC	Desviacion					
Burgos	E1	108,58	107,7	0,82%	A	133,02	129,2	2,95%	A	1,64%	A		
Madrid	D3	82,20	82,2	0,00%	A	101,24	101,1	0,12%	A	0,18%	A		
Barcelona	C2	58,40	57,1	2,18%	A	74,97	73,1	2,48%	A	1,85%	A		
Sevilla	B4	29,06	32,8	8,03%	B	40,07	43,7	6,27%	B	9,76%	B		

Refrigeración		Umedia 0,47				Umedia 0,61				Umedia 0,69			
		UNE	HULC	Desviacion		UNE	HULC	Desviacion		UNE	HULC	Desviacion	
Burgos	E1	0,00	0,2	0,23%	A	0,00	0,1	0,11%	A	0,00	0,2	0,20%	A
Madrid	D3	7,97	7,8	0,23%	A	8,71	7,7	1,33%	A	9,10	7,9	1,44%	A
Barcelona	C2	3,87	2,5	2,87%	A	4,31	2,3	3,96%	A	4,53	2,5	3,75%	A
Sevilla	B4	15,17	13,3	4,91%	A	15,93	13,1	7,05%	B	16,44	13,5	6,91%	B
		Umedia 0,88				Umedia 1,44							
		UNE	HULC	Desviacion		UNE	HULC	Desviacion					
Burgos	E1	0,00	0,1	0,09%	A	0,00	0,1	0,08%	A	0,14%	A		
Madrid	D3	11,36	8	3,73%	A	14,20	8,2	5,49%	A	2,44%	A		
Barcelona	C2	5,19	2,5	4,51%	A	8,62	2,4	8,23%	A	4,66%	A		
Sevilla	B4	17,63	13,7	8,45%	B	21,01	14,2	11,75%	C	7,81%	B		

Las desviaciones obtenidas en ningún caso sobrepasan el 15% y el promedio en general obtiene resultados de clase A según lo establecido en la EN 15265, por lo que se considera la herramienta de cálculo creada sobre los procedimientos de la UNE 13790 lo suficientemente fiable como para poder realizar los estudios de rentabilidad ofrecidos en el presente manual.

El presente proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea.
Esta publicación (comunicación) es responsabilidad exclusiva de su autor.
La Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

FUNDACIÓN LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN

INSTITUTO NACIONAL DE LAS CUALIFICACIONES

Fundación Tripartita
PARA LA FORMACIÓN EN EL EMPLEO

CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS