CERtuS

Grant Agreement N. IEE/13/906/SI2.675068

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

Opciones Rentables y Mecanismos de Financiación para la Renovación de Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en el Parque de Edificios Existente

GUÍA TÉCNICA

EN ESPAÑOL

El Proyecto de Promoción/Difusión sobre Iniciativas Integradas de la Agencia Ejecutiva para la Pequeña y Mediana Empresa (EASME) CERtuS - **Opciones Rentables y Mecanismos de Financiación para la Renovación de Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en el Parque de Edificios Existente** - ha recibido fondos de la UE - IEE EASME bajo el Acuerdo de Subvención nº IEE/13/906/SI2.675068.

Esta guía es uno de los entregables preparados por IEE/EASME Proyecto CERtuS europeo.
Se puede encontrar más información sobre el proyecto en:

PÁGINA WEB DEL PROYECTO
http://www.certus-project.eu

COORDINADOR DE PROYECTO Y EDITOR DE ESTE DOCUMENTO
Stella Styliani FANOU
styliani.fanou@enea.it
ENEA
Agencia Nacional Italiana para Nuevas Tecnologías, Energía y Desarrollo Económico Sostenible.
Casaccia Research Centre
Via Anguillarese, 301
00123 Anguillara Sabazia, ROMA
ITALIA
http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/efficienza-energetica
http://www.enea.it/it

ASESOR DE PROYECTOS DE LA CE
Philippe MOSELEY
EASME
Agencia Ejecutiva para la Pequeña y Mediana Empresa de la Comunidad Europea
*https://ec.europa.eu/**easme**/*

Publicado en Diciembre de 2016 por el consorcio de CERtuS

Aviso legal
El contenido de esta publicación compromete solamente a sus autores. No refleja necesariamente la opinión de la Comunidad Europea. Ni EASME ni la Comisión Europea se responsabilizan del uso que se pueda dar a la información aportada en este documento.

Índice de contenidos

INTRODUCCIÓN 1

OBJETO DE ESTA GUÍA 3

OBJETIVOS DEL PROYECTO CERTUS 9

SOCIOS DEL PROYECTO CERTUS 10

A GUÍA TÉCNICA PARA LA RENOVACIÓN NZEB – LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y EL USO DE SISTEMAS DE ENERGÍA RENOVABLE 11

A.1 LA APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y DE CALIDAD DE AIRE INTERIOR 13

A.1.1 Envolvente del edificio: consideraciones 18

A.1.2 Diseño de renovación de las envolventes opacas de edificios 19

A.1.3 Envolvente de edificio transparente 28

A.1.4 Verificación del rendimiento 31

A.1.5 Ejemplo de reducción de demanda energética en la envolvente opaca: Ayuntamiento de Alimos, Municipio de Alimos, Grecia 38

A.1.6 Referencias 40

A.2 EL USO DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN, ILUMINACIÓN Y OTRAS TECNOLOGÍAS NUEVAS E INNOVADORAS DE ENERGÍA EFICIENTE 42

A.2.2 Iluminación 53

A.2.3 Referencias 75

A.3 LA INTEGRACIÓN DE FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE 76

A.3.1 Introducción 76

A.3.2 Fotovoltaica 77

A.3.3 Colectores solares 88

A.3.4 Energía geotérmica 92

A.3.5 Biomasa 96

A.3.5.1 OPERACIÓN 97

A.3.6 Aerogeneradores 99

A.3.7 Referencias 103

A.4 RENOVACIÓN INTEGRAL DE EDIFICIOS HISTÓRICOS 105

A.4.1 Referencias 114

A.5 ESTRATEGIA DE RENOVACIÓN INTEGRAL Y BENEFICIOS COLATERALES DE LAS RENOVACIONES ENERGÉTICAS DE EDIFICIOS 116

A.5.1 Referencias 124

A.6 COMENTARIOS FINALES 125

B GUÍA PARA LA FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE RENOVACIÓN NZEB 129

PREMISAS 131

B.1 CAPITAL 133

B.1.1 Descripción general 133

B.1.2 Breve descripción de los principales tipos de capital 133

B.1.3 Ventajas, desventajas y otras consideraciones 138

B.2 FONDOS ESPECÍFICOS Y SUBVENCIONADOS 140

B.2.1 Descripción general 140

B.2.2 Principales Fondos Subvencionados Europeos 145

B.2.3 Ventajas, desventajas y otras consideraciones sobre este tipo de instrumento financiero 152

B.3 SUBVENCIONES 154

B.3.1 Descripción general 154

B.3.2 Principales Fondos de Subvención Europeos 154

B.3.3 Breve descripción de los principales Fondos de Subvención Europeos 155

B.3.4 Principales Fondos de Subvención Nacionales y Regionales disponibles 159

B.3.5 Ventajas, desventajas y otras consideraciones 161

B.4 INCENTIVOS FISCALES Y DE OTRO TIPO 163

B.4.1 Descripción general 163

B.4.2 Breve descripción de los principales tipos de Incentivos Fiscales y de Otro Tipo 163

B.4.3 Ventajas, desventajas y otras consideraciones 166

B.5 COMENTARIOS FINALES 168

B.6 REFERENCIAS 171

C GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE MODELOS DE SERVICIO ENERGÉTICO 173

C.1 EL TIPO DE EPC 175

C.2 METODOLOGÍA 181
C.2.1 FASE 1 - "DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE REFERENCIA" 181
C.2.2 FASE 2 - DEFINICIÓN DE LOS POSIBLES CONTRATOS EPC APLICABLES 183
C.3 EL ESCENARIO DE REFERENCIA 186
C.3.1 Aspectos clave 186
C.3.2 Conjunto de Aspectos Clave Vs. Tipos de contrato 187
C.4 CONJUNTO DE RIESGOS 189
C.5 COMENTARIOS FINALES 201
D EXPERIENCIA ADQUIRIDA Y RECOMENDACIONES 203
D.1 EXPERIENCIA ADQUIRIDA 205
D.1.1 Aprendizaje de supuestos de rendimiento, consumo y diseño 205
D.1.2 Recomendaciones 208
ANEXO EJEMPLOS CERTUS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA Y TÉCNICA DE RENOVACIONES NZEB 211
CASOS DE ESTUDIO CERTUS 213
Messina, ITALIA 215
Alimos, GRECIA 235
Coimbra, PORTUGAL 254
Errenteria, ESPAÑA 274
INFORMACIÓN ADICIONAL 293
INFORMACIÓN ADICIONAL 295

INTRODUCCIÓN

OBJETO DE ESTA GUÍA

El objeto de esta guía es dar información general sobre cómo los municipios del sur de Europa pueden obtener la renovación nZEB bajo las condiciones actuales de ajuste económico. Además, su objetivo es brindar conocimientos sobre cómo captar grupos de interés (entidades de financiación, Empresas de Servicios Energéticos (ESCOs), terceros, etc.), conseguir inversión en capital y conocer las necesidades y expectativas de los Municipios. Esta guía forma parte del trabajo realizado dentro del Proyecto de Promoción/Difusión sobre Iniciativas Integradas de la Agencia Ejecutiva para la Pequeña y Mediana Empresa (EASME) CERtuS. Se centra en el parque de Viviendas Públicas y se aplica principalmente a los proyectos de renovación de edificios municipales, especialmente aquellos que tienen una considerable emisión de carbono.

Esta publicación detalla los criterios de diseño y posibles soluciones técnicas encaminadas a un nZEB realista, la evaluación económica y los planes de financiación para los municipios, con el fin de proporcionar información a todos los responsables de la toma de decisiones sobre las posibilidades de renovar el parque de viviendas públicas y convertirlas en más eficientes en términos energéticos. Además, describe como aumentar la cuota de mercado de soluciones nZEB innovadoras y rentables optimizando la financiación sostenible, y favorable para los Municipios, a través de renovaciones financiadas.

Esta guía se divide en tres partes principales:

- La Parte A es la Guía técnica para la renovación nZEB - La eficiencia energética y el uso de sistemas de energía renovable. Esta parte trata el proceso de diseño de proyectos de renovación nZEB. Además, destaca cómo reducir la carga de energía, aumentar la eficiencia y usar fuentes de energía renovable en todo tipo de instalaciones.
  El equipo del proyecto CERtuS ha desarrollado esta Parte A de la guía para ser usada como una fuente de criterios de diseño de renovación de edificios municipales. Particularmente, estas guías técnicas ofrecen información de diseño para ayudar al personal técnico de los municipios aumentar la rentabilidad de sus edificios, mediante la adopción de decisiones informadas

sobre los aspectos clave de los sistemas de energía renovable y eficiencia energética y teniendo en cuenta las buenas prácticas empleadas en los ejemplos CERtuS.
A pesar de la extensa bibliografía sobre eficiencia energética en el sector de la construcción, el equipo CERtuS ha reflexionado seriamente sobre la oportunidad de proponer una versión adicional sobre este tema. La decisión se tomó con convicción, especialmente porque el enfoque CERtuS provee un propósito más amplio y diferente a la cuestión de la renovación nZEB en su conjunto. Incluye y tiene en cuenta más guías a la hora de completar el proceso. Esta Parte A de la guía no menciona de forma detallada las opciones técnicas. Proporciona algunas guías que servirán de ayuda al personal técnico de los municipios, y a cualquier tercero que participe, a la hora de desarrollar un resumen de las opciones de renovación de edificios y las tecnologías empleadas.

- El fin de la Parte B es hacer más accesible toda la información útil sobre las principales herramientas y planes de financiación que se pueden usar en la fase inicial de los proyectos de renovación integral de edificios.
  Obviamente, no todos las herramientas y planes de financiación son adecuados para todos los proyectos. Una financiación eficaz de proyectos de renovación integral de edificios depende en gran medida en las características de las herramientas de financiación y el proyecto de construcción. Por lo tanto, la Parte B ofrece la información necesaria para elegir la solución específica de cada proyecto de construcción, más que una solución común que sirva para cualquier proyecto. Además, proporciona información de forma sistemática, siguiendo un enfoque metódico simple pero eficiente que deriva del proyecto CERtuS. La metodología propuesta busca ser un camino lógico que se pueda adaptar y modificar de acuerdo con las necesidades y requisitos de cada proyecto de renovación integral de edificios y, especialmente, de aquellos enfocados a los nZEB.
  En la Parte B podemos encontrar información sobre herramientas de financiación específicas que se encuentran ordenadas según las siguientes categorías: (i) Capital; (ii)

Fondos Específicos y Subvencionados; (iii) Subsidios; e (iv) Incentivos Fiscales y de otro tipo.
Finalmente, la Parte B de la guía incluye información práctica y detallada sobre las oportunidades de financiación existentes para la actualización integral de los edificios municipales actuales con el fin de convertirlos en nZEB.

- La Parte C de la guía ofrece información que ayuda a seleccionar los modelos de servicio energéticos. Específicamente, esta parte explica cuáles son las herramientas adecuadas que permiten a los municipios elegir el tipo de contrato/s más adecuados a la hora de satisfacer sus necesidades.

Como se ha mencionado anteriormente, la guía está dirigida a los agentes claves en el desarrollo y la entrega de planes de renovación nZEB para edificios públicos de organismos locales y regionales. El objetivo de la guía sigue siendo ayudar a los técnicos y empleados de los municipios que participan a:

- Contribuir a la hora de superar la falta de conocimientos y experiencia que a menudo conduce a la contratación de consultores costosos
- Dar una visión global sobre las buenas prácticas y soluciones e introducir un procedimiento y enfoque sistemático de cómo captar varios grupos de interés
- Satisfacer las necesidades y expectativas de los municipios
- Superar el bajo nivel de confianza que existe en los contratos de rendimiento energético (EPC)
- Contribuir a superar la limitada capacidad técnica y financiera de los municipios a la hora de gestionar las inversiones y la economía del proyecto, proporcionando aspectos financieros, económicos, legales y técnicos
- Fomentar el trabajo colaborativo y el asociarse con Instituciones Financieras y ESCOs, con el fin de conseguir el mayor efecto a la hora de reducir el consumo de energía drásticamente y entregar nZEB económicos.

La Guía CERtuS incluye las buenas prácticas actuales en las soluciones de renovación, la financiación de eficiencia energética y renovación nZEB y la selección de modelos de servicios energéticos dentro del

marco del proyecto. Las buenas prácticas en el contexto de esta guía se refieren a destacar una aplicación optimizada de materiales y tecnologías disponibles. Sin embargo, este trabajo se debe considerar como un trabajo en proceso con mucho que añadir y aprender, especialmente en lo relativo a modelos de servicio energético y financiación sostenible.

Los autores de esta guía son:

- Stella Styliani FANOU, (S.F), ENEA, ITALIA, Emanuela MARTINI, (E.M), ITALIA
- Pedro MOURA (P.M), ISR, Universidad de Coimbra, PORTUGAL
- Veronica RUSSO, (V.R), SINLOC, ITALIA
- Kosta PAVLOU, (K.P), ETVA.VIPE, GRECIA
- Alessandra GANDINI, (A.G), TECNALIA, ESPAÑA
- Evagelia GLETZAKOU (E.G), Babis Nikopoulos,(B.N), EUDITI srl
- Kirsten ENGELUND THOMSEN, (K.T), AaU- Sbi
- Mariangela MERRONE, (M.M), Andrea MARTINEZ (A.M), ASSISTAL, ITALIA

- Revisión de la versión en inglés: Anna AMATO, Linda CIFOLELLI, ENEA, ITALIA
- Portada y diseño gráfico: Emanuela MARTINI, ITALIA

SÍNTESIS DEL PROYECTO CERTUS

CERtuS se ha construido en base a la grave crisis económica existente en los países del Sur, el cual ha tenido un impacto profundamente negativo en el campo de la eficiencia energética y sobre los denominados objetivos 20/20/20. La falta de recursos económicos y la incertidumbre que existe en el mercado está dificultando el cumplimiento de la última Directiva relativa a la eficiencia energética, ya que exige unas medidas estrictas de eficiencia energética para el sector público, especialmente en un momento en que esto recursos económicos son muy necesarios. Las inversiones que se requieren para renovar edificios públicos y conseguir un consumo de energía casi nulo tienen periodos de amortización largos. Debido a ello, las entidades financieras y las Empresas de Servicios Energéticos (ESCOs) no muestran mucho interés, especialmente con los recursos limitados con los que cuentan los bancos. Muchos de los edificios en el sur de Europa necesitan una profunda renovación para llegar a ser edificios nZEB, y esto no debería tomarse como una amenaza sino más como una oportunidad para los servicios energéticos y el sector financiero.

El objetivo del proyecto CERtuS es generar confianza entre los grupos de interés con respecto a estas inversiones e iniciar el crecimiento de este sector de servicios energéticos.

En este proyecto participan municipios, empresas de servicios energéticos y entidades financieras de Italia, Grecia, España y Portugal. El plan fue desarrollar proyectos representativos de rehabilitaciones integrales que actuarán como modelos para otros casos. Para ello, se eligieron doce edificios en cuatro municipios. Debido a que a la hora de la presentación de esta acción ninguno de los países participantes tenían definidos los niveles ni estándares nZEB, dentro del proyecto CERtuS se ha establecido una definición nZEB basada en aquella propuesta por la Directiva europea relativa a la eficiencia energética de los edificios (EPBD). Además, el proyecto prevé que la renovación en profundidad de los 12 casos prácticos producirá una mejora de rendimiento energético en un 75 - 80%. Los socios prepararon los proyectos de renovación integral con el objetivo de que se usaran como ejemplos modelo para todo el Sur de Europa. Estos casos prácticos demuestran cómo se pueden alcanzar los niveles y objetivos de eficiencia energética y nZEB mediante las distintas medidas de

renovación de edificios. Las renovaciones se basan en distintas soluciones y ámbitos, y representan el impacto de los distintos objetivos y/o necesidades con respecto a la remodelación elegida y representativa del parque de viviendas públicas del Sur de Europa.

Los socios han adaptado los procedimientos y modelos existentes de servicios energéticos y han ingeniado planes de financiación apropiados para los 12 proyectos. También han generado materiales, tales como folletos y maxi catálogos, para dar soporte a un plan de comunicación intensivo.

Esperamos que esta acción tenga un impacto significativo y atraiga inversiones para la renovación, con el fin de conseguir edificios nZEB y penetrar en el mercado ESCO de los Estados Miembros del sur de Europa.

OBJETIVOS DEL PROYECTO CERTUS

A continuación se detallan los objetivos y los efectos futuros del proyecto CERtuS para los próximos años (2017-2020):

- Crear condiciones para que más municipios, entidades financieras y terceros promotores desarrollen proyectos de rehabilitaciones integrales nZEB. El objetivo es generar un efecto de arrastre. Los proyectos modelo de CERtuS servirán de ejemplos demostrativos de la viabilidad de dichos proyectos de renovación

- Estimular la entrada de más fondos privados en rehabilitaciones nZEB, apoyando a los estados del sur de Europa a cumplir las obligaciones fijadas en las directivas europeas de eficiencia energética (EED Directives) y de comportamiento energético de edificios (EPBD recast)

- Estimular el desarrollo de más planes de financiación que aceleren la implementación de estas directivas en el Sur de Europa

- Estimular el concepto de ESCOs en los estados del Sur de Europa

- Facilitar la implementación de la Directiva de Eficiencia Energética

La visión de CERtuS de desarrollar y demostrar, a través de sus casos de estudio, la viabilidad de la renovación rentable y de alto rendimiento del parque de viviendas públicas existente se basa en un paquete complejo y, a veces, gradual de mecanismos financieros en la que se combinan instrumentos de mercado y públicos. Las ESCOs, las instituciones financieras y los terceros inversores son grupos de interés clave en los proyectos de energía sostenible.

SOCIOS DEL PROYECTO CERTUS

Persona de contacto en cada país CERtuS:

- Stella Styliani FANOU, styliani.fanou@enea.it
- Pedro MOURA, pmoura@isr.uc.pt
- Alessandra GANDINI, alessandra.gandini@tecnalia.com
- Eva ATHANASAKOU ea@euditi.gr
- Kirsten ENGELUND THOMSEN, ket@sbi.aau.dk

PARTE

A

GUÍA TÉCNICA PARA LA RENOVACIÓN NZEB – LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y EL USO DE SISTEMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

A.1 LA APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y DE CALIDAD DE AIRE INTERIOR

Antecedentes y Conocimientos Generales

La política energética europea se aplica hoy día a través del concepto de Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo (nZEB), el cual ha recibido una atención creciente en los últimos años. Los estándares de eficiencia en los edificios se han mejorado gracias a (i) la refundición de la EPBD (2010/31/UE), (ii) la EED (2012/27/UE) y (iii) la Directiva sobre Energías Renovables (2009/28/CE). Recientemente se ha introducido otro enfoque importante sobre la rentabilidad de los requisitos mínimos de rendimiento energético para edificios y elementos de edificios con el fin de identificar el mejor equilibrio, en términos de costes de inversión, entre los rendimientos de la envolvente y del edificio.

Según el artículo 2.2 de la refundición de la Directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios (EPBD), un Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo es *"un edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto […]. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida la energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno."* Esta definición se puede interpretar libremente en cada Estado Miembro, y no ofrece ninguna indicación sobre el cálculo de rendimiento energético, que debe ser adaptado a las condiciones locales específicas.

La mejora del rendimiento energético del parque de edificios públicos existente conduce a una considerable reducción de la demanda de energía. Esto se puede conseguir mediante el uso de aparatos de energía eficientes (iluminación, calefacción, refrigeración, controles, etc.) y mediante la producción simultánea de energía a partir de fuentes renovables. Como en todos los proyectos renovables, para alcanzar los estándares nZEB, el punto de partida es el estado actual del edificio en cuestión. ¿Cuál es el nivel actual de consumo energético antes de la renovación? ¿Qué es un nivel nuevo de consumo realista y previsto? ¿Qué tipo de medidas se necesitan para alcanzar el objetivo? Y, ¿qué inversiones se requieren? También se debería tener en cuenta el periodo de recuperación de fondos empleados en una inversión

(amortización), ya que las inversiones necesarias para alcanzar el nivel de consumo energético previsto pueden ser demasiado altas en comparación con los posibles ahorros energéticos. La financiación de inversiones es otro aspecto muy importante en un criterio de diseño de renovación.

Se admite generalmente que las personas pasan gran parte de su tiempo en espacios interiores. Los ambientes interiores son altamente complejos, y los ocupantes/usuarios de edificios pueden estar expuestos a una variedad de contaminantes en forma de gases y partículas que se producen dentro y fuera del edificio. Otros factores como la temperatura interior, humedad relativa y los niveles de ventilación también pueden afectar la buena calidad del aire interior. En las renovaciones energéticas, las condiciones interiores deberán mejorarse hasta llegar niveles aceptables. A veces, cuando se intenta minimizar el consumo energético, se pueden empeorar las condiciones en el interior. Un ambiento interior seguro y saludable no se puede ver comprometido para favorecer una reducción de consumo energético. La renovación energética es principalmente un compromiso entre las soluciones técnicas y los recursos financieros directos e indirectos existentes.

Un desafío clave para las soluciones de renovación nZEB en los países del Sur de Europa es garantizar el confort ambiental sin la necesidad de una cantidad considerable de energía para la refrigeración. Además, en estos países las mejoras de eficiencia energética se basan principalmente en daños del edificio o en un rendimiento inadecuado (mal ambiente interior), la falta de funcionalidad y el cambio de uso. Las reparaciones encaminadas a mejorar el rendimiento energético se han realizado principalmente en base a eso.

Las intenciones de diseño del parque de edificios público también dependen en algunas ocasiones de la poca disposición de los diseñadores y profesionales de alejarse de los métodos tradicionales de renovación. Esto también se debe a la falta de experiencia y conocimientos sobre las soluciones técnicas empleadas para conseguir los estándares de nZEB en proyectos de renovación. En la mayoría de los casos, las medidas de renovación se basan en información incompleta, que se puede completar y complementar modelando el edificio. La tendencia es la de conseguir edificios en los cuales la

gestión de la energía y de sus instalaciones se realice a distancia. Además, deberá poderse recopilar datos relevantes sobre el edificio.

En el proceso de renovación energética, el primer paso es definir la condición actual del edificio mediante una comprobación de la energía consumida. Lo óptimo sería recopilar los datos de consumo de los últimos tres años y los documentos e información del edificio relacionados con las estructuras y el equipo. Esto no siempre es posible debido a la ausencia de datos o porque los documentos no se hayan actualizados. A menudo, solo se conoce el consumo total de electricidad, pero su distribución entre los distintos usos (iluminación, sistemas de climatización, etc.) no se puede medir o se desconoce. El consumo de calefacción, las pérdidas de calor y su distribución entre los distintos elementos (ventanas, paredes, etc.) se pueden evaluar usando los datos existentes y herramientas de cálculo. Además, es útil calcular el consumo óptimo bajo las condiciones existentes: qué se puede conseguir con los sistemas actuales y cuáles son los objetivos del propietario del edificio. Los documentos (planos actuales, datos históricos, etc.) de edificios relativamente antiguos pueden haberse perdido, ser imprecisos o incluir datos erróneos o antiguos. Para el proyecto de renovación se deberán actualizar todos los documentos, haciéndolos coincidir con la situación actual, y deberán convertirse a formato digital. La documentación del proyecto de renovación es una cuestión esencial.

El objetivo del diseño energético deberá definirse y compararse con la situación reciente: cuál es el potencial de ahorro real y qué medidas se pueden aplicar a la envolvente del edificio, calefacción, refrigeración, ventilación y al sistema de automatización del edificio (si existiese). Un aspecto clave es determinar los requisitos del propietario del edificio. Para cumplir con estos requisitos se deben buscar varias soluciones técnicas y, además, calcular las inversiones necesarias y el periodo de amortización.

El proyecto de renovación en muchos casos se efectúa a lo largo de varios años, aunque es importante tomar las medidas adecuadas en el momento oportuno. Si fuera necesario, las medidas de renovación se pueden distribuir en un periodo más largo. También es muy importante el orden en el que se lleva a cabo la renovación: qué se debe hacer en la primera fase y qué se debe hacer después. Esto es un aspecto crítico, especialmente en edificios nZEB, cuando los recursos de

financiación son limitados y el objetivo es conseguir una eficiencia energética óptima.

Hay muchos factores que influyen sobre el rendimiento y la eficiencia energética de un edificio, y esos factores se influyen mutuamente. Otro concepto es la "deuda de la renovación", que se refiere a la cantidad que se debe invertir para que el nivel de rendimiento de un edificio sea el adecuado (al menos entre un 70-80% del nivel de rendimiento de un edificio nuevo). Si no existe financiación para mejorar el nivel de rendimiento, se acortará la vida útil del edificio, y en el peor de los casos, se tendrá que demoler. Por ello, se deben planificar los trabajos de mantenimiento a corto y largo plazo con sumo cuidado.

Junto con las soluciones técnicas, las opciones de financiación jugarán un papel importante a la hora de planificar la renovación energética. El proyecto de renovación debe ser visto como un proceso complejo, que se desarrolla y gestiona mediante herramientas especiales, como, por ejemplo, mediante el procedimiento de Comisionamiento. El Comisionamiento es un método que garantiza que el edificio cumple con los requisitos y rinde tal y como se ha diseñado. Es una evaluación de calidad sistemática del proyecto/proceso de construcción que cubre la vida útil del edificio desde la fase de prediseño hasta la fase de uso. Esto se puede verificar por parte de los propietarios controlando en cada fase del proyecto que el proceso va en la dirección correcta. También es muy importante que el rendimiento del edifico se pueda controlar durante la fase de uso. Se deben mejorar la calidad de los instrumentos, aumentar el número de medidores y reemplazar los sensores, si fuera necesario. Además, se debe garantizar la suficiente información para el propietario, el personal de mantenimiento y las demás partes interesadas. Los datos brutos medidos también se deberán convertir en información de utilidad (de análisis y reportes). Se pueden recopilar muchos datos del edificio, como por ejemplo, los datos del sistema de automatización del edificio con el fin de operar los sistemas técnicos adecuadamente. Pero, desde un punto de vista energético, se deben tener datos útiles disponibles para las partes interesadas; los datos brutos no lo son hasta que se analizan o se procesan.

El aspecto más importante es una planificación y gestión de proyecto adecuada. La renovación de un edificio antiguo, especialmente si el objetivo es alcanzar niveles de consumo de energía mucho menores,

necesita de una buena gestión de proyecto, que sea distinta pero con áreas de conocimiento complementario, bien organizado y con trabajo colaborativo. Los costes se deberán incluir en las estimaciones presupuestarias, siempre que se haya calculado el presupuesto de forma realista. Los costes de mantenimiento de un edificio pueden ser mayores que los costes de inversión a más largo plazo, dependiendo de la vida útil calculada. Esto implica que las inversiones se consideren en base a la evaluación de la vida útil.

La renovación de edificios es el resultado de un proceso cuyo objetivo es conseguir un buen ambiente interior y la optimización del consumo energético. Todas las medidas relativas a la envolvente del edificio, además de los equipos y sistemas técnicos, están dirigidas a este objetivo. Por ello, no debe haber un conflicto entre las condiciones interiores y los ahorros energéticos; el objetivo es optimizar el uso de energía, siempre garantizando ambientes interiores saludables y seguros. Hay ejemplos que demuestran que minimizar del consumo energético, por ejemplo, reducir el tiempo de funcionamiento de la ventilación, puede empeorar la calidad del aire interior.

UN PROYECTO DE RENOVACIÓN ENERGÉTICO SE PUEDE DIVIDIR EN LOS SIGUIENTES PASOS TÉCNICOS:

- **Auditoria de Energía y Estudio de Condiciones:**
  - Recopilación y análisis de los documentos disponibles y otra información
  - Ejecución de mediciones adicionales que se puedan requerir (prueba de estanqueidad, termografía, mediciones de flujo de aire, etc.)
  - Realización de planes de renovación basados en la evaluación de la vida útil y periodos de amortización razonables
  - Identificación de intervenciones con la mejor rentabilidad y diseño final
- **Realización de la renovación energética:**
  - Herramientas de Comisionamiento en cada fase del proyecto: rendimiento tal y como se ha diseñado
- **Evaluación y verificación de resultados:**
  - Fijación de indicadores de rendimiento

A.1.1 ENVOLVENTE DEL EDIFICIO: CONSIDERACIONES

El sector público gestiona una gran variedad de edificios de distintas antigüedades, tamaños y usos. La renovación de las envolventes de estos edificios depende en gran medida en la tecnología de la construcción y el tipo de uso: edificios representativos (a menudo catalogados), oficinas, colegios, bibliotecas, centros culturales y otros edificios públicos. En ciertas ocasiones un mismo edificio ejerce distintas funciones. Además, la renovación de las envolventes se ve afectada por el lugar y clima del edificio, su función y las normas específicas locales y las leyes. Estas consideraciones refuerzan el concepto de que cada diseño y trabajo relacionado con una renovación es mayormente único e irrepetible, y que se debe de abordar caso por caso.

En muchas partes del Sur de Europa, especialmente donde el clima es cálido, el nivel de aislamiento en los edificios públicos no es efectivo o no se han construido con aislamiento.

La mayoría del parque de edificios públicos de los países del Sur de Europa se construyó cuando no había legislación sobre la reducción de

consumo energético. Por ejemplo, en Italia se implementó en 1976, en Grecia en 1981, en Portugal en 1990 y en España en 1980. El rendimiento energético de las envolventes de estos edificios se ha descuidado: muchos de ellos tienen escapes de agua, no tienen aislamiento ni control de sombra exterior, tienen ventanas de acristalamiento simple y tienen tejados que absorben el calor en climas cálidos.

Son precisamente estos edificios los que necesitan implementar medidas de eficiencia energética con el fin de reducir el consumo de energía.

A.1.2 DISEÑO DE RENOVACIÓN DE LAS ENVOLVENTES OPACAS DE EDIFICIOS

En la mayoría de los casos, las envolventes de los edificios son el origen de la mayoría de pérdidas de calor, pero el edificio se debería considerar como una unidad; además, hay otros sistemas que tienen un efecto sobre el rendimiento de la envolvente de un edificio. Antes de elegir las medidas de renovación, se debería analizar todas las opciones de reducción de consumo energético y el papel que juega la envolvente del edificio.

Estos son los pasos principales a tomar para reducir el consumo energético:

- **PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO:**
  - añadir aislamiento
  - estancar la envolvente con el fin de evitar flujos de aire incontrolados e infiltraciones
  - cambiar las ventanas y usar sistemas de sombreado

Reducir puentes térmicos y mejorar el rendimiento de la envolvente del edificio mediante aislamiento

Aumentar el nivel de aislamiento de la envolvente es una estrategia clave en mejorar el rendimiento del edificio, ya que el aislamiento adicional es el sistema que mayor impacto tiene sobre la reducción de consumo y el confort térmico. Es importante tener una barrera de

aislamiento con un espesor continuo y constante, ya que la falta de continuidad, espacios de aire y/o huecos pueden proporcionar vías de circulación de aire.

El aislamiento adicional se puede instalar en la parte exterior o interior de las paredes del edifico. La tercera opción es la de rellenar el hueco si existe un espacio de aire. En todos los casos, se modificarán las condiciones de transmisión de masa y calor. Esto es especialmente importante cuando existe la posibilidad de la aparición de condensación de vapor de agua: cuando el agua se filtra desde el interior al exterior, se puede condensar si la temperatura interior es lo suficientemente alta en comparación con la temperatura exterior. La condensación también puede aparecer si existen vías de escape de agua a la pared exterior y la temperatura exterior es mayor que la temperatura interior en condiciones de humedad alta (en el caso de refrigeración).

Las ventajas y desventajas del aislamiento de paredes externas

El aislamiento adicional de las paredes exteriores es la medida más común tomada en la renovación energética. En muchos países europeos la instalación de aislamiento adicional se realiza y costea gracias al sistema de financiación. La sustitución de ventanas pertenece al mismo concepto.

Los costes del aislamiento exterior adicional, incluyendo el andamiaje y los trabajos auxiliares, se deben comparar con los ahorros energéticos; en algunos casos los periodos de amortización son relativamente largos.

El aislamiento adicional exterior también soluciona los puentes térmicos que se producen en las estructuras de la pared. Se mejora la estanqueidad de la envolvente y se reducen las pérdidas de calor causadas por la infiltración. El aislamiento exterior provee a la estructura de la pared mayor espesor; por lo que, debemos asegurarnos de que el tejado pueda cumplir su función correctamente, con suficiente espacio para los aleros. Si las estructuras de la pared externa son planas, la instalación se puede realizar con relativa facilidad. Hay una variedad de tecnologías y soluciones para su instalación. Normalmente, la capa de aislamiento y la placa exterior se recubre de yeso, y el color de este yeso influye sobre el rendimiento de la pared. De acuerdo con las prácticas actuales, los colores claros absorben menos calor y evitan las microgrietas que acortan la vida útil de las paredes.

Este aislamiento adicional no se podrá instalar si el edificio y sus fachadas tienen un valor histórico importante o si son edificios catalogados, lo que implica que el "aspecto estético"[1] de un edificio no se puede modificar. Dependiendo de la estructura original y la altura del edificio, se pueden usar refuerzos para las soluciones de aislamiento. Además, dependiendo de la legislación del país, si el edificio público se encuentra enfrente de una acera o carretera pública, el aumento del espesor de la pared en el exterior puede considerarse una invasión del espacio público.

Al añadir aislamiento adicional, es posible que también se reduzcan los efectos de los puentes térmicos, debido a la mejora de la estanqueidad y, por lo tanto, conseguir ahorros energéticos. La práctica habitual es dividir el Valor U por dos, aunque incluso es posible obtener valores menores. Los costes del aislamiento exterior adicional, incluyendo el andamiaje y los trabajos auxiliares, se pueden comparar con los ahorros energéticos; en algunos casos, los periodos de amortización son relativamente largos. Además de mejorar la de eficiencia energética, el aislamiento reduce el riesgo de daños estructurales. En algunos casos, la reparación de daños estructurales puede ser la razón más importante a la hora de tomar estas medidas.

En conclusión, un proyecto de renovación se debe plantear de forma integral y sistemática aunque los trabajos de renovación se lleven a cabo en varias fases.

[1]el "aspecto estético" se refiere al valor estético de la obra de arte

VENTAJAS:

- **MINIMIZACIÓN DE LA DISCONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO REDUCIENDO DE PUENTES TÉRMICOS, MEJOR VALOR U, MEJOR ESTANQUEIDAD, SIN CONDENSACIÓN EN LAS PAREDES, TEMPERATURA DEL AMBIENTE INTERIOR MÁS HOMOGÉNEA**
- **AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE LA PARED DE SOPORTAR VARIOS DE LOS ELEMENTOS INTEGRANTES, MEJORA DEL ASPECTO EXTERNO DEL EDIFICIO**
- **PREVENCIÓN DE DAÑOS POR HUMEDAD, MENOS RUIDO Y NINGÚN IMPACTO SOBRE LOS USUARIOS DEL EDIFICIO**

DESVENTAJAS:

- **ASPECTO DE LA FACHADA PUEDE CAMBIAR; LA INSTALACIÓN PUEDE SER PROBLEMÁTICA (ESPECIALMENTE EN EDIFICIOS ALTOS); A MENUDO NO SE PERMITE EN EDIFICIOS CATALOGADOS**

Las ventajas y desventajas del aislamiento de paredes interiores

Dependiendo del tipo de edificio, a menudo también se instala aislamiento interior adicional. La gran diferencia en comparación con el aislamiento exterior es que la capa de aislamiento no tiene continuidad. Esto significa que, por ejemplo, en la unión entre la pared exterior y el suelo o tejado se crea un puente térmico. Si se reduce el aire caliente que fluye a través de las paredes, aumentarán las pérdidas de calor a través de esta unión, lo que podrá causar problemas (corrientes de aire, condensación, etc.), especialmente si existen vías de escape de aire.

Si se aísla la pared interior, se reduce el tamaño de la habitación. La reducción de la superficie del suelo no es tan considerable, pero el ocupante o usuario puede experimentar lo contrario. Además las instalaciones del sistema de calefacción, tales como los radiadores y las tuberías, pueden crear problemas de aislamiento. Razones de estética, especialmente en edificios históricos, pueden excluir el uso de aislamiento interior. El aislamiento interior es una solución barata en comparación con el aislamiento exterior, por lo que el periodo de amortización puede ser menor. Las desventajas son la discontinuidad,

los puentes térmicos y la incertidumbre de posibles vías de escape de aire si no se han realizado trabajos de sellado en la unión. Para optimizar el rendimiento térmico de la envolvente del edificio, se deben tener en cuenta todos los elementos estructurales de las paredes exteriores que influyan en este rendimiento. Cuando se instala aislamiento interior, las temperaturas de las partes exteriores de la pared bajan. Esto podría causar problemas de condensación en los periodos más fríos debido al mayor tiempo de secado. En caso de aislamiento adicional exterior, las temperaturas de las paredes aumentarán con respecto a la situación interior.

DESVENTAJAS:

- **SE REDUCE LA SUPERFICIE DEL SUELO**
- **SE MANTIENEN LOS PUENTES TÉRMICOS (RIESGO DE PUENTE FRÍO EN LA UNIÓN PARED-SUELO SI EL AISLAMIENTO NO ES ININTERRUMPIDO)**

VENTAJAS:

- **RELATIVAMENTE FÁCIL DE INSTALAR EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS, NINGÚN IMPACTO SOBRE LA ESTÉTICA DEL EDIFICIO**
- **NO EXISTEN GASTOS DE ANDAMIAJE ASOCIADOS A LA INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO INTERIOR**
- **PERIODO DE AMORTIZACIÓN MÁS CORTO COMPARADO CON EL AISLAMIENTO EXTERIOR**

Las ventajas y desventajas del aislamiento de huecos

Las paredes exteriores también pueden presentar espacios de aire que actúan como espacio de ventilación para las estructuras. En el caso de la renovación, a veces las cámaras de aire se han rellenado con materiales de aislamiento. Esta técnica mejora el rendimiento de la pared y se mantienen sus dimensiones. No implica cambios en la estética del edificio. También existe la posibilidad de que debido a la menor renovación de aire, dependiendo de las estructuras, y la

reducción de las temperaturas aparezcan problemas de humedad. El relleno de los huecos de aire se deberá analizar cuidadosamente caso por caso.

VENTAJAS: EL TAMAÑO DE LAS PAREDES NO CAMBIA

DESVENTAJAS: LAS PROPIEDADES DE TRANSFERENCIA CAMBIAN DEBIDO A LOS ESPACIOS ESTRECHOS Y CAPAS DE AISLAMIENTO.

Los materiales de aislamiento

Los materiales de aislamiento más comunes se pueden dividir en lanas minerales y espumas plásticas. Las lanas minerales incluyen lanas de roca y de fibra de vidrio. Las espumas plásticas más usadas son EPS (poliestireno expandido), XPS (poliestireno extruido) y PUR (poliuretano). PUR es el que tiene menor conductividad térmica, lo que significa que para un mismo Valor U se necesita un aislamiento más fino que los demás materiales.

Los materiales de aislamiento se venden en placas o como material de relleno. En el norte de Europa, donde hay una mayor tradición en el uso de aislamiento y en el mejoramiento del rendimiento energético debido a las rígidas condiciones climáticas, también se utiliza la lana de celulosa (material de aislamiento basado en la celulosa). Se han probado materiales de aislamiento avanzados, como los aislamientos transparentes y algunos nuevos tipos de materiales, pero todos estos productos se encuentran en etapa de desarrollo y a menudo no se encuentran disponibles a nivel comercial. A la hora de elegir el aislamiento, se debe tener en cuenta la normativa sobre incendios y seguridad, ya que una de las funciones de la envolvente de un edifico es la protección contra incendios.

Imagen 1. Productos de aislamiento de Fibras de Lino procedentes de plantas cultivadas con métodos biológicos, no contaminantes y con baja demanda energética, totalmente reciclable, biodegradable y compostable, duradero y ligero. Se caracterizan por su alta rigidez, por su capacidad de atenuar vibraciones y por su baja densidad en comparación con otras fibras. Son excelentes materiales para el aislamiento térmico y acústico, son ecológicos y tienen un bajo nivel de desgaste. Las Fibras de Lino se pueden usar para aislar tejados y suelos, y para crear cubiertas y capas ventiladas.

Información adicional: http://www.certus-project.eu Catalogue download area

El aislamiento se basa en aire estático, y el material de aislamiento contiene poros con aire. Si las fugas de aire no se bloquean, la lana mineral perderá parte de sus propiedades de aislamiento.

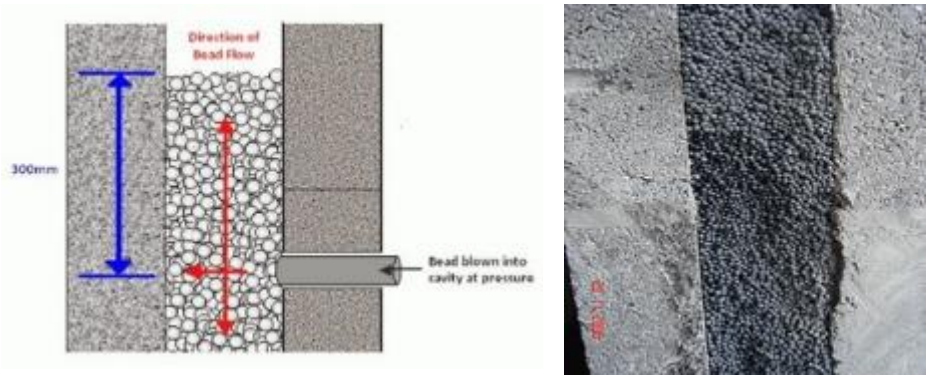


Imagen 2 El poliestireno es un aislamiento muy común, y si se emplea en formato de perlas se puede rellenar el hueco de una fachada existente, mejorando su aislamiento. Las perlas de poliestireno se inyectan dentro del hueco de la pared con un agente adhesivo a través de unos huecos realizados en el lateral de la fachada. Las perlas y el adhesivo se solidifican para formar una barrera de aislamiento, y esto reduce significativamente la cantidad de calor que se pierde a través de las paredes.

Información adicional: http://www.certus-project.eu Catalogue download area

A la hora de la renovación, es importante que la instalación se realice correctamente y evitar la infiltración de aire incontrolado. Se debe de verificar el rendimiento de la parte exterior de la pared en esta unión; la barrera de vapor, si se requiriese, deberá estar en su posición adecuada y bien instalada, además de instalar una barrera para el viento. Si se estuviese infiltrando el aire y la humedad a través de la pared (viento y lluvia), se causarán mayores daños a largo plazo y el aislamiento se degradará.

Espesor adecuado del aislamiento exterior de la envolvente

El espesor óptimo del aislamiento de la envolvente depende de un número considerable de parámetros, tales como las condiciones climáticas y microclimáticas del lugar, la exposición y orientación del edificio y las cargas térmicas interiores. El espesor óptimo del aislamiento de la envolvente se puede calcular mediante las distintas opciones de renovación CERtuS, los cuales se han investigado desde un punto de vista económico y energético. Existen varias herramientas de cálculo disponibles para evaluar el espesor óptimo. Los detalles de esta optimización se encuentran en la sección A.1.5.

Soluciones alternativas al aislamiento adicional de fachadas

Si el aislamiento adicional de fachadas no fuese una elección viable, existen otras soluciones alternativas. Estas opciones se pueden evaluar usando cálculos de eficiencia energética. En este caso también existen varias herramientas de cálculo de eficiencia energética en el mercado. El objetivo es conseguir el mismo nivel de ahorro energético que cuando se usan otras soluciones técnicas.

A menudo la eficiencia de la ventilación se mejora incrementando la recuperación de calor del sistema de ventilación, optimizando el tiempo de funcionamiento de la ventilación o ajustando la velocidad de intercambio de aire (si la velocidad de ventilación es mayor de lo necesario). Otra solución es aumentar el aislamiento del ático. El aislamiento del ático mediante lanas de relleno suelto es una solución barata.

Otra opción es cambiar y/o revestir las ventanas si no se puede aplicar aislamiento exterior. Si no se puede aislar el exterior, siempre se puede instalar aislamiento interior adicional.

En muchos casos la sustitución de aislamiento adicional se tiene que compensar con varias operaciones independientes. Anticipando algunos conceptos que se desarrollarán más adelante, pero siempre relacionado con este tema, se presentan a continuación algunas soluciones.

Una solución es reducir el consumo de la electricidad, por ejemplo, cambiando el sistema de iluminación por lámparas de menor consumo (LED). El cambio de elementos de iluminación también reducirá la carga térmica si se compara con aquella producida por bombillas. Otra solución es la producción de energía, como, por ejemplo, añadir sistemas de agua caliente alimentados con energía solar, instalar paneles solares para la producción de electricidad, el uso de la energía eólica y aumentar la eficiencia de los sistemas de refrigeración, si hubiese. El ajuste de los puntos de consigna de sistemas de automatización y control pueden generar ahorros del 5-10% en el mejor de los casos. En todos los casos se deben de comprobar el ajuste de los sistemas. El uso de varias soluciones puede generar resultados que cumplan con los requisitos. El objetivo es llegar a la misma reducción de consumo que se obtendría con el aislamiento adicional mediante medidas de ahorro alternativos, y si fuera posible, con el mismo periodo de amortización.

La estrategia a adoptar es la de optimizar el rendimiento del edificio, el consumo de energía y el ambiente interior mediante sistemas de medición y reporte.

A.1.3 ENVOLVENTE DE EDIFICIO TRANSPARENTE

La contribución de elementos transparentes a las pérdidas de calor y ganancias solares

Aislamiento transparente

El uso de elementos transparentes se puede considerar como una solución en algunos casos. Si hay salas que necesitan mucha luz natural, pero en la que también se quiere reducir sus pérdidas de calor, existen elementos transparentes que pueden servir de solución alternativa.

El uso comercial de elementos de aislamiento transparente sigue estando en una fase temprana, aunque existen soluciones técnicas de aislamiento transparente disponibles. Dependiendo del precio, hay varias opciones de aislamiento transparente y en algunos casos quizás se considere su uso.

Las funciones de la ventilación y los suministros energéticos especialmente en los climas mediterráneos

Lo esencial es tener una velocidad de intercambio de aire y unas condiciones interiores adecuadas. Si la temperatura interior se mantiene al nivel adecuado, se necesitará refrigeración. Se debe optimizar la carga de refrigeración y el suministro eléctrico: la carga de refrigeración necesaria depende de las pérdidas de calor que se producen a través de las ventanas y paredes, la reflectividad de las ventanas, la velocidad de ventilación y la eficiencia de la ventilación (lo que implica que el intercambio del aire cubra toda la habitación). Lo primero es optimizar la necesidad de refrigeración y lo segundo tener un sistema eficiente de refrigeración. En muchos países existen requisitos relacionados con la temperatura interior. Muchos estudios muestran que la eficiencia de trabajo disminuye si la temperatura de la habitación sobrepasa un cierto nivel.

Las soluciones pasivas de control de luz natural son muy interesantes, por ejemplo, revistiendo las ventanas e instalando sistemas de sombreado. La iluminación natural reduce la necesidad de electricidad.

Otro aspecto a tener en cuenta es que se debe evitar la demanda simultánea de calefacción y refrigeración. Lo cual suele ser muy típico de descubrir en las auditorías de energía.

A.1.3.1 Ventanas

El cambio de ventanas es una de las medidas de renovación más utilizadas. En el parque antiguo de edificios el Valor U de las ventanas puede ser muy alto y su rendimiento muy bajo. El Valor U de las ventanas antiguas es mucho más alto que el Valor U de la pared existente, y aún después de la renovación la resistencia térmica de las ventanas, puede seguir siendo más bajo que el restante de la envolvente del edificio.

En el mercado hay disponibles ventanas de alto rendimiento, que también pueden reducir el efecto de la radiación solar y la demanda de carga de refrigeración. La instalación de elementos de sombreado exteriores se puede realizar a la vez que se sustituyen las ventanas, o se puede realizar por separado. Las condiciones de iluminación también dependen de las ventanas, pero durante la renovación no se aumenta la superficie de las aberturas de forma significante a no ser que se diseñen aberturas nuevas, por ejemplo, en el tejado. Las razones por las que se sustituyen las ventanas se resumen a continuación:

- para mejorar el rendimiento térmico de la envolvente del edificio y reducir las pérdidas de calor a través de las ventanas
- para reducir la carga de refrigeración mediante revestimientos
- para reducir las pérdidas de aire mediante la mejora de su estanqueidad

Si no se realizan cambios al sistema de ventilación, tanto naturales como mecánicos, se debe de asegurar el suministro de aire adecuado sin corrientes de aire.

La sustitución de ventanas se debe planificar con cuidado, y además se debe tener en cuenta si existen limitaciones a la hora de cambiar la estética de las fachadas. El llevar a cabo la sustitución de la ventana implica una reparación y renovación (nuevos selladores, etc.). Los

periodos de amortización de las inversiones se deben evaluar caso por caso. También se debe tener en cuenta el impacto sobre el ambiente interior y el confort térmico.

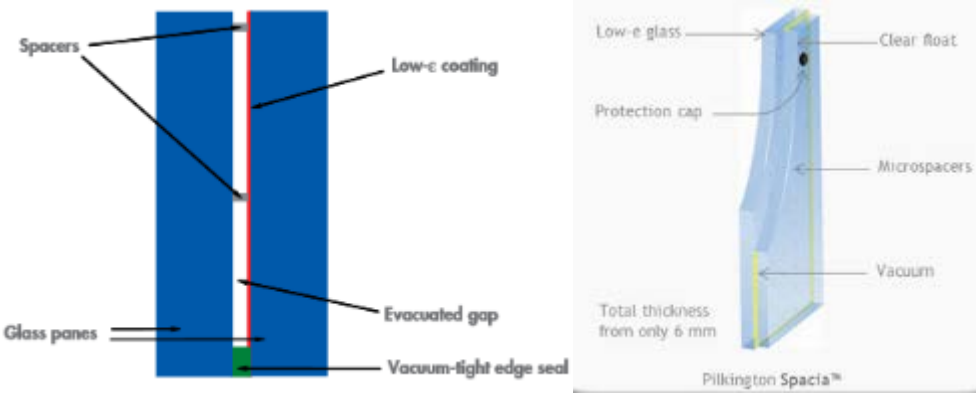


Imagen 3. El vidrio aislado al vacío (VIG, por sus siglas en inglés) consiste en un acristalamiento formado por una lámina de vidrio exterior de baja emisividad y una lámina interior de vidrio flotante transparente, con un vacío entre las dos en vez de aire o cualquier otro tipo de gas. El resultado es un rendimiento térmico excelente de una unidad que es menos grueso que uno estándar.

Lo mejor forma de usar este producto es solo cambiar el acristalamiento en un marco de ventana de madera que esté en buenas condiciones, ya que en la mayoría de los casos no será necesario cambiar los marcos de la ventana, que ya tendrán un buen comportamiento térmico. En otros casos será necesario cambiar la ventana al completo.

Información adicional: http://www.certus-project.eu Catalogue download area

A.1.3.2 Mejores Valores U y una barrera contra la radiación solar

Prevención de fugas de aire

Una de las fuentes mayores de pérdida energética en un edificio es la fuga de aire. Las fugas de aire también complican el control de la ventilación, ya que son incontrolables. Si el edificio posee ventilación natural, el suministro de aire se realizará principalmente a través de las unidades de suministro de aire localizados en el marco de la ventana (o en las paredes). Se deben hermetizar las ventanas y disponer los canales de suministro de aire. En la ventilación mecánica con recuperador de calor, el suministro de aire se puede calentar con el aire expulsado; en la extracción mecánica y la ventilación natural no existe

ningún intercambio de calor entre el aire suministrado y el expulsado. Se debe prestar atención especial a la calidad del aire suministrado, el cual puede incluir impurezas.

Las ventanas desempeñan un papel importante a la hora de cumplir con los objetivos de ahorro energético durante la renovación de un edificio. Las fugas de aire pueden causar una sensación de corriente de aire, y para evitarlo, la reacción más común es aumentar la temperatura de la habitación, con el consiguiente aumento en el consumo de energía.

El mantenimiento de las ventanas es otro de los factores importantes a considerar a la hora de elegirlos.

Descripción de los tipos de ventana y su efectividad

Las ventanas se pueden dividir en distintos tipos dependiendo del número de cristales: de 1, 2 o 3 cristales. Las ventanas de doble acristalamiento pueden ser ventanas térmicas si existe algún gas entre los cristales. Las ventanas se pueden revestir usando un revestimiento reflectante o recubrimiento filtrante. Además, se deberán de realizar cálculos sobre el rendimiento de las ventanas para elegir el tipo de ventana más adecuado. Otro aspecto importante, además del Valor U, es cómo se instalan estas ventanas.

A.1.4 VERIFICACIÓN DEL RENDIMIENTO

Después de haberse fijado los requisitos del rendimiento del edificio, debe de existir un procedimiento y herramientas para controlar y verificar el rendimiento durante el proceso de implementación y durante la fase de uso. Si no, no habrá manera de calcular el nivel de rendimiento, compararlo con cifras anteriores y, por lo tanto, evaluar el ahorro.

Existen procedimientos sistemáticos para el control de calidad y rendimiento: el Comisionamiento es un método que se aplica para optimizar el rendimiento energético en los proyectos de renovación de edificios. Garantiza que los sistemas de construcción cumplen con su diseño y que funcionan e interactúan de la mejor manera posible y acorde a las necesidades del propietario. El procedimiento de Comisionamiento es un método global de evaluación de calidad que cubre la vida útil del edificio. El aspecto clave es la capacidad de medición que existe en el edificio. El proceso de renovación se puede

comparar con un proceso industrial, que se encuentra constantemente controlado mediante distintas medidas, análisis e informes, con el objetivo de conseguir la producción planificada.

Es necesario proporcionar al edificio de un sistema de medición adecuado con el fin de, entre otras cosas, controlar el consumo energético y el ambiente interior. Normalmente, las herramientas de un Sistema de Automatización de Edificios sirven para que operen bien los servicios de un edificio, y estas no satisfacen las necesidades de control de edificio al nivel requerido.

La planificación de mediciones es uno de los aspectos de una renovación energética acertada. Además, se necesitan tomar ciertas medidas y realizar ciertas operaciones in situ para el diseño de renovación y para verificar el rendimiento durante las fases de implementación y uso. Las mediciones y su supervisión pueden ser una de las partes de un modelo de información de construcción[2] (BIM, por sus siglas en inglés).

Prueba de estanqueidad

La estanqueidad de la envolvente de un edificio se puede verificar antes y después de la renovación mediante una prueba de estanqueidad. Se puede realizar a una parte del edificio o al edificio entero. Hay dos formas de realizar la prueba de estanqueidad: mediante la prueba de soplador en las puertas[3] o el sistema de ventilación en sí. El uso del sistema de ventilación tiene sus limitaciones; deben tener ventiladores regulados por frecuencia para controlar el flujo de aire o, por lo menos, ventiladores multietapa.

El objetivo de la prueba de estanqueidad es causar una bajada de presión entre el interior y el exterior usando sopladores en las puertas.

Según los estándares de práctica, se deben generar diferencias de presión negativas y positivas de 50 Pa por toda la envolvente y medir el flujo de aire que mantiene la diferencia de presión. Este flujo de aire medio a +50 Pa y -50 Pa se divide entre la superficie medida (q50) de la

[2] El BIM proporciona datos completos sobre el proceso de construcción y el edificio a lo largo de la vida útil en formato digital.

[3] Un sistema o más unidades.

envolvente del edificio o por el volumen interior medido (n50). Estos resultados, q50 o n50 (el valor de ambos se expresa en 1/h, intercambios de aire por hora), expresan el nivel de estanqueidad. Este método está homologado (EN 1329). Las vías de escape de aire se pueden localizar y definir mediante termografías y de pruebas de humo. El uso de termografías requiere una diferencia de temperatura suficiente entre el interior y el exterior.

Usando el sistema de ventilación del edificio

La velocidad de rotación y la eficiencia de los ventiladores regulados por frecuencia se pueden modificar sin escalonamientos. La bajada de presión necesaria se puede realizar parando el/los ventilador/es de suministro de aire (bajada negativa de presión sobre la envolvente) o los ventiladores de extracción (bajada positiva de presión sobre la envolvente). Mediante una caída de presión y la medición del flujo de aire necesario para mantener esta caída de presión es posible crear una curva de flujo de aire y definir el valor de estanqueidad a una diferencia de presión de 50 Pa.

Otras pruebas

Una de las pruebas más importantes es la termografía del edificio. Se basa en la radiación térmica, cuya intensidad es proporcional a la temperatura de superficie del objeto. Mediante la termografía se pueden detectar los puentes térmicos y las pérdidas de calor, pero debe haber una diferencia térmica lo suficientemente grande para poder usarse con garantías (10ºC). Además, las condiciones climáticas exteriores deberán ser lo suficientemente estables antes de realizar la termografía. La radiación solar y el viento fuerte especialmente limitan la termografía a la hora de realizar las mediciones. La termografía de edificios está controlada por las normas ISO y EN.

La termografía normalmente se lleva acabo tanto dentro como fuera del edificio. El operario debe estar cualificado, porque el método en sí mismo, especialmente ahora que han bajado los precios de los dispositivos, parece ser simple, pero tanto el escaneado como su interpretación requieren gran pericia. La termografía interior y exterior se puede realizar en dos fases: en condiciones normales de operación y en condiciones presurizadas (exterior) / despresurizadas.

A continuación, presentamos algunas investigaciones realizadas sobre las fachadas norte y este del edificio Monte dei Pegni, que se encuentra en el centro histórico de la ciudad de Vittorio Veneto (TR), Italia. El edificio fue anteriormente un edificio de apartamentos, pero se ha proyectado cambiarlo a un edificio de uso residencial y para oficinas. El edificio tenía un sistema de ventilación natural y un sistema de calefacción de radiadores de agua, parcialmente controlados por ventiloconvectores.

Las mediciones mostraron que las estructuras de la pared exterior variaron mucho. Se encontraron, construcciones en el subsuelo, aberturas cubiertas, puentes térmicos, estructuras desiguales, etc. Algunos de estos descubrimientos se han tenido en cuenta en el diseño de renovación.

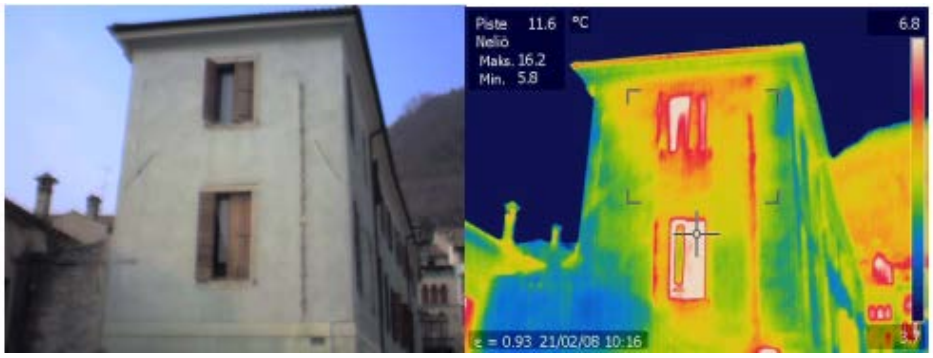


Imagen 4. Imagen térmica para detectar discontinuidades debajo de la superficie, usando un rango de entre 3,7° y 6,8° para la termografía de escaleras. Se puede ver una temperatura diferente en la superficie de los materiales en los lugares interiores calefactados. Cada combinación de tipo de estructura de mampostería a investigar requiere una calibración IR específica

Imagen 5. Distribución de humedad y el aumento de humedad mediante termografía

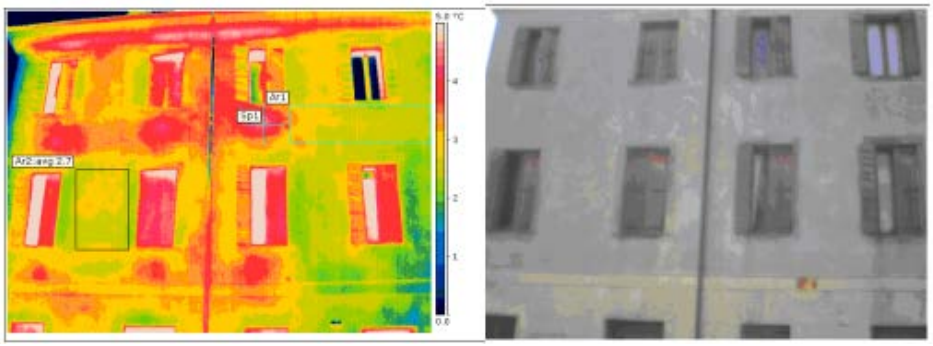


Imagen 6. La parte superior de la fachada por la mañana antes de darle el sol. Se puede visualizar los radiadores y las tuberías de los pisos intermedios.

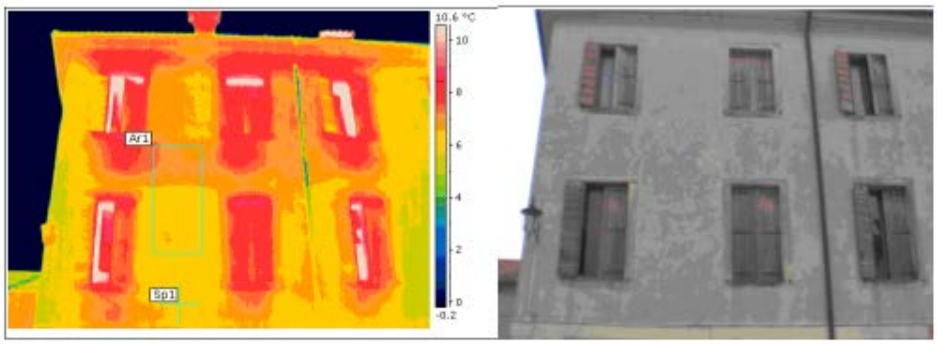


Imagen 7. La misma fachada cuando recibe radiación solar. La fuente de calor externa elimina los detalles estructurales

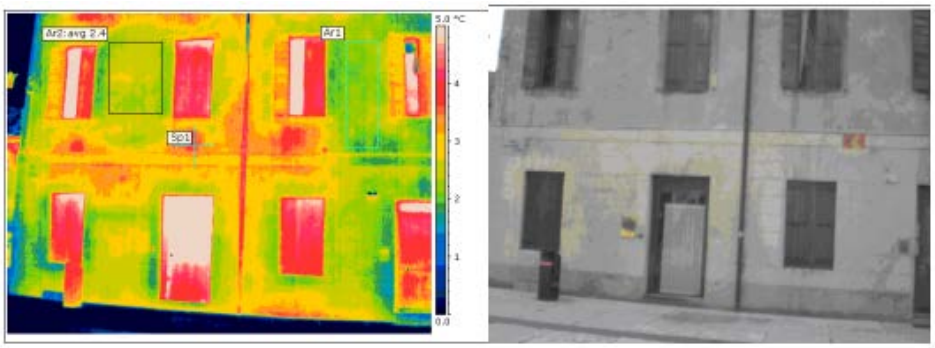


Imagen 8. Parte baja de la fachada por la mañana. Se puede ver un hueco de una puerta anterior entre la ventana y la puerta

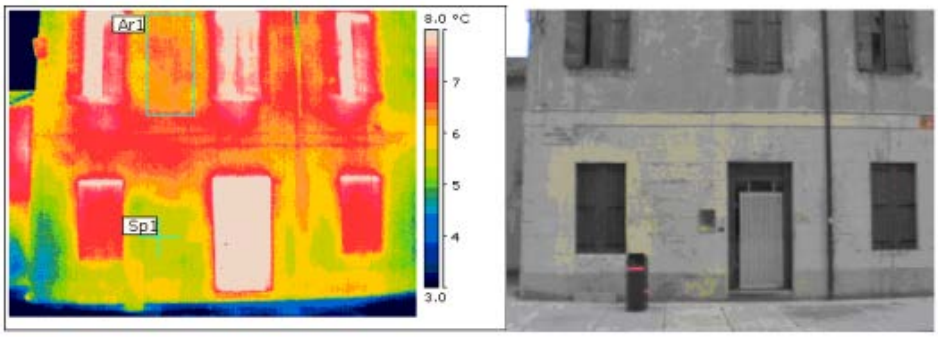


Imagen 9. Parte baja de la fachada durante la radiación solar. No se puede ver la antigua abertura en la pared

También existen otras herramientas que sirven para medir el rendimiento de la envolvente del edificio. Un método consiste en usar medidores de flujo de calor, por los que se pueden determinar el Valor U de la pared con el apoyo de una termografía. El método proporciona un valor aproximado y tiene sus restricciones.

La termografía se debe realizar antes de que el sol afecte la superficie. Las mediciones se pueden repetir durante el periodo de calentamiento y durante el periodo de enfriamiento. Durante el calentamiento y el enfriamiento se pueden llegar a observar las estructuras deslaminadas y distintos elementos estructurales, dependiendo de las diferentes capacidades térmicas. Al usar la termografía dinámica en condiciones cambiantes es posible detectar fenómenos de delaminación y en algunos casos la existencia de humedad en las estructuras.

Comisionamiento

Las medidas in-situ antes y después de la renovación, la planificación de instrumentos adicionales, la supervisión, los informes de desarrollo y otras acciones relacionadas con el rendimiento pueden formar parte del procedimiento de Comisionamiento, que implica que el edificio cumpla con los requisitos esperados, es decir, rinda tal y como se ha diseñado. Es muy importante que las necesidades del propietario se hayan fijado adecuadamente y se supervisen. El propietario del edificio también puede establecer Indicadores de Claves de Desempeño que describan el rendimiento del edificio. Al supervisar estos indicadores, los responsables de las instalaciones y el personal de mantenimiento pueden observar si se alcanzan o no los objetivos de renovación. Esto también implica que las herramientas de medición se diseñarán e instalarán antes de la renovación, si se necesitasen medidores adicionales.

En el Comisionamiento de la envolvente del edificio, el responsable del Comisionamiento puede utilizar varias listas de control, los cuales se encuentran disponibles en distinta bibliografía sobre Comisionamiento. El Comisionamiento se divide en el comisionamiento de intenciones y detalles del diseño y en la verificación durante la fase de construcción. Es bastante común que los problemas de rendimiento de la envolvente del edificio sean por errores de diseño; los detalles que afectan el rendimiento térmico de la envolvente del edificio se deben identificar, incluirlos en los planos y presentarlos a pie de obra para que no haya

ningún malentendido. También se debe verificar el rendimiento de la envolvente del edificio durante los trabajos de construcción, prestando atención a cualquier característica que pueda debilitar el rendimiento (estanqueidad, puentes térmicos, defectos en el aislamiento, etc.).

Los Indicadores de Claves de Desempeño dependen del tipo de edificio y su uso. Si estos se definen, será más fácil instalar los medidores para actividades de control o para complementar las herramientas existentes. Hoy día hay mucha más oferta de sensores inalámbricos y métodos recopilación de datos mediante técnicas más baratas. Cabe destacar que una mayor medición no amplia la cantidad de información del edificio; los datos brutos deben de recopilarse desde los puntos adecuados, y es muy importante filtrar, procesar, convertir y analizar los datos recopilados. Las partes interesadas pueden poseer información de calidad sobre el rendimiento del edificio en Internet. Esto se traducirá en mayores esfuerzos a la hora de elaborar informes. Muchas veces no se tiene en cuenta que los datos brutos son inútiles si no se procesan según las necesidades del cliente. Se trata de gestionar según la información. El proceso de control y las soluciones encaminadas a verificar el rendimiento, además de los resultados finales, deben verse como un aspecto clave en la renovación energética. La reducción del nivel de consumo energético sin comprometer el ambiente interior debe ser el objetivo final de la renovación. Además, la mejora de las condiciones técnicas del edificio (reparar los desperfectos e incrementar la calidad del aire interior y el confort térmico) son resultados muy importantes, más cuando los datos de consumo de energía y el rendimiento energético no están al nivel planificado.

A.1.5 Ejemplo de reducción de demanda energética en la envolvente opaca: Ayuntamiento de Alimos, Municipio de Alimos, Grecia

El edificio piloto del Ayuntamiento de Alimos se encuentra cerca del mar, en el sureste de la zona metropolitana de Atenas. El edificio se construyó en 1986. El objetivo del diseño de renovación es conseguir un consumo de energía casi nulo, garantizando el confort térmico y visual, además de unas condiciones funcionales impecables.

La envolvente del edificio investigado está compuesta de una estructura portante de pared de doble ladrillo y hormigón armado. Las paredes están aisladas con aislamiento de poliestireno extruido de 5 cm,

instalado entre las dos capas. La losa de cubierta está aislada con aislamiento de poliestireno extruido de 4 cm. Hay un falso techo de fibra mineral en cada suelo.

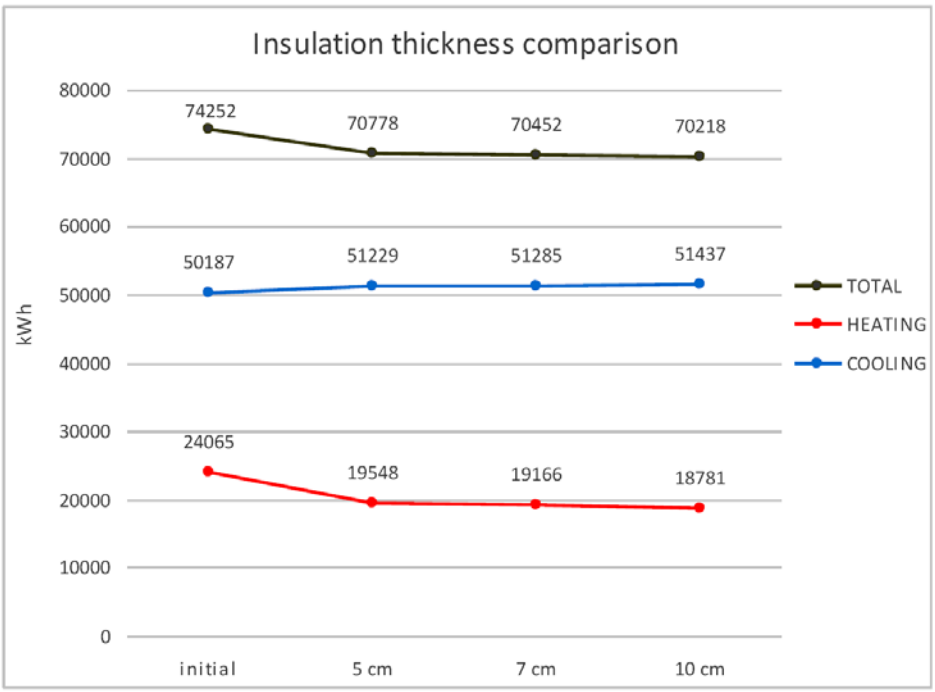
La envolvente del edificio está en buena condiciones, pero existen puentes térmicos considerables que reducen el Valor U general de la parte opaca en alrededor de 30%. Esto es debido al tipo de construcción de la pared (aislamiento instalado entre las dos capas), que dificulta eliminar los puentes térmicos.

Por lo tanto, se estudió añadir aislamiento adicional como una manera de mejorar las condiciones actuales. El impacto sobre el rendimiento energético del edificio durante todo el año se modeló usando el código de simulación. Con fines de elaboración de modelos, se consideró un aislamiento con una conductividad térmica 0,032 W/mK.

Se estudiaron tres valores de espesor distintos con éxito: 5 cm, 7 cm y 10 cm. Como podemos ver más abajo, al instalar un aislamiento exterior de 5 cm, se reduce el consumo de la calefacción en 4.517 kWh al año. Cualquier incremento del espesor de aislamiento no afecta de forma significante el consumo de energía. Además la instalación de un espesor de 10 cm no solo requeriría un presupuesto adicional, pero también trabajos estructurales adicionales para soportarlo adecuadamente. Por lo tanto, la opción más adecuada es añadir 5 cm de aislamiento exterior con un valor de 0,032 W/m^{2}K. Cualquier otra combinación también es adecuada. Esta situación se representa de forma clara en las cifras que se exponen más abajo, donde se compara el espesor de aislamiento para los tres edificios.

Además, al añadir el aislamiento exterior estudiado, se reduce el Valor U de las paredes de 0,526 W/m^{2}K a 0,272 W/m^{2}K y el Valor U del tejado de 0,451 W/m^{2}K a 0,250 W/m^{2}K.

	Before Retrofit		After Retrofit	
	Heating	Cooling	Heating	Cooling
Consumption (kWh)	24,065	50,184	19,548	51,229
Savings (kWh)	-	-	↓ 4,517	↑ 1,045
Savings (%)	-	-	↓ 19%	↑ 2%



: ENERGY PERFORMANCE ACCORDING TO DIFFERENT WIDTH OF INSULATION

A.1.6 REFERENCIAS

Stella Styliani Fanou, *Verso la sostenibilità degli edifici e delle città*, Aprile 2009, editor Regione Lazio.

Stella Styliani Fanou, Timo Kauppinen, Chiara Di Sarcina, Emanuela Martini, Angelo Tatì, *Thermal scanning of renovated historical buildings,* Proceedings of 8th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, 2010, Patras, Greece (also on line)

http://monubasin8.ntua.gr/index.php/monubasin/8thMONUBASIN

Timo Kauppinen, Markku Hienonen, *Monitoring Based Commissioning in Energy and Facility Management*, Proceedings of the Central European Symposium on Building Physics and BauSIM 2016, Dresden, Germany Stuttgart - Fraunhofer IRB, pp. 259-266

http://www.autodesk.com/solutions/bim/why-bim-and-benefits#explore

(S.F, E.M, A.G)

A.2 EL USO DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN, ILUMINACIÓN Y OTRAS TECNOLOGÍAS NUEVAS E INNOVADORAS DE ENERGÍA EFICIENTE

A.2.1.1 Sistema de climatización

Un sistema de climatización es una tecnología de confort ambiental para interiores. Sus tres funciones (calefacción, ventilación y aire acondicionado) se encuentran interrelacionados, especialmente en lo relativo a la necesidad de asegurar el confort térmico y la calidad del aire interior.

Calefacción

Un sistema de calefacción incluye una caldera, calentador o una bomba de calor para calentar el agua, vapor o aire. Estos sistemas pueden usar distintos tipos de combustible, entre ellos, combustibles sólidos, líquidos o gases. Otro tipo de fuente de calor es la electricidad, que tradicionalmente se utiliza para calentar resistencias, pero también se utilizan en bombas de calor que pueden extraer aire desde varias fuentes, por ejemplo, del aire ambiental o del suelo.

La distribución de calor se puede realizar a través del agua y vapor o aire. En el caso de agua calentada o vapor, el calor se transporta a las habitaciones mediante tuberías. Las calderas de agua caliente más modernas tienen una bomba de circulación que mueve el agua caliente a través de sistema de distribución. El calor se puede transferir al aire ambiental usando radiadores, baterías de agua caliente (aire-agua) u otros intercambiadores de calor. El agua caliente también puede alimentar a un intercambiador de calor auxiliar que proporcione agua caliente sanitaria.

Ventilación

La ventilación garantiza el cambio o sustitución de aire en cualquier espacio con el fin de controlar la temperatura o eliminar cualquier combinación de humedad, olor, humo, calor, polvo, bacterias transmitidas por el aire, dióxido de carbono y para reponer el oxígeno. Este sistema es uno de los factores más importantes a la hora de

mantener una calidad de aire interior aceptable en edificios, y se ocupa tanto del intercambio de aire con el exterior y como la circulación de aire dentro del edificio.

Los métodos usados para ventilar un edificio se pueden dividir en tipos naturales y mecánicos o forzados.

- Ventilación natural: es la ventilación que se asegura con ventanas, persianas o aberturas de ventilación operativas en espacios pequeños y cuando lo permite la arquitectura
- Ventilación mecánica o forzada: es la ventilación que se proporciona por una central de tratamiento de aire, ventiladores u otros sistemas mecánicos, y que se emplea para controlar la calidad de aire interior

Aire acondicionado

Un sistema central de aire acondicionado controla la refrigeración y humedad de todo o parte de un edificio. Los edificios con aire acondicionado normalmente tienen las ventanas selladas, ya que las ventanas abiertas podrían contrarrestar el esfuerzo realizado por el sistema en mantener constantes las condiciones de aire interior. El sistema normalmente se alimenta con aire fresco del exterior a través de una abertura de ventilación hacia la sección de intercambiador de calor interno, creando una presión de aire positiva.

Hay dos tipos principales de sistemas de aire acondicionado.

- Los sistemas split se instalan de forma fija y consisten de al menos dos unidades. La unidad exterior contiene un compresor y un condensador. La unidad interior contiene un evaporador y puede adoptar distintas formas; se puede colocar en el techo, pared, suelo o en un canal
- Los sistemas multisplit combinan dos o más unidades interiores con una unidad exterior. Las unidades interiores se pueden colocar en habitaciones distintas

A.2.1.2 Tecnologías Eficientes

En Europa los sistemas de climatización representan alrededor del 40% de consumo de energía en edificios comerciales y residenciales[4]. Desarrollar sistemas de climatización de energía eficiente es esencial, tanto para proteger a los consumidores de la subida de los costes de electricidad como para proteger al medioambiente de los efectos nocivos de las emisiones de gases de efecto invernadero, causados por el uso de aparatos eléctricos que son energéticamente ineficientes. Por lo tanto, se han desarrollado una amplia gama de tecnologías y estrategias para conseguir ahorros energéticos en los sistemas de climatización.

Imagen 10 presenta las principales estrategias para mejorar el rendimiento de los sistemas de climatización con el fin de reducir el consumo energético. Como se puede ver, estas tecnologías se pueden dividir en Sistemas de Compresión de Vapor (incluyendo sistemas de refrigeración por aire, por agua y por suelo), Sistemas de Refrigeración por Evaporación y otras configuraciones.

[4] Constantinos A. Balaras, Gershon Grossman, Hans-Martin Henning, Carlos A. Infante Ferreira, Erich Podesser, Lei Wang, Edo Wiemken, Solar air conditioning in Europe—an overview, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 11, Issue 2, February 2007, Páginas 299-314, ISSN 1364-0321, http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2005.02.003.

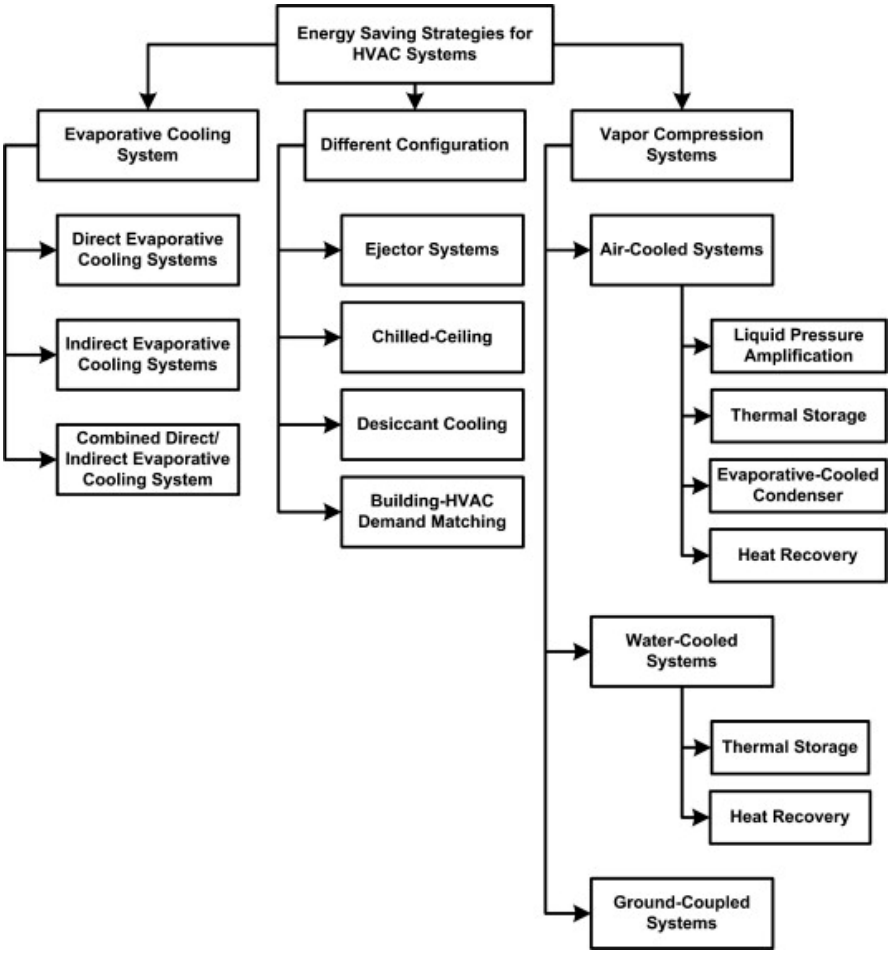
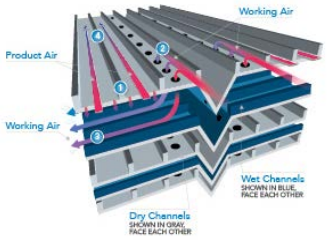


Imagen 10. Estrategias de ahorro energéticos en los sistemas de climatización[5]

Algunas de las mejores tecnologías disponibles para la refrigeración, calefacción y ambos simultáneamente se presentan brevemente en la Cuadro 1, Cuadro 2 y Cuadro 3, respectivamente.

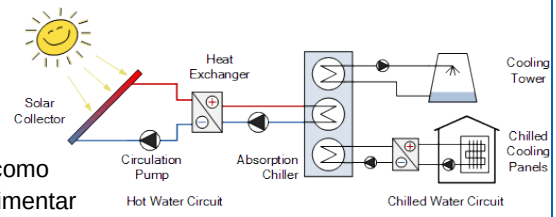
[5] Vahid Vakiloroaya, Bijan Samali, Ahmad Fakhar, Kambiz Pishghadam, A review of different strategies for HVAC energy saving, Energy Conversion and Management, Volume 77, January 2014, Páginas 738-754, ISSN 0196-8904, http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2013.10.023.

Refrigeración por Evaporación Usando el Ciclo Maisotsenko



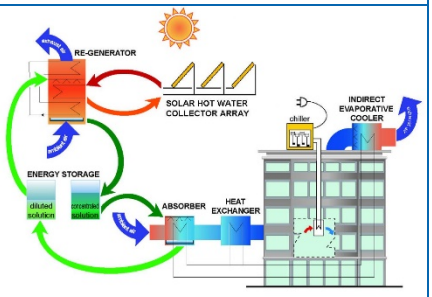
Este ciclo usa una geometría novedosa para maximizar la eficiencia de la refrigeración y para obtener temperaturas inferiores a la temperatura de bulbo húmedo. Las ventajas del ciclo Maisotsenko frente a los sistemas convencionales de refrigeración por evaporación son la posibilidad de conseguir temperaturas más bajas (generalmente inferiores a la temperatura de bulbo húmedo del ambiente), mayor eficiencia, menor consumo de agua y menores caídas de presión cuando no existe un medio poroso.

Sistema de Refrigeración Solar



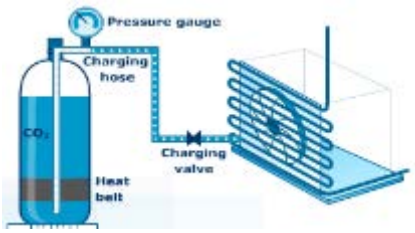
En dichos sistemas, los colectores solares se diseñan específicamente para proporcionar agua caliente. El sistema usa agua caliente o vapor como fuente de energía, o se puede alimentar con otros combustibles, como gas, queroseno o aceite. La flexibilidad de la unidad de refrigeración permite una operación continua del sistema, incluso en las horas sin sol. El sistema genera agua refrigerada que circula a través de los ventiloconvectores instalados. Las ventajas de este sistema son la reducción de espacio en aproximadamente un 30% y el incremento de la eficiencia de refrigeración en un 20% con respecto a los sistemas típicos de refrigeración solar.

Sistema de Refrigeración con Desecante Líquido-Ciclo de Absorción Abierto



En este sistema de aire acondicionado, el aire es deshumedecido y refrigerado por contacto directo con desecante líquido. En contraste con las tecnologías convencionales de aire acondicionado, este sistema funciona a base de calor. Como el calor requerido es de baja temperatura, el sistema puede incorporar colectores solares como fuente de calor. El aire acondicionado con desecante líquido de ciclo abierto es ideal para edificios de uso energético intenso con altas cargas latentes. Las ventajas de este sistema son el uso de agua como refrigerante, el almacenamiento químico de energía, la reducción de emisiones de CO_2, costes bajos de operación, control de niveles de temperatura y humedad y energía térmica gratis. Estos sistemas operan bajo cualquier condición ambiental, pero su efectividad está directamente relacionada con la presencia de sol (cuando opere impulsado por energía solar).

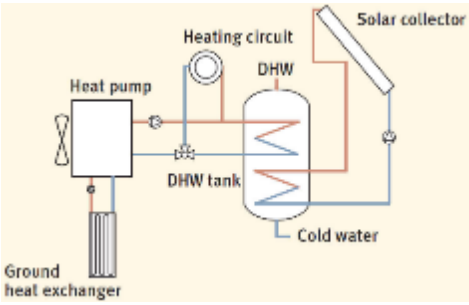
Sistemas de Refrigeración de CO_2



La inquietud en el uso de hidroclorofluorocarburos (HCFC) y hidrofluorocarburos (HFC) como refrigerante ha aumentado el interés por otros elementos químicos, como por ejemplo el dióxido de carbono (CO_2). Los sistemas existentes se pueden modificar para usar CO_2 como refrigerante. Las bombas de calor de CO_2 se pueden integrar con sistemas de agua caliente. Las ventajas de este sistema son una alta capacidad volumétrica, bajo coste de refrigerante (los costes de CO_2 son un 90% más bajos que los de HFC), menor carbón, posibilidad de utilizar las bombas y tuberías existentes para el circuito cerrado de salmuera/glicol, sistemas fiables y contrastados, mayor eficiencia energética y sistemas simples y compactos.

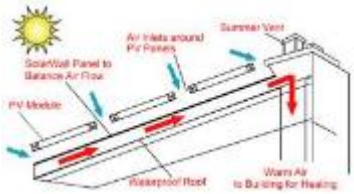
Cuadro 1. Ejemplos de tecnologías de refrigeración eficiente

Bomba de Calor Solar – Ciclo de Absorción Cerrado



El aire acondicionado solar / calefacción solar se alimenta de energía solar de los tubos de vacío de los paneles solares térmicos. La energía térmica se envía al refrigerador solar usando Propilengicol (o cualquier otra solución de transmisión de calor) y un sistema sencillo. La energía térmica recogida se utiliza como fuente de energía para el ciclo de absorción cerrado del refrigerador/bomba de calor. Las ventajas de este sistema son los costes bajos de funcionamiento, la ausencia de refrigerantes CFC, menos partes móviles, buen rendimiento y ausencia de compresor.

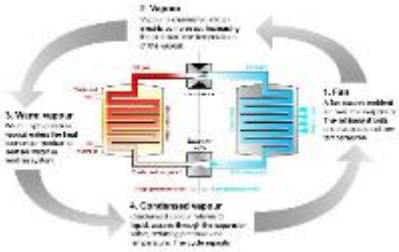
Energía Solar Combinada y generación de calor



Un sistema PV/T (fotovoltaico + solar) proporciona hasta un 300% de energía (en forma de electricidad solar + calefacción solar) más que un sistema fotovoltaico convencional. La energía térmica recogida de los módulos fotovoltaicos se lleva al sistema de climatización del edificio, donde sustituye la carga de calor convencional. La segunda ventaja de usar este sistema es que reduce la temperatura de funcionamiento de los módulos fotovoltaicos, lo que mejora el rendimiento eléctrico. Otras ventajas de este sistema son su mayor ahorro en costes durante su vida útil cuando se compara con un sistema fotovoltaico convencional; una gran disminución de gases de efecto invernadero; reducción de costes de electricidad y calefacción; y permite producir dos tipos de energía solar con solo una fuente de emisión de carbono.

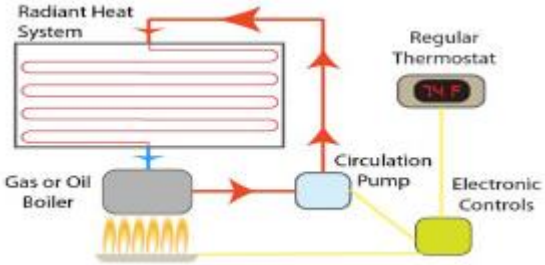
Cuadro 2. Ejemplos de tecnologías de calefacción eficiente

Bombas de Calor Aire-Agua



Las bombas de calor de aire absorben calor del aire exterior. Este calor puede ser entonces usado en radiadores, sistemas de calefacción radiante, vectores de aire y para calentar agua caliente en casa. El calor del aire es absorbido a baja temperatura por un fluido. Este fluido después pasa por un compresor donde se calienta y se transmite esta temperatura a los circuitos de calefacción y de agua caliente del edificio. Un sistema de aire-agua distribuye el calor a través del sistema de calefacción central por agua. Las ventajas de este sistema son facturas de calefacción y costes de mantenimiento más bajos, menor huella de carbono, fácil de integrar en la mayoría de sistemas de calefacción y es una alternativa de eficiencia energética al aceite, GLP y los sistemas eléctricos.

Sistemas Hidrónicos para Calefacción Radiante



Los modernos sistemas de calefacción radiantes se pueden implementar junto con los suelos calefactados con el fin de aprovechar el calentamiento del aire mediante convección y la temperatura radiante media. Debido a que el aire caliente asciende, un suelo calefactado calentará el aire que luego ascenderá y se distribuirá por el espacio. Los sistemas de refrigeración con tecnología radiante normalmente constan de vigas o paneles de techo refrigeradas, y se pueden implementar para aprovechar el enfriamiento del aire mediante convección y la temperatura radiante media. Debido a que el aire frío desciende, una viga refrigerada enfriará el aire que luego descenderá, y se distribuirá por el espacio. La principal ventaja de este sistema es la mayor eficiencia en comparación con los calentadores de zócalo, y normalmente también son más eficientes que los sistemas de calefacción de aire forzado, ya que elimina las pérdidas en los conductos. Otras ventajas son la gran variedad de fuentes de energía para calentar el líquido, la opción de almacenarlo como masa térmica y la ausencia de distribución de alérgenos.

Bomba de Calor Geotérmicas

Las bombas de calor geotérmicas usan la temperatura constante del suelo como un medio de intercambio en vez de la temperatura del aire exterior. Lo que ha aumentado el uso de estas bombas durante los últimos años ha sido la necesidad de reducir el coste energético. Por ello, se buscaron nuevas tecnologías que aumentaran el coeficiente de eficiencia energética de las bombas de calor geotérmicas. Estos sistemas alcanzan valores de bastante alta

eficiencia (300% a 600%) en las noches más frías de invierno, si lo comparamos con los valores de las bombas de calor de aire en los días fríos (175% a 250%). Por lo tanto, la ventaja principal es su alta eficiencia y el hecho de que utiliza una fuente de energía limpia, fiable y renovable.

Cuadro 3. Ejemplos de tecnologías de calefacción/refrigeración eficiente

A.2.1.3 Etiquetado Energético

Los sistemas de aire acondicionado cumplen con distintos requisitos de eficiencia de refrigeración y calefacción en base a la Normativa de Etiquetado Nº 626/2011[6]. La Etiqueta Energética (Imagen 11) define las clases de A+++ a G. Los modelos split con menor eficiencia que la clase B (refrigeración) / A (calefacción) ya no se permiten en el mercado desde Enero 2014.

I. Nombre o marca comercial del proveedor;
II. Identificador del modelo del proveedor;
III. Texto «SEER» para la refrigeración y texto «SCOP» para la calefacción;
IV. Eficiencia energética;
V. Respecto al modo de refrigeración: carga de diseño, en kW;
VI. Respecto al modo de calefacción: carga de diseño, en kW;
VII. Respecto al modo de refrigeración: valor SEER;
VIII. Respecto al modo de calefacción: valor SCOP;
IX. Consumo anual de energía, en kWh al año;
X. Niveles de potencia acústica, expresada en dB(A);
XI. Mapa de Europa que muestra tres estaciones de calefacción indicativas y sus respectivos cuadrados de color.

Imagen 11. Etiquetado para sistemas reversibles de aire acondicionado D

[6] http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:178:0001:0072:EN:PDF

La clasificación del etiquetado se define en base a la eficiencia de la función de refrigeración y de la función de calefacción, de acuerdo con Cuadro 4. El Factor de Eficiencia Energética Estacional (SEER) indica la eficiencia energética de la función de refrigeración. Se calcula en base a varias medidas de carga parcial de acuerdo con la normativa de Etiquetado Energético. Cuanto mayor es el SEER, mayor es la eficiencia de este producto. El Coeficiente de Rendimiento Estacional (SCOP) indica la eficiencia energética de la función de calefacción. Se calcula de forma análoga al SEER y cuanto mayor es el SCOP, mayor es la eficiencia del producto.

Eficiencia Energética	SEER	SCOP
A+++	SEER ≥ 8,50	SCOP ≥ 5,10
A++	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SEER < 5,10
A+	5,60 ≤ SEER < 6,10	4,00 ≤ SEER < 4,60
A	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SEER < 4,00
B	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SEER < 3,40
C	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SEER < 3,10
D	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SEER < 2,80
E	3,10 ≤ SEER < 3,60	2,20 ≤ SEER < 2,50
F	2,60 ≤ SEER < 3,10	1,90 ≤ SEER < 2,20
G	SEER < 2,60	SCOP ≥ 1,90

Cuadro 4. Clases de eficiencia energética para sistemas de aire acondicionado, excepto los conductos dobles y conductos simples

A.2.1.4 Ejemplo de Renovación del Sistema de Climatización

Edificio "Kapitain Etxea" – Errenteria (España)

El edificio tiene ventilación forzada en la habitación principal del segundo piso, pero el resto del edificio no cuenta con ningún sistema de climatización o ventilación forzada. La ventilación forzada se lleva a cabo mediante ventiladores centrífugos de doble aspiración (con una potencia 6,5 kW), complementados con un aparato de recuperación de calor que extrae el calor del sistema de calefacción para calentar el aire que se está moviendo.

El sistema de calefacción se ha diseñado para calentar todas las habitaciones del edificio y consiste de un sistema de instalación bitubular de radiadores de agua caliente. El sistema de suministro es una caldera de gas natural instalado en el Ayuntamiento, otro edificio municipal a 350 m. Esta caldera (con una COP de 0,88 y una potencia total instalada de 2326 kW) produce agua caliente dependiendo de las necesidades del Ayuntamiento y Kapitain Etxea. El agua caliente se distribuye por el edificio mediante tubos no aislados enterrados bajo la calle. Una vez que los tubos entran al edificio, la red se ramifica en colectores con el fin de llegar a los distintos radiadores de calefacción.

La caldera, instalada en el Ayuntamiento, se controla mediante un sensor de temperatura externa. Este sistema no es muy efectivo en términos de eficiencia energética. El control principal del edificio estudiado depende de las condiciones de otro edificio. Dentro de Kapitain Etxea, todos los radiadores se manejan manualmente mediante válvulas que regulan el flujo de agua.

Se sustituirán los elementos de los sistemas de climatización con el fin de evitar el uso de radiadores de climatización y la calefacción radiante que hay debajo del suelo de madera. En estas condiciones, se ha decidido en una solución mediante una Central de Tratamiento de Aire (AHU) que englobe a todos los sistemas de climatización. Esta solución tiene ventajas y desventajas, los conductos de aire serán mayores y la AHU será de mayor tamaño. Aun así, solo se requiere un sistema, y esto es una ventaja para este tipo de edificios, donde existe una falta de espacio. Hoy día, la presencia de conductos de aire al descubierto está aceptada si se diseña bien y se instala correctamente. Además, el mantenimiento será más sencillo debido a que es un solo sistema. La idea es instalar una AHU con recuperador de calor en el lado de extracción, el cual mejorará la eficiencia de este sistema. Los dos flujos de aire pasan a través del núcleo del intercambiador de calor donde el calor del aire de extracción se mezcla con el aire entrante, que es más frío. Así, el aire fresco que se suministra al edificio está precalentado, reduciendo la energía necesaria para conseguir las condiciones pre-fijadas. Luego, el aire entrante se distribuye de forma homogénea a todas las habitaciones y espacios mediante los conductos. Un esquema general del sistema propuesto se encuentra representado en la Imagen 12.

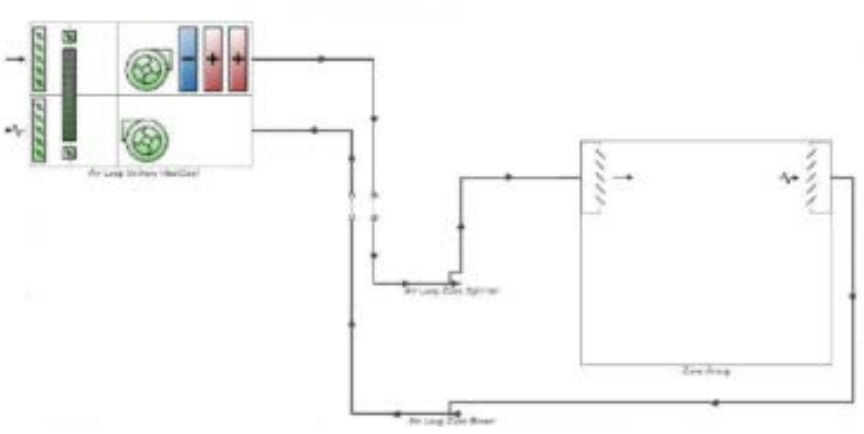


Imagen 12. Esquema General del Sistema de Calefacción Propuesto

Las cargas de las distintas zonas se calculan con el software EnergyPlus, considerando la renovación acordada con el Municipio de la envolvente del edificio. Por lo tanto, el sistema de climatización estará diseñado acorde a la reducción de demanda de energía que se conseguirá mediante estas acciones, requiriendo una carga total de calefacción de 23,47 kW y una carga total de refrigeración de 12,55 kW. Los sistemas se eligieron y modelaron en el software según estas cargas.

Una vez que se define el sistema de climatización, es posible evaluar de consumo total de energía del edificio renovado (reducción demanda energética + implementación de nuevo sistema de climatización), considerando los mismos parámetros para las simulaciones. El Cuadro 5 refleja el consumo final de energía de Kapitain Etxea tras implementar todas las medidas de aislamiento y el nuevo sistema de climatización, consiguiendo unos ahorros en el consumo final de energía del 63,7%.

	Base (kWh)	Renovación (kWh)
Bombas/Ventiladores	287,68	3.058,28
Calefacción	54.383,13	13.929,11
Refrigeración	642,41	3.108,63
Total	**55.313,22**	**20.096,02**
Ahorro (kWh)		**35.217,2**

Ahorro (%)		**Una reducción del consumo de energía del 63,7%**

Cuadro 5. Consumo y ahorro energético del sistema de climatización de Kapitain Etxea

A.2.2 ILUMINACIÓN

Además de influir sobre el bienestar físico y emocional de los ocupantes del edificio, el sistema de iluminación interior de un edificio es una gran fuente de calefacción interior y un consumidor principal de energía eléctrica, siendo el consumo de la iluminación en las oficinas en la EU-27 el que mayor cuota de consumo de electricidad se registra en el sector terciario con un 21,57%[7]. Implementar un sistema de iluminación de energía eficiente de alta calidad que se alimenta tanto de fuentes naturales como eléctricas puede proporcionar para los ocupantes del espacio un ambiente interesante tanto desde un punto de vista visual como de confort. Los equipos actuales de iluminación de energía eficiente se pueden usar para reducir los costes de operación de la iluminación y aumentar su calidad, reduciendo así el impacto medioambiental y promocionando la productividad laboral y la salud[8].

A.2.2.1 Lámparas

Las bombillas halógenas, las lámparas fluorescentes y los LED tienen sus ventajas y desventajas, y son una buena opción dependiendo para que aplicación.

Lámparas Halógenas

Las lámparas halógenas son básicamente lámparas incandescentes avanzadas, ya que su tecnología también se basa en el calentamiento del filamento que emite la luz. Sin embargo, contienen un gas halógeno en su interior a alta presión que permite llegar a mayores temperaturas. Además, al reaccionar con los vapores del filamento, su durabilidad se prolonga. La lámpara halógena es la tecnología de iluminación menos eficiente disponible en el mercado europeo. A pesar de que no se

[7] P. Van Tichelen, B. Jansen, T. Geerken, M. Vanden Bosch, V. Van Hoof, L., Vanhooydonck, A. Vercalsteren: Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs, Project Report, Lot 8: Office lighting, July 2007

[8] https://www.wbdg.org/resources/efficientlighting.php

recomienda su uso masivo, se usan muchos tipos de lámparas halógenas en los edificios públicos.

- Bombilla | usada en la actualización de lámparas incandescentes;
- Spot | para uso en altos voltajes (GU10) y bajos voltajes (GU5.3);
- Lineal | generalmente usados en lámparas dirigidas con alta potencia.

El Cuadro 6 presenta algunas características particulares y tipos de lámparas halógenas.

Características Particulares	
Temperatura del Color Solo cálida (color amarillo)	
Índice de Reproducción del Color Máximo (100)	
Eficiencia Energética En el mejor de los casos solo Clase B	

Cuadro 6. Características particulares y tipos de lámparas halógenas

El Cuadro 7 presenta las ventajas y desventajas principales de las lámparas halógenas.

Ventajas	Desventajas
• Luz brillante • Excelente reproducción del color • No requiere tiempo de calentamiento para llegar al máximo flujo luminoso • Regulables (de 0 a 100% del flujo luminoso)	• Baja eficiencia, por lo tanto alto consumo (de 2 a 4 veces más alto que otras tecnologías) • Poca duración (normalmente entre 2.000 y 3.000 horas) • Alta temperatura en la superficie de la lámpara • A pesar de su bajo precio inicial, su coste es alto durante su vida útil

Cuadro 7. Ventajas y desventajas de lámparas halógenas

Lámparas Fluorescentes

Se pueden definir dos tipos distintos de lámparas fluorescentes: lineales y compactos. Las lámparas fluorescentes lineales (LFL) son tubulares y tienen un balasto externo (aparato para controlar la lámpara). Los fluorescentes compactos no son lineales y pueden tener un balasto externo y ser de pines o tener un balasto integrado y ser tipo Edison. En este caso se llama lámpara fluorescente compacta (CFL, por sus siglas en inglés).

Todos los tipos emiten luz según el mismo principio. Contienen mercurio y una capa fluorescente, con distintos tipos de fósforo, en su interior. Cuando se aplica voltaje, el mercurio se vaporiza y emite una radiación ultravioleta que se convierte en luz blanca en cuanto pasa por la capa fluorescente. La temperatura del color de la lámpara dependerá de la composición de la capa. Las lámparas fluorescentes lineales se usan mayormente en los edificios públicos. Dada su distribución de luz indirecta y alto flujo luminoso, se instalan en los techos, proporcionando así una luz de calidad a una zona abierta.

Según el diámetro del tubo, pueden ser:

- T5 | 16 mm (más eficiente)
- T8 | 26 mm
- T10 | 33,5 mm (menos eficiente de los últimos tres)
- T12 | 38 mm (se prohibió en el mercado debido a su ineficiencia)

El Cuadro 8 presenta algunas características particulares y tipos de lámparas fluorescentes lineales.

Características Particulares	
Temperatura del Color Mayormente fría (blanco-azul)	
Balasto Siempre externo a la lámpara	
Dispersión de luz Muy amplia	
Flujo luminoso Generalmente, altos valores lumen	

Cuadro 8. Características particulares y tipos de lámparas fluorescentes lineales

Las lámparas fluorescentes compactas son una buena solución cuando el objetivo es conseguir una alta eficiencia a bajo coste, con una salida de lumen baja. Por lo que, se usa cuando unos niveles intermedios de iluminación son aceptables. El balasto electrónico ya viene incorporado a la lámpara, convirtiéndolo en una solución de actualización rápida.

Hay cuatro formas de CFL:

- Bombilla
- Tubo
- Espiral
- Vela

También existen CFLs con reflector (tipo PAR), cuyo fin es el de concentrar el flujo de iluminación, consiguiendo así una distribución de la iluminación menos difuso. Sin embargo, hoy día, con la llegada de los LED, se están quedando obsoletas, ya que son menos eficientes.

El Cuadro 9 presenta algunas características particulares y tipos de lámparas fluorescentes compactas.

Características Particulares	
Temperatura del Color Puede ir de amarillo a azul	
Balasto Integrado en la lámpara	
Casquillo Familia E (E14, E27)	
Dimensión Lámparas más pequeñas	

Cuadro 9. Características particulares y tipos de lámparas fluorescentes compactas

Otros tipos de lámparas fluorescentes se usan mayormente en edificios de oficinas. Sin embargo, se usan menos que cualquier otro tipo de lámparas fluorescentes. Estas lámparas se venden sin el balasto en dos piezas. Así, se reducen los costes de mantenimiento, dado que la vida útil del balasto es hasta cinco veces mayor que la lámpara en sí. Este tipo de lámpara fluorescente viene en las siguientes formas:

- Tubo
- Circular | el T9 (29 mm) es el ejemplo más común
- Cuadrado

El Cuadro 10 presenta algunas características particulares y tipos de otras lámparas fluorescentes

Características Particulares	
Toma Pines (normalmente 2 o 4)	
Balasto Siempre externo a la lámpara	
Actualización No se pueden sustituir con lámparas halógenas	
Toma Pines (normalmente 2 o 4)	

Cuadro 10. Características particulares y tipos de otras lámparas fluorescentes

El Cuadro 7 presenta las ventajas y desventajas principales de las lámparas fluorescentes.

Ventajas	Desventajas
• Mayor vida útil que las lámparas halógenas • Eficiencia energética clase A • Lámpara económica más barata que los LED	• Contiene mercurio • Necesita calentarse para proporcionar toda su luminosidad • No se enciende inmediatamente • No tiene el mejor Índice de Reproducción del Color • No es la mejor tecnología para atenuación

Cuadro 11. Ventajas y desventajas de lámparas fluorescentes

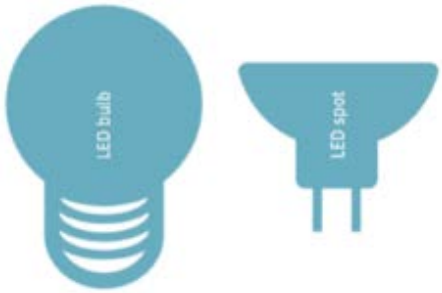
Lámparas LED

Un Diodo Emisor de Luz (LED, por sus siglas en inglés) también llamado Iluminación de Estado Sólido (SSL, por sus siglas en inglés) es un dispositivo electrónico (chip) que produce luz cuando pasa electricidad por el diodo. Un diodo es un semiconductor que, una vez excitado, permite a los electrones moverse, emitiendo una radiación UV que se convierte en visible cuando la luz pasa por el recubrimiento LED. Los LED son la tecnología de iluminación más eficiente en el mercado. Los LED también se pueden integrar en luminarias, y un diseño particular es el panel de LED que se puede instalar en el techo.

Tipos de lámparas LED:

- Bombilla | para actualizar CFLs y bombillas halógenas
- Spot | cuando su propiedad direccional es más necesario
- Tubo | para iluminar zonas amplias, sustituir LFLs
- Tira | aprovechando la flexibilidad de los LED para fines estéticos

El Cuadro 12 presenta algunas características particulares y tipos de otras lámparas LED.

Características Particulares	
Color Puede ser en cualquier color y cambiarse mediante controles	
Temperatura del Color Todos, de frío a cálido	
Salida lumínica Direccional con varios posibles ángulos de luz	
Atenuación Posible, pero se debe prestar atención al controlador	
Índice de Reproducción del Color Puede ser mayor de 90	

Cuadro 12. Características particulares y tipos de lámparas LED

El Cuadro 13 presenta las ventajas y desventajas principales de las lámparas LED.

Ventajas	Desventajas
• Única tecnología que viene, por lo menos, en Clase de eficiencia energética A+ • Los LED tienen, de lejos, la mayor vida útil de todas las tecnologías de iluminación • Menor coste de propiedad (más barato que cualquier otra tecnología de iluminación) • Tecnología extremadamente flexible para fines estéticos y de control • La baja temperatura a la que opera evita la posibilidad de quemaduras al tocarlas • En comparación con las CFL, los LED aguantan muchos más ciclos de conmutación y se encienden inmediatamente	• Su coste inicial es mayor que otras tecnologías (pero los precios están bajando rápidamente) • Los LEDs son sensibles a la temperatura. La eficiencia y vida útil se reduce mucho si se sobrecalientan las lámparas

Cuadro 13. Ventajas y desventajas de lámparas LED

A.2.2.2 Control de Lámparas

Balasto

Un balasto tiene dos funciones principales: enciende la lámpara y controla el funcionamiento de la lámpara. Sin embargo, dependiendo de sus características también pueden: transformar el voltaje, atenuar y corregir el factor de potencia.

Todas las lámparas fluorescentes necesitan de un balasto para funcionar, y hay dos tipos de balasto:

- Balasto magnético, que son de tecnología más antigua y tienen un núcleo de placas de acero envuelto en bobinado de cobre. Las pérdidas por el efecto Joule que ocurren en el cobre y las pérdidas por histéresis en el núcleo reducen la potencia de entrada de la lámpara entre un 5 y 25%. Este valor dependerá de la dimensión del balasto y su construcción. Los balastos magnéticos más eficientes son los que tienen bajas pérdidas. También se conocen como de balasto híbrido.

- Los balastos electrónicos funcionan mediante tecnología de estado sólido a una frecuencia mucho mayor (miles de Hz), resultando en un ahorro energético con menores pérdidas de potencia y mayor eficacia de la lámpara en luces fluorescentes. Además, estos balastos también pueden mejorar el factor de potencia.

El Cuadro 14 presenta las clases de eficiencia de los balastos.

Clase A1	Balastos electrónicos regulables
Clase A2	Balastos electrónicos con pérdidas reducidas
Clase A3	Balastos electrónicos
Clase B1	Balastos magnéticos con pérdidas muy bajas
Clase B2	Balastos magnéticos con pérdidas bajas

Cuadro 14. Clases de Eficiencia de los Balastos

Controladores de red

Los controladores de red son dispositivos de baja tensión que convierten la tensión de la red en la tensión baja que requieren los LED,

ya entre como corriente o tensión constante, dependiendo de la carga de LED. Los controladores de LED tienen ventajas adicionales, como su funcionamiento flexible, eficiente, fiable, controlable e inteligente.

La elección del tipo adecuado de controlador LED depende de su aplicación (condiciones de funcionamiento ambientales, voltaje de entrada del sistema, número de LED, etc.) y las normas y especificaciones. Los controladores eléctricos son componentes importantes en la mayoría de los sistemas de iluminación LED, ya que pequeñas mejoras en la eficiencia del controlador, a menudo, dan grandes resultados en términos de eficiencia del sistema.

A.2.2.3 Características de las Lámparas y Etiquetado

El consumo eléctrico de una lámpara (en vatios) no es el único factor a la hora de elegir una lámpara. También existen otros factores importantes, como:

- CRI - El índice de reproducción del color es la capacidad de una fuente de iluminación para representar los diversos colores de los objetos iluminados en la habitación

- Brillo - Lumens (lm) indica la cantidad de luz que produce la lámpara

- Vida útil - Es el tiempo mínimo de funcionamiento de las bombillas cuando al menos el 50% de éstas aún emiten el 70% de la luz inicial

- Temperatura del color - Entre 2600 y 3200 K es un color blanco cálido (bueno para relajarse), entre 3200 y 4000 K es un blanco neutro (el mejor color para condiciones de trabajo) y entre 4000 y 5000 K es un color blanco frío (proporciona la eficiencia energética más alta)

- Eficiencia - La eficiencia lumínica de una fuente de luz se mide en lumens por vatio lm/W

El Cuadro 15 presenta los criterios de calidad para las características de los tipos principales de lámpara.

CRITERIOS DE CALIDAD	Bombilla CFL	Fluorescente Lineal	Foco Halógeno	Bombilla LED	Foco LED
Clase de Eficiencia Energética	A	A	C	A+	A
Temperatura del Color (K)	Cálida / Neutral / Fría	Cálida / Neutral	Cálida	Cálida / Neutral / Fría	Cálida / Neutral / Fría
Índice de Reproducción del Color	> 80	> 80	100	> 90	> 80
Vida Útil (h)	> 12.000	> 20.000	> 2.000	> 25.000	> 25.000
Ciclos de Conmutación	> 12.000 (500.000)*	> 20.000	-	> 25.000	> 25.000

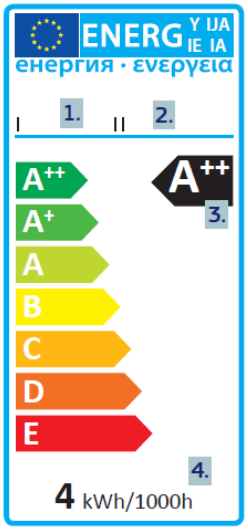
* para aplicaciones con ciclos de conmutación frecuentes

Cuadro 15. Criterios de calidad para lámparas[9]

Los productos de iluminación están sujetos a los requisitos de etiquetado energético y ecodiseño de la UE, que se basa en la Normativa de Etiquetado 874/2012[10]. La Etiqueta Energética (Imagen 13) define clases de A++ a E.

[9] http://www.premiumlight.eu/

[10] http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012R0874



1. La empresa que fabricó o comercializó la lámpara en el mercado

2. El modelo de lámpara

3. Eficiencia energética de la lámpara

4. Consumo de energía durante 1000 horas (consumo energético típico en un año)

Imagen 13. Etiquetado para lámparas

Además, el paquete en el que viene la lámpara incluye otras características importantes, que se presentan en la Imagen 14.

1. Etiqueta energética

2. Duración media de las lámparas en horas

3. Color de la luz

4. CRI

5. Si se puede atenuar o no (si no, el símbolo estará tachado con una cruz)

6. Cuántas veces se puede encender y apagar la luz antes de que se funda

7. Brillo en lúmenes

Imagen 14. Paquete de lámpara

A.2.2.4 Luminarias

Una luminaria es una instalación de iluminación eléctrica completa que incluye la/s lámpara/s, mecanismos para insertar o agarrar la/s lámpara/s, cableado, toma, sistemas de control (por ejemplo, balasto) y el/los reflector/es para difuminar la luz. La función de la luminaria es

dirigir la luz a los puntos deseados, creando el ambiente visual deseado sin deslumbrar o producir incomodidad. La elección de luminarias que proporcionen patrones de luminancia adecuadas es una parte importante de un diseño de iluminación de energía eficiente.

Hay muchos tipos de luminarias: opaco o traslucidos, y pueden variar mucho dependiendo del tipo de fuente de luz. La Imagen 15 presenta algunos ejemplos de tipos de luminarias.

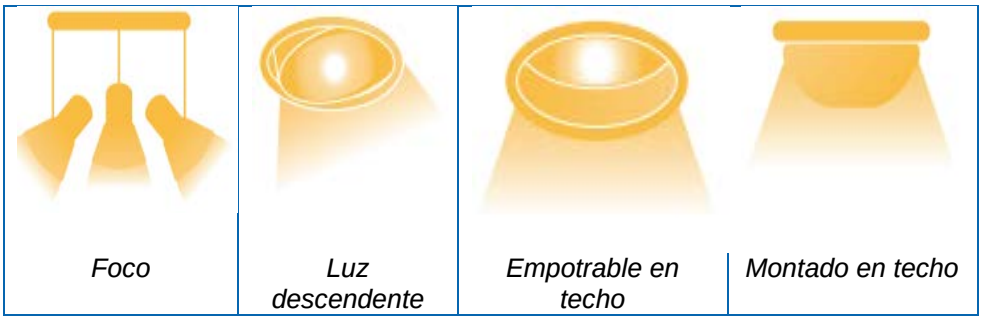


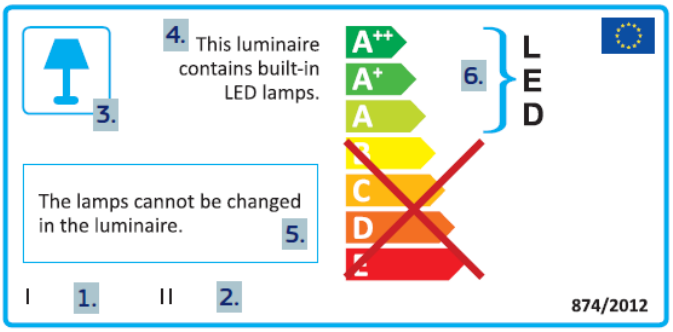
Imagen 15. Ejemplos de tipos de luminarias

Se deben considerar los siguientes criterios a la hora de adquirir luminarias:

- alto nivel de eficiencia en el funcionamiento de la luminaria (> 80%)
- reflector de lámpara óptima
- mayor rendimiento posible

Los productos de iluminación están sujetos a los requisitos de etiquetado energético y ecodiseño de la UE, que se basa en la Normativa de Etiquetado 874/2012[11]. La Etiqueta Energética (Imagen 13) define clases de A++ a E.

[11] http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012R0874



1. Empresa
2. Modelo de luminaria
3. Tipo de luminaria
4. Lámparas compatibles
5. Indica si contiene una lámpara y si son reemplazables o no
6. Clase de eficiencia energética de lámparas compatibles

Imagen 16. Etiqueta para luminarias

A.2.2.5 Ejemplo de Renovación de Iluminación

Casa de la Cultura – Coimbra (Portugal)

A día de hoy, la iluminación del edificio se basa en lámparas de fluorescente T8 con balasto ferromagnético. La única excepción es una zona de circulación donde hay lámparas T5 con balasto eléctrico. Algunas habitaciones con falso techo tienen lámparas halógenas e incandescentes, y los baños tienen lámparas incandescentes. Sin embargo, algunas lámparas ya se habían sustituido por CFL, y en un baño, que se reformó recientemente, ya había lámparas LED. El Cuadro 16 presenta la cantidad y potencia de las lámparas actuales.

Tipo de Lámpara	Cantidad n	Potencia (W)
Fluorescente Lineal T8 F60	9	211
Fluorescente Lineal T8 F120	803	37.580
Fluorescente Lineal T8 F150	312	21.091
Fluorescente Lineal T5 F60	8	136
Incandescente	23	1.380
Proyectores halógenos	24	7.200
Focos halógenos	5	250
Fluorescente Compacta	70	1.260
Foco LED	12	66
Total	**1.266**	**69.174**

Cuadro 16. Tipos y cantidad de lámparas actuales

La actualización del sistema de iluminación se realizó sustituyendo todas las lámparas por LED. Así, se han sustituido 1254 lámparas. El Cuadro 17 muestra la nueva distribución de las lámparas. Como se puede ver, la potencia total se reduce a 27.095 W (un 61% menos).

Tipo de Lámpara	Cantidad n	Potencia (W)
LED Lineal F150	312	7.488,0
LED Lineal F120	803	16.060,0
LED Lineal F60	17	170,0
Bombilla LED	93	883,5
Proyector LED	24	2.400,0
Foco LED	17	93,5
Total	**1.266**	**27.095**

Cuadro 17. Tipos y cantidad de lámparas consideradas en la renovación

El Cuadro 18 presenta el consumo anual de iluminación, además del porcentaje de ahorro que se puede conseguir. Estos consumos energéticos se simularon considerando el perfil de uso actual para cada

tipo de lámpara y habitación del edificio. Como se puede ver, la renovación garantiza unos ahorros energéticos del 61%.

	Base	Renovación
Iluminación (kWh)	166.930	65.773
Ahorro (kWh)	-	101.157
Ahorro (%)	-	60,6%

Cuadro 18. Consumo anual con iluminación

A.2.2.6 Supervisión y Control

Los Sistemas de Gestión Energética de Edificios (BEMS, por sus siglas en inglés) son sistemas computerizados que ayudan a gestionar, controlar y supervisar la calefacción, ventilación, aire acondicionado (control del sistema de climatización), iluminación y consumo de dispositivos usados en el edificio. Los BEMS proporcionan el control y las herramientas esenciales para analizar y supervisar el rendimiento, permitiéndole al responsable de las instalaciones ajustar y optimizar el sistema de climatización y los controles de iluminación con el fin de conseguir una ocupación confortable y una eficiencia en el edificio óptima.

Los BEMS tienen los siguientes componentes: (1) Estaciones remotas (Entradas, Salidas, Microprocesador, Memoria, RAM, Eprom con Estrategia Configurable, Módulos, Programadores de Tiempo, Fuente de Alimentación, Puerto local RS232 para el Supervisor); (2) Hardware de red y comunicaciones BEMS; y (3) Ordenador con software de control y supervisión. La Imagen 17 presenta un ejemplo de un BEMS.

Las ventajas de estos sistemas son la reducción de los costes de funcionamiento y de energía, el aumento de productividad y la posibilidad de llegar a decisiones acertadas sobre la estrategia energética en poco tiempo. Sin embargo, los costes iniciales de diseño e instalación son altos, y si la configuración y los parámetros del sistema no se supervisan y mantienen adecuadamente, el rendimiento del edificio sufrirá, resultando en costes de funcionamiento más altos y una reducción en la ocupación confortable.

Desde el punto de vista de la automatización de edificios, los sistemas de supervisión y control se usan para lo siguiente:

- Ventilación, calefacción y refrigeración. Un sistema de supervisión y control diseñado adecuadamente deberá ser capaz de mantener las condiciones ambientales del edificio
- Alimentación. El sistema de control de la alimentación de calderas necesita saber cuándo encender o apagar los sistemas de alimentación. Los sistemas de control de alimentación miden el consumo de las calderas
- Iluminación. Un sistema de supervisión y control debería incluir un programa de iluminación fácil de utilizar. Un sistema con el que se pueda programar los horarios de iluminación es muy útil a la hora de gestionar la iluminación. También es importante proporcionar la intensidad de luz deseada

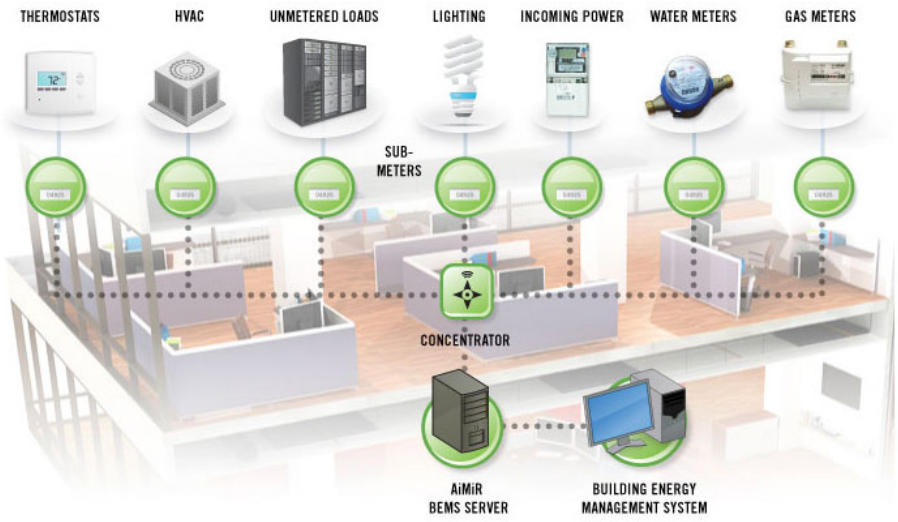


Imagen 17. Sistema de Gestión Energética de Edificios[12]

A.2.2.7 Control del Sistema de Climatización

La capacidad de un sistema de climatización generalmente se diseña para condiciones extremas. La mayoría del funcionamiento se produce en carga parcial o en condiciones no diseñadas, ya que las variables tales como las cargas solares, ocupación, temperaturas de ambiente, cargas de iluminación y equipo, etc. cambian a lo largo del día. Las desviaciones del diseño producen grandes oscilaciones o desequilibrios, ya que la capacidad de diseño es mayor que la carga actual en la

[12] http://www.nuritelecom.com/products/aimir-building-energy-management-system-bems.html

mayoría de escenarios de operación. Sin un sistema de control, el sistema se volvería inestable y el sistema de climatización podría calentar o refrigerar demasiado. Por lo tanto, el sistema de control se necesita para regular el funcionamiento del sistema de calefacción y/o aire acondicionado. Normalmente, se usa un sensor que compara el estado actual (por ejemplo, temperatura) con el estado objetivo. Así, si existe alguna desviación el sistema de control entonces decide que acción tomar (por ejemplo, arrancar el soplador).

Los sensores más comunes son la temperatura, ocupación, presión, humedad y de dióxido de carbono.

Sensores de Temperatura

Una de las características más comunes medidas en el control de un sistema de climatización es la temperatura. La principal medición consiste en la expansión térmica de metal o gas y el cambio de calibrado en las características eléctricas. El uso de sensores de temperatura en distintas habitaciones permite controlar la temperatura de los dispositivos de calefacción/refrigeración necesarios.

Sensores de Movimiento

Los sensores de movimiento se utilizan como sistema de gestión energética para los sistemas de climatización, controlando su funcionamiento en base a la ocupación que existe en la habitación. Si la habitación se encuentra ocupada físicamente, el sistema permitirá a los ocupantes controlar el clima ambiental. Cuando la habitación está vacía, el sistema automáticamente reduce el funcionamiento del sistema de climatización con el fin de reducir el consumo energético.

Sensores de Presión

La capacidad de controlar los índices de flujo volumétricos y la presión en tuberías y habitaciones es esencial a la hora de usar sistemas de climatización de forma eficiente y económica. Los sensores de presión son un elemento principal a la hora de controlar los sistemas. Para garantizar el cumplimiento de los estrictos requisitos legales y minimizar los costes energéticos, se requieren rangos de medición, además de mayor sensibilidad y precisión en la medición, y una estabilidad larga de los sensores.

Sensores de Humedad

Un sensor de humedad mide e informa con frecuencia de la humedad relativa del aire. Se usan para controlar y proporcionar un nivel de humedad de aire adecuado para cada uso del edificio o habitación. Una calidad de aire adecuada para cada edificio o habitación es un factor muy importante para el confort y a la hora de conservar los elementos del edificio. Los niveles de ventilación se pueden medir y controlar en base a la ocupación y uso del edificio o habitación. Los Códigos Técnicos requieren un mínimo de aire fresco que garanticen una calidad de aire adecuada, y de esta manera se debe acondicionar una menor cantidad de aire, resultando en menores consumos de energía y costes a la hora de conseguir una ventilación adecuada.

Sensores de Dióxido de Carbono

El medir el dióxido de carbono es importante a la hora de supervisar la calidad de aire interior. La ventilación controlada en función de la demanda (DCV, por sus siglas en inglés) mediante sensores de dióxido de carbono (CO_2) combina dos tecnologías: Sensores de CO_2 que controlan los niveles de CO_2 en el aire interior y un sistema de gestión de aire que usa los datos de los sensores para regular la cantidad de aire de ventilación admitida.

A.2.2.8 Control de la Iluminación

Los sensores de luz contribuyen a conseguir un sistema de iluminación de energía eficiente de alta calidad. Cuando se utilizan controles de iluminación eléctrica adecuadamente, se ahorra energía y la duración de las lámparas y balastos se incrementan.

Los controles de iluminación ayudan a reducir energía:

- Reduciendo la cantidad de electricidad utilizada durante el periodo de demanda punta mediante la atenuación de las luces o apagándoles cuando sea necesario
- Reduciendo el número de horas al año que se mantienen las luces encendidas
- Permitiendo a los ocupantes usar controles para reducir los niveles de luz y ahorrar energía

La capacidad de un sistema de control de iluminación para igualar el uso de la iluminación y el número de personal presente es un dato de entrada muy valioso.

Detectores de ocupación

A menudo descritos como detectores de presencia u ocupación, los sectores que existen en el mercado hoy día se basan en uno de los tres siguientes métodos de detección de movimiento:

- Infrarrojo Pasivo. Su funcionamiento se basa en la detección de movimiento de calor. El aparato incluye un sensor piroeléctrico calibrado para detectar la radiación infrarroja que emite el movimiento del cuerpo humano. El sensor opera y enciende los sistemas de iluminación que se encuentran conectadas a él en base a la detección
- Ultrasónico. Similar a un radar, es un sensor ultrasónico que envía ondas de sonido de alta frecuencia a una zona y comprueba los patrones reflectados. Si el patrón reflectado cambia continuamente, asume que existe ocupación y se enciende la carga de iluminación conectada. Si el patrón reflectado es el mismo durante un tiempo prefijado, el sensor asumirá que no existe ocupación y la carga se apaga
- Microondas. Similar al sensor ultrasónico, es un sensor de microondas que envía ondas de sonido de alta frecuencia a una zona y comprueba los patrones reflectados. Si el patrón reflectado cambia continuamente, asume que existe ocupación. Un sensor de microondas tiene una alta sensibilidad y rango de detección en comparación con otros tipos de sensores.

Sensor de luz diurna

Los controles de luz diurna son aparatos fotoeléctricos que controlan la luz eficientemente y consiguen ahorros energéticos mediante la reducción de los niveles de iluminación en base a la luz diurna detectada. La estrategia preferida para los controles de luz diurna automatizados son una atenuación suave y continua. Su uso en habitaciones y espacios con una presencia óptima de luz diurna ayuda a reducir el consumo de luz artificial. Se pueden combinar con elementos que proporcionan o difunden luz natural a espacios interiores, como reflectores, tubos solares o repisas de luz.

Programadores de tiempo

Los programadores de tiempo son aparatos que se pueden programar para apagar o encender luces en horas fijadas. Son una alternativa útil a los sensores fotoeléctricos en aplicaciones de uso muy predecible.

Atenuadores

Los atenuadores son aparatos que se usan para reducir el brillo de una luz. Al cambiar la onda de tensión aplicada a la lámpara, es posible rebajar la intensidad de la luz de salida. Los atenuadores se usan para controlar la luz de salida de lámparas incandescentes, halógenas CFL y LED. Los atenuadores centran su función en generar un cambio de intensidad luminosa de la lámpara existente, con la posibilidad de disminuir o abrillantar dicho nivel. Los atenuadores con control directo manual tenían un límite en cuanto a la velocidad con la que se podían atenuar, pero esto se ha eliminado en las unidades digitales más modernas (aunque se sigue evitando la variación de brillo muy rápida por otras razones, por ejemplo, la vida útil de la lámpara).

Los atenuadores modernos se construyen con semiconductores en vez de resistores variables, porque son más eficientes. Un resistor variable disipa la energía en forma de calor y actúa como un divisor de tensión. Al igual que los semiconductores o los atenuadores de estado sólido conmutan entre un estado de encendido de baja resistencia a un estado de apagado de alta resistencia, disipan muy poca energía en comparación con la carga controlada.

Los sensores de luz reducen la energía de consumo disminuyendo la luz artificial donde hay luz natural adecuada, especialmente cuando no se detecta a nadie en la zona. La Imagen 18 presenta los ahorros potenciales que se pueden conseguir con distintos sensores de luz operando al mismo tiempo en un edificio público.

Imagen 18. Ahorros potenciales en las distintas opciones de atenuación

A.2.2.9 Ejemplo de Renovación de Control

Ayuntamiento – Alimos (Grecia)

Para optimizar el rendimiento del equipo mecánico y eléctrico del edificio, como la iluminación, ventilación y el sistema de climatización, se instalará un sistema de gestión energética de edificios (BEMS). Los BEMS consisten de Controlador Táctil (pantalla táctil de LCD), contadores de energía, cableado y software. El equipo conectado a los BEMS se presenta en el Cuadro 19.

Equipo	Unidades	Señal
Bomba de Calor VRV	3	digital
Cassettes VRV	44	digital
Unidades de HRV	2	digital
Rendijas de Aire	10	análogo
Detectores de Luz	16	análogo
Sensores de CO_2	2	análogo
Anemómetro	1	análogo
Sensor de Ambiente	1	análogo
Contadores de Energía	6	Tono de pulso
Conmutadores de Encendido/Apagado	50	análogo

Cuadro 19. Equipo conectado a los BEMS

Los BEMS controlarán, monitorizarán y grabarán datos tales como la temperatura del aire y las horas de funcionamiento y de consumo de energía de cada cassette VRV por separado. También controlará, monitorizará y grabará el consumo de energía de iluminación de cada planta por separado y el funcionamiento de cada sensor de luz. En todas las puertas y ventanas se instalará un sensor de encendido/apagado conectado al cassette VRV. Si se abre una ventana, parará el funcionamiento de la correspondiente VRV. Los eventos de apertura y cierre se grabarán en el BEMS. El esquema del BEMS se presenta en la Imagen 19.

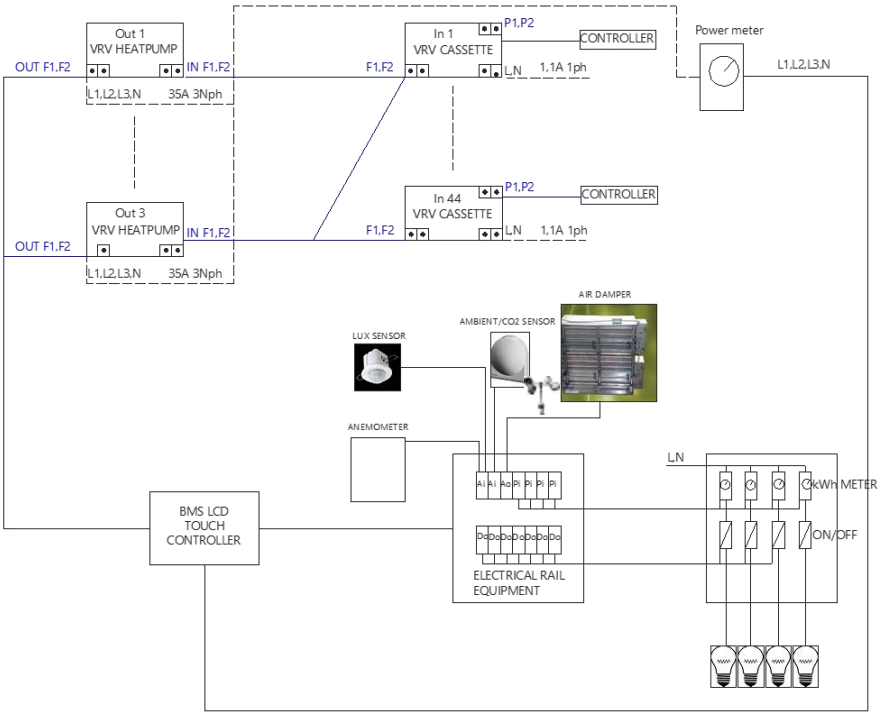


Imagen 19. Esquema del BEMS

El Cuadro 20 presenta los ahorros obtenibles con la integración del BEMS. El uso del BEMS garantiza las condiciones interiores estándar, tales como la temperatura del aire y los niveles de iluminación, y previenen el consumo excesivo de energía.

	Base (kWh)	Renovación (kWh)
Calefacción	24.065	12.273
Refrigeración	50.184	35.131
Iluminación	37.713	32,999
Total	**111.962**	**80.403**
Ahorro (kWh)		**31.599**
Ahorro (%)		**Una reducción del consumo de energía del 28,2%**

Cuadro 20. Consumo y ahorro energético con el uso de BEMS

El ahorro energético total es del 28%. Este porcentaje es mayor que los ahorros normales que se obtienen con un BEMS, ya que las condiciones interiores se controlan plenamente con pocas desviaciones con respecto al punto de consigna. El beneficio adicional es la capacidad del sistema de detectar las unidades de uso energético automáticamente y conseguir escenarios de ahorro energético sin la necesidad de intervención humana. Finalmente, se puede conseguir una mayor reducción de costes debido al menor coste del mantenimiento de los sistemas VRV, ya que los BEMS muestran las unidades con menor refrigerante y previenen los daños permanentes al sistema de climatización.

A.2.3 REFERENCIAS

Constantinos A. Balaras, Gershon Grossman, Hans-Martin Henning, Carlos A. Infante Ferreira, Erich Podesser, Lei Wang, Edo Wiemken, *Solar air conditioning in Europe—an overview, Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 11, Issue 2, February 2007, Pages 299-314, ISSN 1364-0321,

http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2005.02.003.

Vahid Vakiloroaya, Bijan Samali, Ahmad Fakhar, Kambiz Pishghadam, *A review of different strategies for HVAC energy saving, Energy Conversion and Management,* Volume 77, January 2014, Pages 738-754, ISSN 0196-8904.

http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2013.10.023.

P. Van Tichelen, B. Jansen, T. Geerken, M. Vanden Bosch, V. Van Hoof, L., Vanhooydonck, A. Vercalsteren, *Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs*, Project Report, Lot 8: Office lighting, July 2007.

(P.M)

A.3 LA INTEGRACIÓN DE FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

A.3.1 INTRODUCCIÓN

Las Fuentes de Energía Renovable (RES, por sus siglas en inglés) son formas de energía que resultan de varios procesos naturales, como el viento, geotermia, circulación del agua y otros. Particularmente, de acuerdo con la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo sobre Energía Renovable, es energía procedente de fuentes no fósiles, como la energía eólica, solar, geotérmica o hidráulica, la biomasa, gasas de vertedero, gases de plantas de depuración y biogases (Unión Europea 2009). Las RES se han estudiado como una solución al esperado agotamiento de las reservas (no renovables) de combustible fósiles. Últimamente, la UE y muchos estados han adoptado nuevas políticas para el uso de RES, tales como el objetivo de conseguir que un 20% de toda la energía en la edificación sean de fuentes renovables y el objetivo de que un 10% de la energía en el transporte provenga de fuentes renovables.

También existe la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo sobre el Rendimiento Energético, que fija los siguientes objetivos: Todos los edificios nuevos deben ser edificios de consumo de energía casi nulo para el 31 de diciembre de 2020 y en cuanto a los edificios públicos para el 31 de diciembre de 2018. Además, la Directiva 2012/27/UE sobre eficiencia energética fija el objetivo del 3% para la renovación de edificios públicos, con el fin de cumplir con al menos los requisitos de rendimiento energético mínimos. Estas directivas muestran la tendencia en los últimos años con respecto al rendimiento energético de los edificios públicos. Sin duda, la integración de las RES desempeñará un papel importante a la hora de transformar los edificios públicos en edificios de consumo de energía casi nulo.

Por estas razones, se desarrolló una investigación detallada sobre la madurez, rendimiento, capacidad de integración y coste de varios sistemas de RES bajo el proyecto CERtuS. En esta guía se detalla la descripción de los sistemas RES preponderantes y su aplicabilidad y limitaciones. Se hace una extensa referencia a los sistemas fotovoltaicos debido a su uso generalizado especialmente en los países mediterráneos que tienen una alta radiación solar. Finalmente, hay

varios ejemplos expuestos, y se describen las reglas generales de dimensionamiento con el fin de dar información más específica sobre los sistemas RES examinados.

A.3.2 FOTOVOLTAICA

A.3.2.1 Operación

Un sistema fotovoltaico convierte la radiación solar en electricidad. Utiliza la fuente de energía más limpia y disponible del planeta para producir electricidad. Los sistemas fotovoltaicos son ideales para producir electricidad en un entorno urbano, ya que se pueden instalar fácilmente sobre los tejados. Es más, son silenciosos, seguros y se ajustan a cualquier tamaño de tejado, ya que su tamaño puede ser grande o pequeño sin tener un impacto sobre su rendimiento.

Se compone de un conjunto fotovoltaico, que se instala en el tejado de edificios, y un aparato eléctrico llamado inversor, que se usa para convertir la electricidad solar y alimentar la red eléctrica. Los conjuntos fotovoltaicos consisten en paneles fotovoltaicos (o módulos) que se conectan eléctricamente para formar el conjunto. Se eligen inversos adecuados que coincidan con las características eléctricas del conjunto fotovoltaico.

Los sistemas descritos anteriormente no almacenan la energía eléctrica. La electricidad producida tiene que consumirse directamente o inyectarse a la red eléctrica. Si el consumidor quiere ser independiente de la red eléctrica, el sistema fotovoltaico necesita incluir aparatos de almacenamiento de energía, como las baterías.

En las próximas décadas los sistemas fotovoltaicos serán la fuente de energía renovable que se instalará en la mayoría de los edificios públicos. Debido a la alta radiación solar en los países mediterráneos, pueden producir electricidad a menor coste que la mayoría de las fuentes de energía, incluso las nucleares. En algunos casos, se combinan con el almacenamiento energético para que coincida el perfil energético de la electricidad producida con el perfil energético del consumo eléctrico del edificio. Sin embargo, esto dependerá de las estructuras de costes de electricidad específicas del país y de las restricciones de la conexión de sistemas fotovoltaicos a la red.

A.3.2.2 Tipos de Células solares

Las células solares consisten de un material semiconductor que convierte la energía solar (luz solar) directamente a electricidad. Los paneles fotovoltaicos están fabricados con varias células solares individuales. Cada una tiene una capa semiconductora positiva y negativa, creando un campo eléctrico que se utiliza para convertir la energía solar en electricidad. La luz solar es energía en forma de fotones y cuando impacta con la superficie de una célula solar, una gran cantidad de fotones es absorbida por la célula, liberando electrones en el material semiconductor y creando corriente eléctrica. Este fenómeno se llama efecto fotovoltaico.

Las células convierten solo un porcentaje de energía solar en electricidad. El valor de este índice depende del tipo de célula solar. Hoy día, la mayoría de los módulos fotovoltaicos disponibles en el mercado tienen células solares con eficiencias que van desde el 14% y 18%.

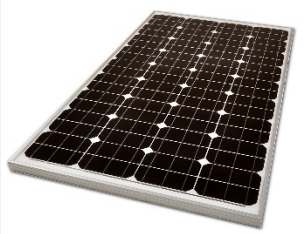
La eficiencia de las células solares no debería ser un criterio a la hora de seleccionar un módulo fotovoltaico para edificios públicos. Si el espacio del tejado estuviese limitado, se pueden instalar módulos fotovoltaicos más eficientes y así conseguir una mayor cantidad de energía.

El material más común a la hora de fabricar células solares fotovoltaicas es el silicio cristalino, el cual es la materia prima del 90% de las células que existen en el mercado. Las células solares fabricadas con silicio monocristalino se llaman monocristalinas y tienen eficiencias aproximadas del 19%. Las células solares fabricadas con silicio policristalino se llaman policristalinas y tienen eficiencias aproximadas del 16%. Este último es el más usado, ya que a pesar de su ligera menor eficiencia su coste es menor.

Se han intentado utilizar distintos procesos de fabricación y materiales con el fin de reducir los costes de fabricación de las células solares. Ha habido muchos tipos distintos de células disponibles en el mercado en el pasado. La mayoría de ellas ya no son competitivas y se han dejado de producir. Entre aquellas que han sobrevivido y se siguen vendiendo con éxito son las células de teluro de cadmio (CdTe), que son los más comunes de película fina, y las células de silicio amorfo (α-Si). Las células de película fina requieren menos material (capas de materiales

semiconductores de solo unas micras de espesor) y sus procesos de fabricación son más rápidos. La desventaja de estas células es su relativa baja eficiencia, que lo hacen inadecuados cuando el espacio es escaso.

Abajo se presentan los tipos de células solares más comunes en edificios.

TIPO		Eficiencia	Área por kWp
Película Fina		**CdTe 6-11%** **CIGS: 12-14%** **a-Si: 4,5-9%**	**9-25 m^2**
Policristalino		**11-16%**	**7-9 m^2**
Monocristalino		**11-19%**	**5.5-9 m^2**

A.3.2.3 Rendimiento Energético

La solución óptima en el diseño de un sistema fotovoltaico para un edificio depende de la normativa e incentivos existentes, las restricciones de la instalación y la estética. Los siguientes casos describen 3 ejemplos típicos distintos.

1. Cuando las tarifas de alimentación (FIT, por sus siglas en inglés) fueron presentadas en Europa, instalar sistemas fotovoltaicos sobre los tejados era una inversión muy eficiente y los propietarios de edificios trataban de usar el máximo espacio disponible sobre el tejado. En estos casos, el objetivo era tener un sistema lo más grande posible e inyectar toda la energía generada a la red.
2. Hoy día, en muchos países europeos existe una medición neta o facturación neta[13]. En estos países, la electricidad que se produce en exceso al consumo del edificio se alimenta a la red eléctrica gratis o a un precio muy bajo. En estos casos, los usuarios quieren un sistema fotovoltaico que no produzca más electricidad que el requerido para el consumo del edificio.
3. Muchos arquitectos reconocidos han usado los sistemas fotovoltaicos para mostrar el bajo impacto del edificio sobre el medioambiente y la integración estética de los sistemas fotovoltaicos. En la mayoría de estos casos, el objetivo no es la alta producción de energía y su rentabilidad.

Hoy día, prevalece la normativa sobre sistemas de medición neta. Por lo tanto, los sistemas fotovoltaicos se dimensionan para satisfacer la demanda del edificio pero no para excederlo. Para ello, se debe estimar el rendimiento energético del sistema fotovoltaico y el perfil de carga. Los factores de diseño constan del tamaño de carga, el periodo de funcionamiento (todo el año, solo el verano, etc.) y la ubicación del sistema (radiación solar).

La producción de electricidad por un sistema fotovoltaico se puede predecir en la mayoría de lugares y, particularmente, en los países mediterráneos varía entre 1.250 a 1.650 kW/kWp. Más abajo hay un mapa de Europa que muestra: a) la suma anual de electricidad solar generada por un sistema fotovoltaico de 1 kWp con inclinación óptima; y b) La suma anual global de irradiación sobre módulos fotovoltaicos orientados al sur con inclinación óptima [fuente: Un Sistema de

[13] Es un método para compensar la producción y el consumo energético a través de la red a un sistema fotovoltaico. Los sistemas de medición neta son sistemas fotovoltaicos interconectados, ya que requieren su conexión a la red eléctrica. La energía se compensa anualmente por consumo de energía en kWh. Cualquier exceso al final de año se inyecta a la red sin compensación alguna. El tamaño adecuado del sistema fotovoltaico para producir tanta energía como se consume al año minimiza el coste de la energía consumida de la red eléctrica.

Información Geográfica Fotovoltaica[14] (PVGIS, por sus siglas en inglés)] Se puede utilizar para predecir el rendimiento de un sistema fotovoltaico.

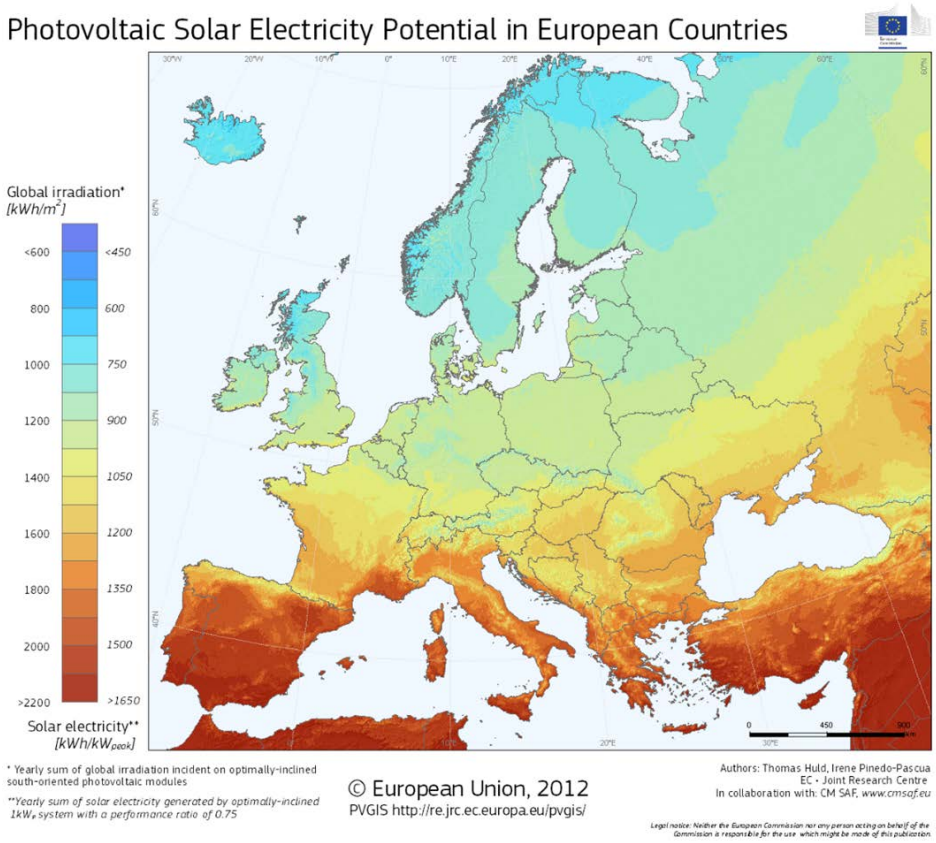


Imagen 20. Potencial de la electricidad solar fotovoltaica en países europeos

A.3.2.4 Diferentes formas de integrar la fotovoltaica en los edificios

Se deben considerar las características técnicas y estéticas del módulo fotovoltaico a la hora de conseguir una integración satisfactoria del sistema fotovoltaico en el edificio. Un sistema fotovoltaico se puede integrar en el tejado plano o inclinado de un edificio, a la envolvente del edificio o como un elemento de sombreado. Las células solares fotovoltaicas de silicio cristalino necesitan una superficie de 15 m^2/kWp

[14] Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica (PVGIS: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis)

en un tejado plano y de 7-10 m^2/kWp en un tejado inclinado (Friedrich Sick, 2007). En cuanto a los tejados planos, se requiere más espacio con el fin de evitar las sombras, pero siempre depende de la latitud.

Los distintos tipos de modelos, como los monocristalinos, los policristalinos y los de película fina, tienen distintas consideraciones estéticas. Este hecho se debe tener en cuenta mayormente cuando los módulos fotovoltaicos forman parte de los cerramientos del edificio y se integran en la fachada del edificio; se tienen que elegir el tipo de módulo adecuado para que se ajuste a la estética del edificio. Este factor es más importante cuando los sistemas fotovoltaicos se deben integrar en los edificios catalogados.

Un ejemplo del proyecto CERtuS es el edificio del Ayuntamiento de Coimbra, que forma parte del inmueble "Universidad de Coimbra — Alta y Sofia" inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO. Al existir varias restricciones en la renovación de edificios, el uso de tejas solares hechos de película fina es esencial, ya que no causan ningún impacto visual y siguen la inclinación del tejado. Abajo se presentan los tejados de los edificios en los que se instalarán el sistema fotovoltaico.

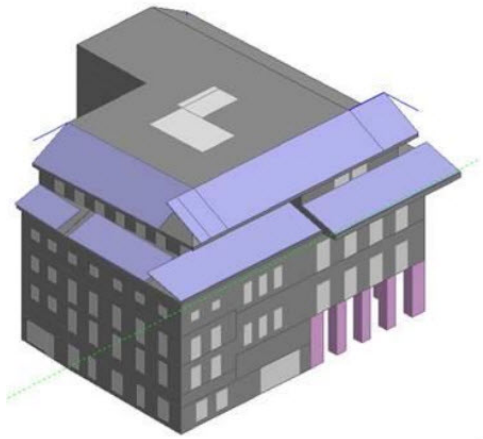
Tipo de Célula	Película Fina
Potencia Fotovoltaica	126,1 kWp

Área por kWp	16,7 m^2
Tipo de Tejado	Inclinación 25º
Ángulo sistema fotovoltaico desde plano horizontal	25 º
Orientación	Sur-Norte-Este-Oeste
Generación Fotovoltaica	143.311 KWh/año
Rendimiento Anual	1.136 kWh/ kWp

Imagen 21. Ayuntamiento de Coimbra con zona de tejado resaltado para paneles fotovoltaicos

Imagen 22. Ejemplo de Tejas solares

Otros ejemplos de integración fotovoltaica en edificios CERtuS son la instalación de paneles monocristalinos sobre el tejado inclinado del Ayuntamiento de Errenteria y la instalación de paneles policristalinos sobre el tejado plano del edificio de la Oficina del Medioambiente de Alimos.



Tipo de Célula	**Monocristalino**
Potencia Fotovoltaica	26,7 kWp
Área por kWp	13,4 m^2
Tipo de Tejado	Plano
Ángulo sistema fotovoltaico desde plano horizontal	28°
Orientación	Sur
Generación Fotovoltaica	37.300 KWh/año
Rendimiento Anual	1.397 kWh/ kWp

Imagen 23. Tejado inclinado del Ayuntamiento de Errenteria

Tipo de Célula	**Policristalino**
Potencia Fotovoltaica	26,7 kWp
Área por kWp	13,4 m^2
Tipo de Tejado	Plano
Ángulo sistema fotovoltaico desde plano horizontal	28°
Orientación	Sur

Generación Fotovoltaica	37.300 KWh/año
Rendimiento Anual	1.397 kWh/ kWp

Imagen 24. Oficina del Medioambiente de Alimos con paneles fotovoltaicos instalados en tejado plano

A la hora de integrar la tecnología fotovoltaica en los edificios, los elementos fotovoltaicos forman parte de edificio, por lo que la colaboración entre los ingenieros y los arquitectos es esencial desde un punto de vista estético y técnico. Más abajo se den algunas recomendaciones generales sobre la integración de las tecnologías fotovoltaicas en edificios.

- Las partes visibles de los paneles fotovoltaicos, tales como la textura de la superficie y el color, deberían ser compatible con los otros materiales de los cerramientos de los edificios y los otros elementos de fachada con el fin de minimizar el impacto visual
- La posición y dimensión de los módulos fotovoltaicos tienen que ser coherentes con el alineamiento arquitectónico del edificio
- Es importante evitar sombras producidas por obstáculos en su entorno, tales como edificios colindantes o árboles. El sistema debe estar sin sombra durante todo el año para que rinda lo mejor posible
- Se debe considerar el impacto que el clima y el entorno tienen sobre el rendimiento de los módulos fotovoltaicos: en los días fríos y claros la producción de energía es máxima y en días cálidos y nubosos la producción del sistema fotovoltaico es reducido
- Los sistemas fotovoltaicos en entornos polvorientos y con un ángulo de inclinación cercano al horizontal deberían ser fácilmente accesibles, ya que requieren limpiarse para limitar las pérdidas de eficiencia

A.3.2.5 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Sistemas Fuera de Red

Los sistemas fotovoltaicos son muy eficientes en sitios remotos, especialmente en lugares sin acceso a la red eléctrica. Estos sistemas requieren componentes adicionales, como el regulador de carga solar y un banco de baterías que cubra todas las necesidades del edificio.

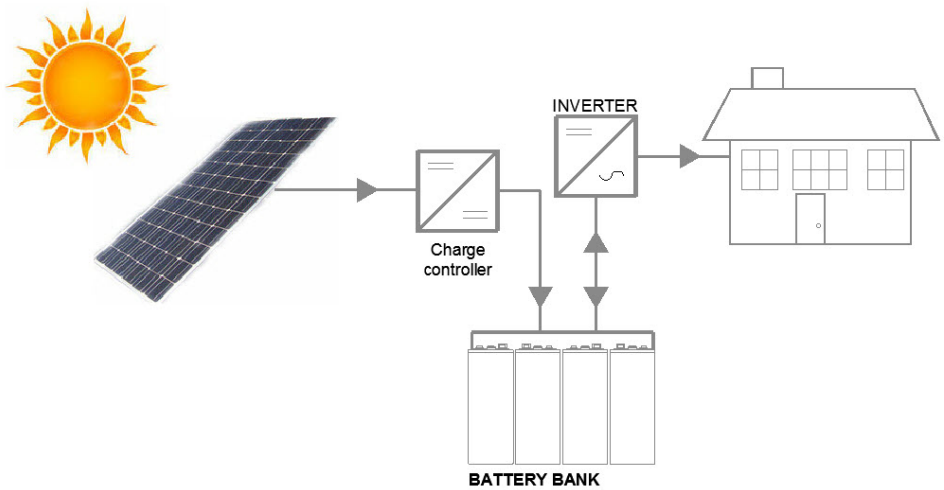


Imagen 25. Sistemas Fuera de Red

Sistemas Conectados a la Red

Los sistemas fotovoltaicos se pueden conectar a un sistema de distribución eléctrica. Estos sistemas requieren un inversor para transformar la electricidad CC generada por el sistema fotovoltaico a la electricidad CA de la red eléctrica. Cuando la conexión a la red se realiza de acuerdo con una medición neta, se usa un contador bidireccional que compense la energía producida y consumida.

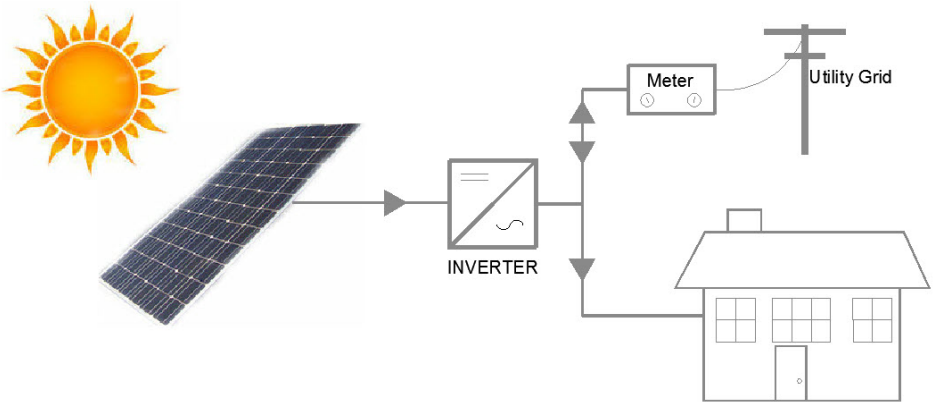


Imagen 26. Sistemas Conectados a la Red

Sistemas Conectados a la Red con Almacenamiento

Estos sistemas usan la red eléctrica como apoyo y el banco de baterías como almacenamiento. El exceso de electricidad producido por el

sistema fotovoltaico no se inyecta a la red, si no que se almacena en el banco de baterías para que se pueda utilizar cuando no hay luz natural, maximizando así el índice de auto-consumo. Cuando estos sistemas operan de acuerdo con una medición neta, los beneficios financieros aumentan, ya que a lo largo del día se ha consumido menos energía desde la conexión de la red eléctrica. La red eléctrica solo se debería usar como última fuente de energía.

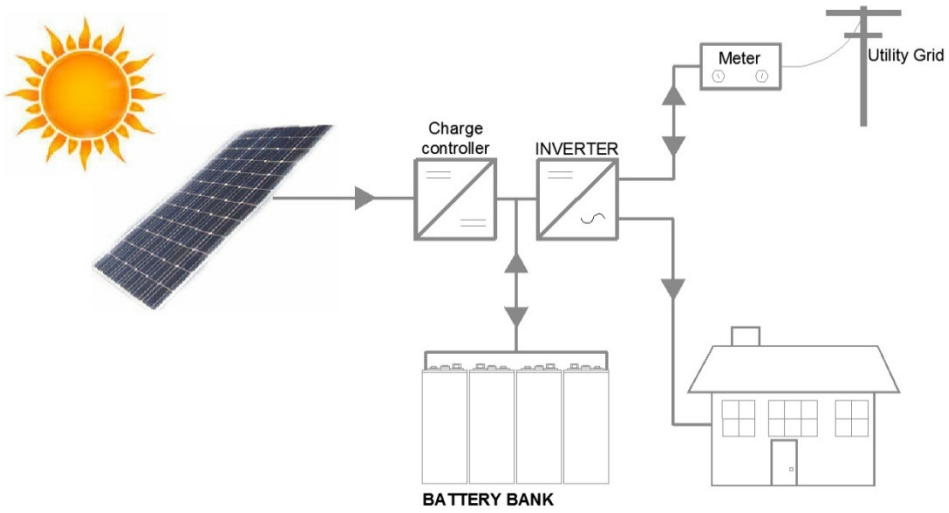


Imagen 27. Sistemas Conectados a la Red con Almacenamiento

A.3.2.6 Aplicabilidad y Coste

Hoy día las tarifas intentan promocionar el auto-consumo de electricidad, con el fin de evitar el consumo desde la red eléctrica. Cuando la energía se inyecta a la red eléctrica, la tarifa es muy baja y esto reduce la rentabilidad de la instalación de generación. Por ello, el uso de sistemas fotovoltaicos en edificios públicos (ayuntamientos, colegios, etc.) es el preferido, ya que estos edificios operan durante el día, que es cuando el sistema produce energía. Además, las necesidades energéticas de otras tecnologías (VRF, aire acondicionado, etc.), que son muy eficientes y a la vez de uso generalizado en el mercado, se pueden combinar con los sistemas fotovoltaicos. Esto hace que este sistema sea el más rentable, ya que el coste de compra, instalación y mantenimiento no es alto.

A.3.2.7 Limitaciones

Los sistemas fotovoltaicos presentan limitaciones:

- Producen energía solo durante el día y tienen un bajo rendimiento en tiempo nublado o lluvioso y a temperaturas muy altas
- La zona de instalación necesita suficiente espacio libre y estar libre de sombras y orientada al sur
- Los paneles fotovoltaicos se deben orientar al Sur (en el hemisferio norte) e inclinarse a un ángulo ligeramente inferior a la latitud del lugar instalado
- La inclinación óptima para maximizar el rendimiento del sistema fotovoltaico durante todo el año es relativa al plano horizontal y depende de la latitud de su situación geográfica. Cuando la integración de sistemas fotovoltaicos se realiza en los edificios existentes no siempre se pueden instalar con la inclinación óptima
- Aunque los sistemas fotovoltaicos están generalizados, su instalación en los edificios todavía requiere un cuidado especial en lo que se refiere a la integración con la estética, para evitar el impacto visual
- La integración en fachadas verticales reduce la eficiencia del sistema, el cual genera una menor producción (kWh), especialmente en los países del sur

A.3.3 COLECTORES SOLARES

Hoy día, la Calefacción y Refrigeración Solar (SHC, por sus siglas en inglés) no contribuye mucho a la demanda mundial de energía. Sin embargo, el mapa de ruta para la SHC prevé que si se lleva a cabo una acción concertada por parte de los gobiernos y la industria, la energía solar podría producir más del 16% del uso total final de energía para la calefacción de baja temperatura y más del 17% del uso total final de energía para refrigeración (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), 2012).

A.3.3.1 Operación

Los calentadores solares de agua son adecuados para satisfacer las necesidades de agua sanitaria caliente de edificios y el calentamiento y refrigeración de espacios. Su funcionamiento se basa en la conversión

de luz solar en energía aprovechable para calentar agua mediante el uso de colectores solares.

El funcionamiento de este sistema para cubrir las necesidades de calefacción durante el invierno es muy simple. El agua caliente que se produce por los colectores y se concentra en el tanque de almacenamiento se envía directamente al edificio. Después, se utiliza por las unidades terminales (ventilovectores, calefacción radiante, etc.) para calentar los espacios.

El funcionamiento de este sistema durante el verano, que es cuando se requiere refrigeración, es diferente y más complejo. El refrigerador por absorción, que es el sistema más común de refrigeración solar, emplea los colectores solares para calentar el agua, y mediante un proceso de absorción químico-térmico, se produce agua fría sin consumir electricidad (Solar Energy Industries Association, 2016). Después, el agua fría se conduce a las unidades terminales (ventilovectores, calefacción radiante, etc.) para refrigerar los espacios. Se puede tener habitaciones con distintas temperaturas, de acuerdo con los requisitos de los usuarios.

También es importante mencionar que en varios proyectos de aire acondicionado a partir de energía solar ha quedado patente que los sistemas de absorción de efecto simple[15] tienen un COP limitado del 0,7, por lo que estos colectores requieren una gran superficie para poder proporcionar el calor solar necesario para funcionar (SOLAIR, 2009). También se encuentran disponibles en el mercado los sistemas de doble efecto[16], con un COP de entre 1,0 y 1,2, y los sistemas de triple efecto[17], con un COP de 1,7.

También existen sistemas combinados, que son sistemas de calefacción para el uso combinado de producción de agua caliente y calentamiento de espacios. Estos sistemas usan el mismo tipo de colector solar, pero tienen una superficie mayor para el colector y normalmente una mayor superficie de almacenamiento para poder suplir

[15] Solo hay un nivel de calentamiento de la solución diluida.

[16] Tienen dos fases de generación de vapor para separar el refrigerante del absorbente. La transmisión de calor ocurre a una temperatura más alta en comparación con el ciclo de efecto simple.

[17] Cada unidad de calor se usa en tres desorbedores térmicos para generar vapor.

las demandas de calefacción y de agua caliente. Este sistema tiene un extenso uso potencial en países con altos nivel de irradiación solar, como por ejemplo los países mediterráneos.

A.3.3.2 Aplicabilidad y Coste

Estos sistemas se pueden integrar en edificios existentes y nuevos y se pueden combinar con unidades terminales, tales como suelos radiantes, ventilovectores, etc. Se pueden incluso usar con radiadores convencionales, pero solo para calefacción. Los colectores más usados para calentar y refrigerar espacios son los Captadores Solares Planos, aunque los Colectores de Tubos de Vacío también son adecuados para estos sistemas.

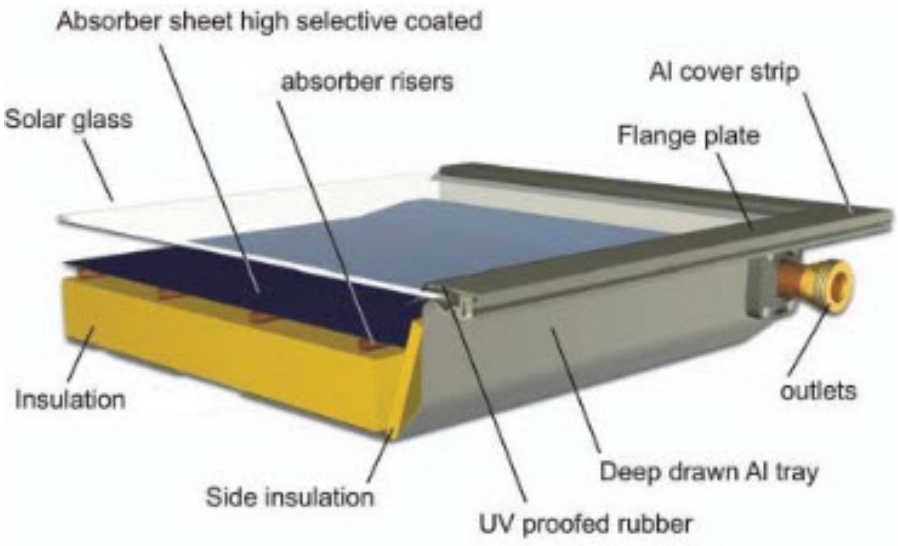


Imagen 28. Partes de un captador solar plano

Dependiendo de la temperatura de entrada del agua, los colectores solares pueden ser eficientes y adecuados para suelos radiantes. En particular, para los sistemas de calefacción radiante, la temperatura del agua que fluye (en modo calefacción) necesita encontrarse a aproximadamente 45ºC, el cual es más bajo que la temperatura requerida en radiadores. Además, la temperatura del agua que fluye en el suelo radiante o techo frío (modo refrigeración) debe encontrarse a aproximadamente 18ºC. La calefacción radiante es más eficiente cuando se encuentra siempre encendido, ya que su respuesta es lenta. Por ello, es más adecuado para edificios que requieren calefacción o

refrigeración durante todo el día. Con respecto a las unidades terminales, el refrigerador por absorción tiene que enfriar el agua (modo refrigeración) a aproximadamente 16ºC y 7ºC cuando el sistema de energía solar térmica se combina con un sistema de suministro de aire o ventilovectores, respectivamente. (TRANS-SOLAR, 2010)

En cuanto a las dimensiones del sistema, en climas soleados y calurosos la superficie del colector, generalmente, debe ser de aproximadamente 2 m^2 por kW de capacidad de refrigeración y 4 m^2 por kW de capacidad de calefacción (excluido almacenamiento). La superficie requerida para instalar los colectores necesarios es bastante grande, pero esta superficie se podría reducir empleando sistemas con un mejor COP. Estos sistemas se pueden adaptar y usar en instalaciones de energía solar con colectores solares de alta temperatura, tales como los colectores de tubos de vacío.

Con respecto al coste de los sistemas de energía solar térmica, su equipo sigue siendo alto, por lo que los costes fijos de estos sistemas son muchos más altos que los sistemas convencionales. Por otro lado, el coste de un sistema de energía solar térmica durante su vida útil es más bajo que el de un sistema de convencional de calefacción, y su coste operativo es también más bajo en comparación con los costes de compra de combustibles fósiles (TRANS-SOLAR, 2010). Además, es importante mencionar que los calentadores solares de agua son más rentables cuanto más al sur se instalen.

A.3.3.3 Limitaciones

El impacto visual causado por estos sistemas es el principal problema, especialmente cuando los colectores se combinan con el tanque de almacenamiento. También puede ser un problema el impacto visual que crean en edificios dentro de un casco histórico.

La calefacción y refrigeración solar es difícil de integrar debido al limitado espacio con luz solar disponible para esta instalación en un entorno tan densamente edificado. Aunque el edificio tenga el espacio requerido para su instalación, no sería la elección óptima, ya que tienen un muy bajo rendimiento y cubre solo una parte de la carga de calefacción/refrigeración anual del edificio. Por ello, el sistema se debería combinar con otros con el fin de garantizar el confort térmico dentro del edificio. En particular, para el edificio de Oficina del

Medioambiente de Alimos (caso de estudio CERtuS), se estudió la opción de usar un sistema de calefacción y refrigeración solar. Este edificio tiene una superficie útil de alrededor de 300 m^2 y una demanda de carga de calefacción y refrigeración de 35.300 kWh. El sistema propuesto solo cubriría el 30% de la carga total de calefacción y refrigeración.

Además, las tecnologías innovadoras que podrían contribuir a alcanzar los niveles de nZEB siguen siendo nuevas y caras. Un ejemplo es el alto precio de los calentadores solares de agua debido a su baja penetración de mercado. Se espera que este sistema entre al mercado entre el 2015 y 2020.

A.3.4 ENERGÍA GEOTÉRMICA

La energía geotérmica es energía térmica almacenada bajo la superficie de la tierra (agua, vapor o aire caliente subterráneo) a temperaturas de entre 25 y 350ºC. Es una fuente de energía ilimitada y limpia que se usa para la generación de energía, aplicaciones industriales y agrícolas, invernaderos, acuicultura, desalinización del agua de mar, baños térmicos, etc.

En cuanto al uso de energía térmica en edificios, se refiere a la energía térmica proveniente del suelo a una temperatura debajo de 25ºC, que resulta del almacenamiento de la radiación solar incidente. En este caso, la profundidad de su explotación es generalmente menor de 150 m (instalaciones geotérmicas superficiales), y se usa mayormente para refrigeración, calefacción y agua sanitaria caliente usando una bomba de calor geotérmica. La ventaja de las instalaciones geotérmicas superficiales es que se encuentra disponible en cualquier lugar y es bastante fácil de explotar.

A.3.4.1 Operación

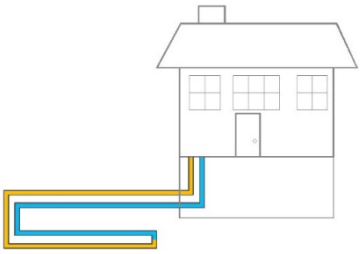
Una bomba de calor geotérmica GSHP es un sistema de calefacción central y/o sistema de refrigeración que transmite el calor a o del suelo. Este sistema se puede usar para proporcionar calefacción doméstica y agua sanitaria caliente. También puede proporcionar refrigeración. Dependiendo de la latitud, la temperatura que se encuentra en los 6 metros de suelo superficial se mantiene constante, en aproximadamente los 18ºC. Estos sistemas usan una bomba de calor para forzar la

transmisión de calor desde el suelo. Los sistemas de climatización geotérmica se combinan mayormente con sistemas de distribución de baja temperatura, como la calefacción radiante. Cuanto menor la demanda de temperatura por parte del sistema de distribución en el edifico, mayor la eficiencia del sistema.

A.3.4.2 Integración de sistemas geotérmicos

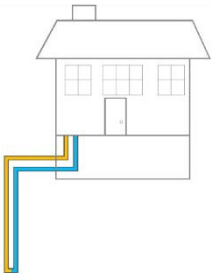
Hay varios tipos de sistemas geotérmicos. Tres de ellos (horizontales, verticales y lagos/estanques) son sistemas de circuito cerrado y el cuarto un es sistema de circuito abierto de agua. Su elección depende de las condiciones existentes (clima, condiciones del suelo, terreno disponible y costes de instalación). Todos estos sistemas se pueden usar para aplicaciones en edificios comerciales y residenciales.

Horizontal – Sistema de Circuito Cerrado



Este sistema es apropiado para construcciones donde hay terreno adecuado para ello. Se necesitan zanjas de por lo menos 1,2 metros de profundidad. Existen dos tipos de diseño, el primero consta de dos tuberías, uno a 1,8 metros de profundidad y otro 1,2 m, y el segundo de dos tuberías situadas una al lado de la otra a 1.5 metros de profundidad en una zanga de 0.6 m de ancho. El método Slinky™, que consta de tuberías en espiral, permite un mayor número de tuberías en una zanja más pequeña. Este método reduce los costes de instalación y permite realizar instalaciones horizontales en superficies más pequeñas (ENERGY.GOV, 2016).

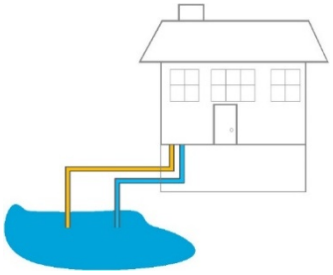
Vertical – Sistema de Circuito Cerrado



Este sistema se usa mayormente cuando el suelo es poco profundo para realizar zanjas y cuando la demanda de un edificio es demasiado alta para cubrirse con circuitos cerrados horizontales. En los sistemas verticales, los agujeros (diámetro de aproximadamente 10 cm) se taladran a 6 m de distancia y de 50 a 150 m de profundidad. Estos agujeros albergan dos tuberías que se conectan abajo mediante una U para crear un circuito. Los circuitos verticales se

conectan con la tubería horizontal, el cual, a su vez, se conecta a la bomba de calor del edificio (ENERGY.GOV, 2016).

Agua – Sistema de Circuito Abierto



Este sistema se adopta mayormente cuando hay disponible un pozo o una masa de agua. El agua se usa como fluido caloportador y circula directamente a través del sistema de climatización geotérmica. Tras su circulación por el sistema, el agua vuelve al suelo. Este sistema es solo apropiado si hay un suministro suficiente de agua limpia y si se cumplen todas las normativas locales sobre la descarga de aguas subterráneas (ENERGY.GOV, 2016).

A.3.4.3 Aplicabilidad y Coste

El factor más importante relacionado con la aplicabilidad del sistema es localizar las zonas donde se pueden demostrar diferencias de temperatura que justifiquen la implementación de un sistema de climatización geotérmica.

Las bombas de calor geotérmicas se pueden combinar con sistemas de refrigeración y calefacción de baja temperatura (suelo radiante, ventilovectores, conductos de aire, etc.), pero también con radiadores convencionales. Su combinación con radiadores convencionales requiere de un mínimo de intervenciones en el edificio, pero no es muy eficiente.

Una buena combinación para los edificios públicos es el uso del GSHP con VRF. Este sistema combina las ventajas de ambas tecnologías en un solo sistema, convirtiéndolo en uno de los sistemas de climatización más eficientes disponibles para muchas aplicaciones, especialmente para edificios con servicios públicos. Al utilizar circuitos de agua subterránea, ventiladores con distintas velocidades y compresores de velocidad variable, los GSHP en combinación con VRF consiguen mayores ahorros energéticos que el uso de GSHP o VRF por si solos.

Para edificios que funcionan las 24 horas, o prácticamente las 24 horas, del día, otra opción es el uso de GSHP con suelo radiante, ya que el GSHP es más eficiente si se combina con un circuito de agua templada

(como un suelo radiante) que con un circuito pequeño a alta temperatura (como los radiadores convencionales). La eficiencia de una bomba de calor a la hora de alimentar un sistema de distribución a 35ºC será aproximadamente un 25% mayor que si el sistema de distribución estuviese a 45º (Ground Source Heat Pump Association, 2007). Además, para maximizar la eficiencia de una bomba de calor a la hora de proporcionar calefacción, no solo es importante que haya una baja temperatura en el sistema de distribución, sino que además deberá haber una superficie radiante considerable. Más concretamente, un GSHP en estas circunstancias puede conseguir un COP de alrededor de 4. Además, los GSHP no producen emisiones en el lugar de uso y no necesitan tubería de escape o chimenea.

Como se ha mencionado anteriormente, la calefacción radiante no es una elección óptima para los edificios públicos que funcionan de 8 a 10 horas al día. Este sistema es más eficiente cuando se encuentra siempre encendido, ya que su respuesta es lenta y consume mucha energía. Por ello, es más adecuado para edificios que requieren calefacción durante todo el día. La mejor elección para edificios como colegios y ayuntamientos es un GSHP combinado con un sistema VRF.

En cuanto a la dimensión del sistema para calefactar espacios, la norma general es que para cada kW requerido, se necesitan 10 m de tubería horizontal. Las tuberías verticales en agujeros taladrados proporcionan de 3 a 5 kWp de capacidad de calefacción cada 100 metros, dependiendo del tipo de suelo o roca y la temperatura del terreno. Bajo el proyecto GROUND-MED, un estudio para edificios del Gobierno Regional en Coimbra, Portugal adoptó instalar GSHPs. La superficie del edificio que se climatizó fue de 586 m^2 y la demanda de energía para calefacción y refrigeración fue de 34 kW and 48 kW, respectivamente. Para satisfacer la demanda del edificio, se taladraron siete agujeros verticales hasta una profundidad de 125 m (A. Almeida, J. Fong, A. Quintino, A. Carvalho, 2014).

El coste de mantenimiento no es muy alto, ya que no hace falta realizar pruebas de seguridad en los GSHP, y los requisitos de los mantenimientos periódicos son pocos. El procedimiento de mantenimiento incluye verificaciones de precalentamiento de la bomba de agua, las tuberías exteriores, los accesorios y la electrónica. Además, la vida útil es muy larga, generalmente de 20-25 años en la

bomba de calor y más de 50 años en la espiral (Ground Source Heat Pump Association, 2007).

A.3.4.4 Limitaciones

A pesar de que las bombas de calor geotérmicas son muy eficientes, hay algunas limitaciones que previenen su uso generalizado. Los principales obstáculos se enumeran a continuación:

- La mayoría de los edificios crean problemas en relación con las zonas aledañas, convirtiendo la instalación de estos sistemas inviable
- Las bombas de calor geotérmicas, aun siendo muy eficientes, son difíciles de instalar en entornos densamente edificados, por la falta de espacio para ubicar la máquina perforadora
- La creación de pasos de tuberías y sus componentes hace complicada su instalación en edificios/zonas históricas
- Las principales limitaciones siguen siendo la inversión inicial del sistema y sus costes asociados (por ejemplo, la necesidad de realizar estudios geológicos)

A.3.5 BIOMASA

El término de biomasa se refiere a cualquier material derivado de organismos vivos, tales como la madera y otros productos forestales, residuos agrícolas, residuos animales, residuos de la industria alimentaria, etc., y se puede utilizar como combustible para producir energía. La quema de biomasa emite tanto CO_2 como el que absorbió durante la vida de la planta, por lo que no tiene ningún impacto sobre el medioambiente. La biomasa se puede usar para producir calor o electricidad mediante los procedimientos correspondientes, pero en términos de integración en edificios, solo se describe su primer uso.

Imagen 29. Tipos de biomasa

A.3.5.1 Operación

Los sistemas más comunes de biomasa para edificios como ayuntamientos, colegios, etc. son las calderas de biomasa. Este tipo de calderas funcionan de forma similar a las calderas de gas o gasoil, quemando el combustible para producir calor que luego se utiliza para calentar agua. Las calderas que usan virutas de madera son aparatos de alta tecnología con una alimentación automática de combustible. Operan a altas temperaturas y su eficiencia es mayor del 90% (eficiencia similar que un caldera de gasoil).

El uso de biomasa para la calefacción en edificios no tiene restricciones legales significantes. En cuanto a los combustibles, deben ser certificados, y los sistemas de calefacción deben cumplir la ley con el fin de garantizar su funcionamiento adecuado.

El interés cada vez mayor en la bioenergía y biocombustibles ha sido el resultado de las siguientes ventajas asociadas (Biomass Energy Center, 2011):

- son combustibles "libres de carbono", ya que las emisiones de carbono son inapreciables en comparación con los combustibles fósiles
- se pueden obtener localmente, lo que contribuye a la seguridad del abastecimiento
- sirven de apoyo a la economía rural
- el establecimiento de redes locales de producción y uso, que minimizan los costes de transporte
- el uso de biocombustibles ofrece un incentivo económico a la hora de gestionar la superficie forestal, lo que mejora la biodiversidad

- los sistemas actuales de combustión de biomasa son modernos y de alta calidad, y ofrecen una eficiencia de combustión tan alta como las calderas convencionales
- los desechos, subproductos y residuos de biomasa no son tóxicos

A.3.5.2 Aplicabilidad y Coste

Para aquellos edificios con sistema de calefacción central basado en calderas de gasoil, el cambio a biomasa se debería realizar con los menos cambios posibles al sistema de calefacción. Por esta razón, el uso de pellets es el más viable. En este caso la integración de la caldera no es algo complejo ya que se hace sustituyendo el convencional. Además, la caldera de biomasa se puede combinar eficientemente con otros sistemas, como las Centrales de Tratamiento de Aire, para cubrir las cargas de calefacción. La parte complicada de la integración es el gran espacio que se necesita para instalar el sistema automático de alimentación y el almacenamiento de pellets. Más concretamente, para una demanda de calefacción anual de 140 MWh, se recomienda un sistema de 100 kW. Para satisfacer estas necesidades, el volumen de pellets de madera con un contenido de humedad del 10% sería de 44 m^3 (con una densidad de 670 kg/m^3) (Biomass Energy Center , 2011).

Los costes de mantenimiento no son altos. Los quemadores se limpian cuatro veces al año y la chimenea, las superficies de intercambio y el ventilador una.

En conclusión, las calderas de biomasa son sistemas de tecnología ya madura que se pueden integrar fácilmente y tienen un COP alto. Si hay espacio adecuado para el sistema automático de alimentación y el almacenamiento de pellets, es una solución fiable. Por ello, en dos de los edificios CERtuS, Leukona en Errenteria y la Biblioteca Municipal en Alimos, se instalarán calderas de biomasa. En concreto, para cubrir las necesidades de calefacción en Leukona, se ha propuesto una caldera de 201 kW combinada con Centrales de Tratamiento de Aire. Además, para la Biblioteca Municipal la propuesta incluye una caldera de 75 kW combinada con radiadores.

A.3.5.3 Limitaciones

Como se ha mencionado anteriormente, la conversión de calderas convencionales a biomasa es una de las maneras más fáciles de integrar RES en un edificio. Sin embargo, existen algunas limitaciones:

- Necesita alimentarse con combustible aunque tenga un sistema automático de alimentación
- Es importante mencionar que los combustibles sólidos tienen un contenido de ceniza de al menos el 1%, lo que significa que por cada tonelada de pellets que se quema, se quedan 10 kg en forma de ceniza en la caldera. Por esta razón para asegurar un funcionamiento eficiente, el sistema se tiene que limpiar frecuentemente
- Se requiere un espacio de almacenamiento adecuado para el combustible, ya que cada tonelada de pellet necesita casi 1,5 m^3 de espacio de almacenamiento
- La caldera de biomasa tiene potencial de integración, pero su uso requiere de equipo adicional en el edificio solo para la calefacción

A.3.6 AEROGENERADORES

La energía eólica es energía que se produce por la conversión de la energía cinética del viento en energía eléctrica mediante un aerogenerador.

A.3.6.1 Operación

El tamaño del sistema depende de las necesidades de energía del edificio y de la velocidad media anual del viento en el lugar. En una aplicación residencial típica, un aerogenerador de 4-10 kW satisface las demandas de energía. Los aerogeneradores pequeños generalmente rinden a una eficiencia del 30-35%.

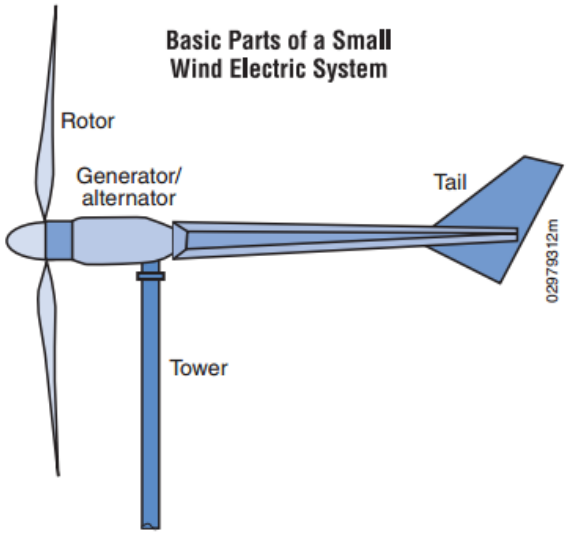


Imagen 30. Partes básicas de un aerogenerador pequeño de eje horizontal (U.S. Department of Energy, 2016)

Los aerogeneradores se dividen en dos tipos principales: aerogeneradores de eje vertical y aerogeneradores de eje horizontal. En el mercado global, los aerogeneradores de eje horizontal tienen una cuota de mercado de aproximadamente el 90%. También es importante destacar que los niveles de ruido de la mayoría de aerogeneradores modernos pequeños se encuentran entre 52-55 decibelios.

Aparte del potencial eólico del lugar, otro factor que afecta al rendimiento de los aerogeneradores es el tamaño de las palas. Cuanto más grandes las palas, mayor es la producción de energía. Al doblar la longitud de las palas, la potencia aumenta por 4 a una velocidad constante. Además, si se dobla la velocidad del viento, la energía producida aumenta por ocho para un tamaño constante. La mayoría de las especificaciones de fabricante mencionan velocidades de viento de 12 m/s, pero la velocidad del viento varía de 5 a 6 m/s. Sin embargo, la velocidad del viento a altura de tejado es raramente así de alta durante un largo periodo de tiempo, especialmente en un entorno urbano.

A.3.6.2 Integración de aerogeneradores

Los aerogeneradores no llegan a una producción de energía estable si no están a alrededor de 9 metros más alto que el edificio o árbol más alto de la zona y por lo menos a 90 metros de cualquier obstáculo. Esto

requiere un aerogenerador montado en un poste con al menos 4000 m^2 de terreno despejado, que es casi imposible de conseguir en una ciudad (U.S. Department of Energy, 2007).

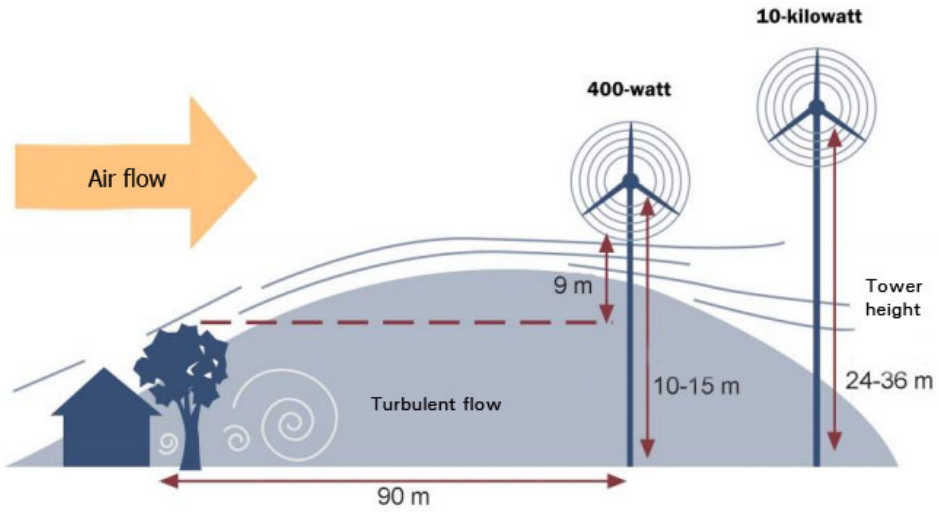


Imagen 31. Parámetros de una instalación de aerogenerador pequeño (U.S. Department of Energy, 2016)

Aerogeneradores de Eje Horizontal

Un eje horizontal implica que el eje de giro del aerogenerador se encuentra paralelo al suelo. La ventaja principal de los aerogeneradores de eje horizontal es que tienen mejor rendimiento que los otros tipos de aerogeneradores. La desventaja de los aerogeneradores de eje horizontal es que son sistemas más pesados, no rinden bien en vientos turbulentos y tienen un alto impacto visual en los edificios colindantes.

Aerogeneradores de Eje Vertical

Un eje vertical implica que el eje de giro del aerogenerador se encuentra vertical al suelo. Los aerogeneradores de eje vertical se usan principalmente en proyectos pequeños donde la demanda energética no es muy alta y cuando la dirección del viento es muy variable.

Aplicabilidad y Coste

En los parques eólicos, los aerogeneradores de eje horizontal son prácticamente los únicos que se utilizan. Sin embargo, para aplicaciones menores y residenciales, los aerogeneradores de eje vertical ocupan la mayor cuota de mercado.

El requisito previo antes de tomar el siguiente paso es medir el potencial eólico durante por lo menos seis meses a la altura y posición exacta del aerogenerador. Para que la instalación sea económicamente viable, generalmente se quiere un nivel medio de 5 m/s. Esto es complicado, pero no imposible, dentro de un entorno urbano.

Es importante destacar que los aerogeneradores de eje vertical son la elección óptima cuando los aerogeneradores no se pueden proyectar mucho más alto que el edificio, y por lo tanto sin poder aprovechar el viento estable.

Con respecto al tamaño del sistema, los aerogeneradores utilizados en aplicaciones residenciales pueden variar en tamaño de 400 watts a 20 kW (100 kW para cargas muy grandes). En concreto, un aerogenerador de 1,5 kW cubrirá la demanda de un edificio que requiere 300 kWh al

mes en un lugar con una velocidad media anual del viento de 6,26 m/s (U.S. Department of Energy, 2016).

Aunque los aerogeneradores pequeños tienen un ciclo de vida muy alto, si necesitan un mantenimiento anual, que no es muy caro. Tras 10 años, las palas y rodamientos quizás necesiten sustituirse, pero si la instalación y el mantenimiento se realiza adecuadamente, el aerogenerador debería de durar al menos 20 años o más (U.S. Department of Energy, 2016).

A.3.6.3 Limitaciones

En general, no se recomienda el montaje de aerogeneradores en tejados. Todos los aerogeneradores vibran y su vibración se transmite a la construcción sobre la que se encuentran montados. Esto puede causar problemas de ruido y estructurales. Además, la vibración puede causar turbulencias que pueden reducir la vida útil del aerogenerador (U.S. Department of Energy, 2007).

Es más, se generan los siguientes obstáculos:

- Impacto visual, especialmente en zonas históricas
- Las sombras intermitentes que generan las palas sobre las ventanas pueden afectar el confort visual dentro de los edificios colindantes
- Para que la energía eólica sea rentable, los aerogeneradores deben estar expuestos a vientos fuertes y constantes, los cuales no existen sobre los tejados

A.3.7 REFERENCIAS

(2016). Obtenido de Office of Energy Efficiency & Renewable Energy: http://www.eere.energy.gov/

A. Almeida, J. Fong, A. Quintino, A. Carvalho. (31 de October de 2014). *GROUND-MED, Demonstration of Ground Source Heat Pumps in Mediterranean Climate.* Recuperado el 20 de October de 2016, de http://groundmed.eu/demonstration_projects/ground_med_project_3/

Biomass Energy Center . (2011). *BIOMASS Energy Center* . Recuperado el 15 de September de 2016, de http://www.biomassenergycentre.org.uk/

CRES. (2005). *Centre for Renewable Energy Sources and Saving (CRES).* Recuperado el 15 de September de 2016, de http://www.cres.gr/climasol

ENERGY.GOV. (2016). *ENERGY.GOV - GEOTHERMAL HEAT PUMP*. Recuperado el 15 de September de 2016, de http://energy.gov/energysaver/geothermal-heat-pumps

European Union. (23 de April de 2009). *EUR-Lex, Access to European Union law.* Recuperado el 19 de September de 2016, de http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=en

Friedrich Sick, T. E. (1 de January de 2007). *Solar Heating and Cooling Programme (SHC).* Recuperado el 2016, de https://www.iea-shc.org/

Ground Source Heat Pump Association. (2007). *Ground Source Heat Pump Association.* Recuperado el 15 de September de 2016, de http://www.gshp.org.uk/

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). (2012). *Technology Roadmap: Solar Heating and Cooling*. Recuperado el 15 de September de 2016, de https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-solar-heating-and-cooling.html

SOLAIR. (2009). *SOLAIR*. Recuperado el 15 de SEPTEMBER de 2016, de http://www.solair-project.eu/218.0.html

Solar Energy Industries Association. (2016). *Solar Energy Industries Association*. Recuperado el 15 de September de 2016, de http://www.seia.org/issues-policies-solar-technology-solar-heating-cooling/solar-cooling

TRANS-SOLAR. (2010). *Transfer of experience for the development of solar thermal products.* TRANS-SOLAR.

U.S. Department of Energy. (August de 2007). *ENERGY.GOV.* Recuperado el 19 de September de 2015, de http://energy.gov/eere/office-energy-efficiency-renewable-energy

U.S. Department of Energy. (2016). Installing and Maintaining a Small Wind Electric System. Washington: U.S. Department of Energy.

(E.G, B.N)

A.4 RENOVACIÓN INTEGRAL DE EDIFICIOS HISTÓRICOS

Antecedentes y Conocimientos Generales

50 millones de edificios en Europa tienen 50 años de antigüedad o más, y aunque una parte pequeña están catalogados, muchos de ellos presentan valor social, artístico, arquitectónico e histórico. A menudo, los edificios históricos no se incluyen en promociones tecnológicas y sostenibles por su complejo marco legislativo, el cual también los ha excluido de las obligaciones nacionales de reducción de consumo de energía y emisiones de CO_2. En consecuencia, las intervenciones energéticas, y, es más, la aplicación del concepto nZEB a los edificios históricos, puede ser muy complicado. Sin embargo, tienen un potencial de ahorro energético considerable, y la implementación de técnicas energéticas adaptadas a sus características específicas no es imposible.

El objetivo de la actualización de edificios históricos se debería de concentrar en los siguientes aspectos:

- Mejorar el confort y calidad del entorno interior
- Aumentar la vida útil del edificio como medida de conservación y de mejora de sus rendimientos térmicos, asegurando así uso y mantenimiento
- Reducir el consumo energético y las emisiones de CO_2

Los edificios históricos se construyeron para hacer frente a condiciones climáticas a la vez que asegurar un entorno óptimo de vida. Sin embargo, los niveles de confort y el clima han cambiado a lo largo del tiempo. Para asegurar la habitabilidad de estos edificios y adaptarlos a los estilos de vida modernos, la sostenibilidad es un aspecto clave, la cual se debería de abordar incluyendo soluciones e intervenciones que respeten y mantengan sus valores. Por lo tanto, los conocimientos actuales sobre los edificios históricos y su comportamiento energético son esenciales a la hora de conservar sus valores antes de realizar cualquier intervención y así evitar operaciones invasivas. Al mismo tiempo es muy difícil conseguir un nivel adecuado de conocimientos a la hora de operar sobre construcciones históricas. De hecho, a menudo no es posible determinar el comportamiento físico y térmico de los

materiales y su rendimiento actual y/o potencial. En contraste con los edificios contemporáneos y modernos, el comportamiento de los edificios históricos proviene de la inercia térmica de las paredes, de los que a menudo no se conocen la estratigrafía ni las técnicas de construcción. Es más, los edificios históricos a menudo no se calientan o no incluyen sistemas de calefacción, y no son capaces de garantizar un confort térmico ni la calidad del aire interior.

Hoy día, la evaluación y modelado del comportamiento energético de los edificios históricos se llevan a cabo con las mismas herramientas y métodos empleados en construcciones contemporáneas, los cuales no tienen en cuenta los problemas y particularidades de los edificios históricos. La mayoría de las herramientas disponibles se diseñan para las construcciones contemporáneas, cuyas características de material y sistemas tecnológicos son bien conocidos. Estos sistemas de evaluación también se emplean en los edificios históricos, aunque presenten diferencias significativas en cuanto a morfología, tecnología y materiales con respecto a los edificios modernos, y además tienen varias limitaciones de aplicación e idoneidad de resultados. En muchas ocasiones, este tipo de evaluaciones conlleva intervenciones radicales o la sustitución de elementos del edificio (marcos de ventana) sin que se consiga apenas beneficio desde un punto de vista de una eficiencia energética global y además agravando la transpirabilidad de la estructura.

Una visión global de la problemática de los edificios históricos (no solo desde un punto de vista energético) ayuda a calibrar las posibles soluciones y alternativas de la intervención, teniendo en cuenta su futura gestión. La elección de la intervención puede referirse a los siguientes aspectos:

- la envolvente de edificio
- el equipamiento del edificio
- iluminación, incluido el uso de fuentes de iluminación artificial y natural
- soluciones pasivas
- introducción de sistemas para la producción de energía renovable

Envolvente del edificio

Los edificios históricos funcionan de manera muy distinta con respecto a los modernos o contemporáneos, y, a menudo, son térmicamente menos eficientes que aquellos que se han construido de acuerdo con los códigos de edificación recientes y en vigencia. Las paredes de los edificios antiguos tienen un alto nivel de inercia térmica, asegurando intercambios térmicos constantes con el entorno exterior, de acuerdo con la variación térmica diaria y estacional. Además, las pérdidas térmicas a través de la envolvente vertical no son muy comunes, excepto en algunos puntos en el que haya una reducción de espesor o discontinuidad en la mampostería. A menudo es inútil y dañino intervenir aislando la envolvente (a través de la capa exterior). El riesgo está en causar fenómenos de condensación, reduciendo la permeabilidad de las distintas capas al alterar la porosidad de los materiales existentes. La interacción entre partes "nuevas" y "antiguas" se debería de evaluar con cuidado, no solo desde un punto de vista estético, si no mayormente desde la compatibilidad química, física y mecánica, con el fin de evitar un deterioro mayor. Por esto, el aislamiento térmico deberá ajustarse a la permeabilidad y transpirabilidad del actual sistema de pared o se deberá equilibrar mediante medidas alternativas que disipen el exceso de humedad, como el aumento de ventilación natural, el cual aumenta la dispersión térmica.

Entre los materiales de aislamiento disponibles en el mercado, para los edificios históricos son particularmente adecuados los de material de fibra natural, tanto orgánicos como inorgánicos, que son capaces de reducir la transmisión de calor por convección o radiación. Además, su estructura les hace transpirables e higroscópicos, y por lo tanto compatibles con las características térmicas-hygrométicas de la mampostería tradicional. En cuanto al aislamiento interior, se debería considerar la reducción de superficie útil. En esto caso, se deberá de dar preferencia a los materiales de alto rendimiento y espesor reducido, tales como las barreras radiantes o el aislamiento al vacío.

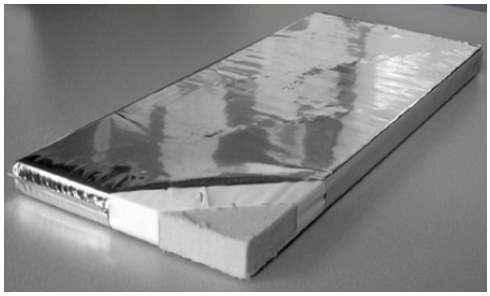


Imagen 32. Panel aislado al vacío

Imagen 33. Barreras radiantes

Si realizamos una comparación entre los edificios antiguos y modernos, los edificios modernos y recientes (mayormente en el sector terciario) generalmente se diseñan y conciben como unidades selladas, con una baja o inexistente ventilación natural, lo que a menudo requiere sistemas de ventilación mecánica. En cambio, la envolvente de los edificios históricos tiene una transpirabilidad natural que depende de la porosidad de los materiales, el sistema constructivo y la ventilación natural de la estructura completa. Los edificios tradicionales e históricos se construyen con materiales de alto grado de permeabilidad al vapor, que, en presencia, de valores relativamente altos de humedad responden diferente a los materiales duros y estancos usados en las construcciones modernas. Es importante acordarnos que la presencia de humedad en paredes históricas constituye un riesgo adicional tanto desde un punto de vista mecánico como de deterioro.

Los tejados son la parte de la envolvente que están más sujetos a estrés físico, químico y mecánico debido a los agentes atmosféricos. Cuando sea posible, las intervenciones se deberían de concentrar en la mejora de los sistemas pasivos de los edificios, como la construcción de lucernarios o chimeneas de ventilación, o la integración de sistemas activos de producción energética.

En el equilibrio energético de la envolvente, las ventanas y los marcos son puntos críticos del proyecto de diseño debido a sus características estancas (pérdidas de calor a través del vidrio y juntas/sellos) y sus características funcionales (intercambio de aire y ventilación). Es importante considerar que las intervenciones sobre ventanas alteran el aspecto original del edificio, pero también es una prioridad gestionar la relación entre partes nuevas y antiguas. Esto se debería de considerar especialmente en edificios con alta inercia térmica, ya que su

comportamiento energético puede cambiar debido a la introducción de nuevos elementos que regulan la ventilación.

Los vidrios tradicionales generalmente no presentan buenas propiedades de resistencia a la transmisión de calor. Su sustitución por vidrio con una mayor resistencia térmica mejora el rendimiento de la envolvente al reducir las pérdidas de energía.

Equipamiento del edificio

La mejora de la eficiencia energética de un edificio debería de prever una intervención sobre el equipo, especialmente en aquel relacionado con la producción de energía térmica necesaria para calefacción y agua caliente. Hay muchas soluciones disponibles en el mercado y las calderas modernas poseen unos rendimientos muy altos en comparación con los tradicionales.

La inclusión de equipo debería de ajustarse a los estándares de los edificios históricos y no deberíamos de caer en la tentación de la automatización a cualquier coste. Se debería dar preferencia a la calidad y simplicidad, tanto en la inclusión de equipo como durante su gestión y mantenimiento. Estas fases deberían ser aplicadas de manera suave y nunca de manera que impliquen operaciones destructivas.

Es recomendable diversificar los sistemas de calefacción y refrigeración en las distintas zonas del edificio a la hora de diseñar y gestionar los sistemas de aire acondicionado, de acuerdo con las características, orientación, masa estructural total, provisión de elementos estructurales y el uso de las distintas zonas. La instalación de nuevos sistemas de aire acondicionado ayuda a mantener condiciones óptimas en la conservación de los edificios históricos. Es necesario evaluar con cuidado todas las variaciones inducidas por el encendido de los sistemas que puedan afectar los valores térmicos-hygrométicos de las zonas del edificio. A largo plazo, los sistemas se deberían de llevar a pleno funcionamiento, comprobando con regularidad los valores de humedad dentro de las distintas zonas del edificio.

La mejora de la eficiencia energética y la cantidad de energía utilizada para el aire acondicionado del edificio depende de varios factores que están relacionados con las condiciones climáticas interiores y exteriores: (i) las ‘soluciones pasivas’ del edificio (características tecnológicas y constructivas que se aprovechan del clima exterior); (ii) las soluciones

'activas' del edificio (equipos que controlan y modifican las condiciones climáticas interiores); y (iii) el tipo de sistemas de generación de energía.

Iluminación

En cuanto a los principios de renovación, en este caso, también se debe buscar la compatibilidad entre lo nuevo y lo antiguo. Esto lleva a la búsqueda de elementos antiguos y a adaptarlos, teniendo en cuenta que se pueden reutilizar parcialmente, además de elegir soluciones y materiales a medida que sean mínimamente invasivos y compatibles con las estructuras antiguas. Desde un punto estético, esto implica realizar elecciones específicas teniendo en cuenta el impacto visual y espacial. También se debería tener en cuenta la reversibilidad, prefiriendo sistemas expuestos o los huecos existentes en vez de realizar conductos en la pared. Estos criterios están llevando a la industria y los profesionales a analizar y sugerir nuevas soluciones y productos que den respuesta a esta demanda específica de mercado.

Estrategias pasivas

Los edificios tradicionales apenas se ajustan a los requisitos actuales de confort térmico. Sin embargo, emplean un amplio abanico de estrategias pasivas de control climático que se pueden utilizar en combinación con sistemas activos para reducir la demanda de energía. A la hora de actualizar edificios con el objetivo de conseguir eficiencia energética, a menudo se olvida tener en cuenta cómo funcionaba el edificio cuando se construyó. Un escenario típico es elegir un tipo de aislamiento que mejore la estanqueidad con el fin de prevenir las pérdidas de calor, reduciendo así la ventilación natural y aumentando el contenido de humedad en la estructura, lo que a menudo lleva a la aparición de moho.

Aunque se debe evaluar el impacto en cada edificio, mejorar las estrategias pasivas y educar a los usuarios puede rendir unos ahorros energéticos considerables. Utilizar elementos de sombreado, conseguir una adecuada ventilación de espacios y dar preferencia a la vegetación en las zonas aledañas ahorra calor en las épocas frías y proporciona frescor en las épocas calurosas.

Energías renovables

Uno de los mayores obstáculos de la implementación de energía solar en edificios históricos es el impacto del volumen, materiales y superficie de la estructura sobre la estética. Por lo tanto, se debería considerar la importancia de planificar intervenciones que se basan en la reversibilidad y el uso no invasivo de tecnologías, teniendo en cuenta el valor patrimonial del edificio. Se deben de abordar las soluciones en cada caso, de acuerdo con las tecnologías disponibles.

El sistema más común de Energías Renovables sigue siendo el fotovoltaico. Se debería tener en cuenta que se consiguen mejores rendimientos con superficies continuas de paneles que con elementos pequeños. El rendimiento depende del tamaño de la superficie, la orientación y la inclinación de los paneles. La instalación de paneles fotovoltaicos en el tejado de edificios históricos, debido a la orientación y la inclinación, presenta dificultades a la hora de obtener los mayores beneficios posibles desde un punto de vista energético. Para conseguir una relación coste beneficio óptima, normalmente se recomienda, especialmente en edificios situados en centros históricos, ubicar los sistemas de producción en una zona exterior, el aparcamiento o en zonas industriales. El sistema más utilizado es la instalación de paneles fotovoltaicos de distintos tamaños en elementos arquitectónicos. Sin embargo, existen otros elementos fotovoltaicos disponibles en el mercado que son normalmente más pequeños que los paneles tradicionales y se integran en los elementos constructivos. Estos pueden ser más adecuados para edificios históricos. Son, por ejemplo, las tejas solares, las láminas fotovoltaicas que se pueden aplicar en ventanas o las placas de vidrio con células fotovoltaicas.

Lo mismo aplica al uso de sistemas de energía solar térmica. En los edificios históricos generalmente se recomienda usar sistemas con tanque en el interior. Se debería analizar la instalación de paneles con el fin de no modificar la estética arquitectónica del edificio, y debería inclinarse por soluciones de mimetismo cromático.

El uso de bombas de calor, biomasa y geotermia en edificios o centros históricos sigue siendo menos conocido. Se prefieren los sistemas y estrategias pasivas, como espacios intermedios, conductos de luz o conductos de ventilación.

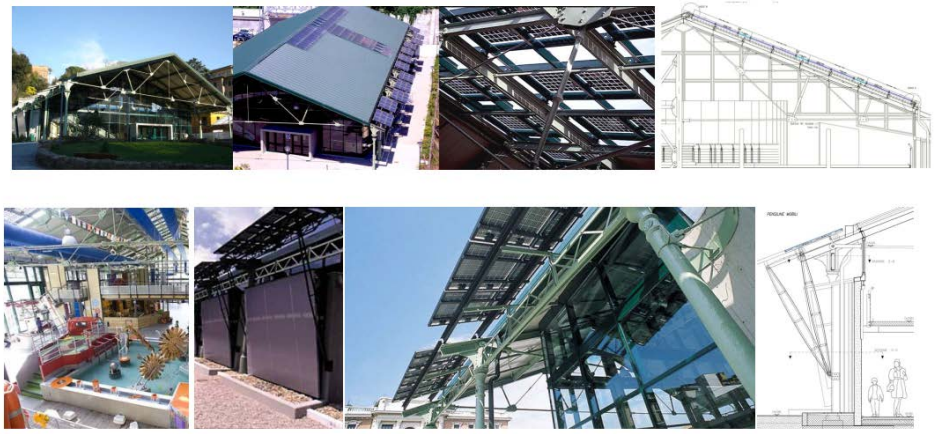


Imagen 34. Roma, Italia. El edificio del Museo de los Niños, Museo dei Bambini, es un complejo de edificios históricos que se construyeron entre 1870 y 1920. Los edificios y espacios se han restaurado y adaptado a la función de la exhibición. El sistema fotovoltaico se ha integrado en dos pasos:

El primer sistema fotovoltaico, de 15,2 kWp, se instaló en 2001 sobre el lucernario de la parte sur de un pabellón. Tiene 12 elementos de sombra que permiten variar la sombra proporcionada a la fachada dependiendo de la estación. Hay 180 paneles instalados, de los que 72 están sobre el lucernario y 108 en los elementos de sombra. Este sistema produce la energía necesaria para el funcionamiento de todos los ordenadores del museo, muchos juegos y objetos expuestos, y se ha instalado con la ayuda del proyecto INNOPEX (THERMIE- Energy).

El segundo sistema fotovoltaico, de 18 kWp, se instaló en el 2007 y se encuentra en la zona de aparcamiento. Es una instalación con 100 paneles solares que proporciona sombra a los coches, y produce la energía necesaria para el consumo realizado por las oficinas administrativas, la tienda y la taquilla. Se ha instalado a través de la iniciativa italiana "Conto Energia".

Fuentes: https://www.mdbr.it/visita-il-museo/il-museo/
http://ptp.irb.hr/upload/mape/kuca/01_Jens_Ole_Hansen_INNOPEX_Innovative_architectural_integrati.pdf

Imagen 35. Paris, Francia., el edificio Compagnie Parisienne Distribution Electricite se completó en 1929 y amplió su vocación a través de la instalación de un equipo fotovoltaico (2007) inédito en Paris, originalmente diseñado como una máquina, y que apenas se ve en Francia. Por lo tanto, la herramienta de producción eléctrica sigue en fase de experimentación.

Compagnie Parisienne Distribution Electricite, Paris, Fuente Francia: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Compagnie_Parisienne_Distribution_Electricite.jpg

Imagen 36."Sala Nervi", Ciudad del Vaticano, Roma, Italia. Un ejemplo interesante de aplicación RES en contextos delicados, ya que se realiza en uno de los actores más importantes de la arquitectura moderna italiana; se ve representado en el Aula Pablo VI (Sala Nervi).

El proyecto (2007) supuso la sustitución de las tejas de la cara sur con paneles fotovoltaicos y, la parte norte del tejado con material de alta tecnología, cuya particularidad es reflejar parte de la radiación social, aumentando así la productividad del sistema. En 2008 se pusieron en marcha 2.400 paneles fotovoltaicos que se instalaron en el tejado y que cubrían al menos una cuarta parte de las necesidades energéticas en la Sala Nervi y los edificios colindantes. Este es el primer sistema fotovoltaico de la Ciudad del Vaticano, y garantiza 221,59 kW con una capacidad anual de aproximadamente 315.000 kWh, reduciendo el consumo en 70 TEP y ahorrando unas emisiones de CO_2 de más de 200 toneladas.

Fuente: http://www.architetto.info/news/energia/il-fotovoltaico-installato-a-citta-del-vaticano/

Uno de los mayores obstáculos en relación con los edificios históricos está relacionado con los mecanismos financieros, ya que el uso de soluciones limitadas o específicas hace que las intervenciones sean más caras en comparación con los nuevos edificios. Por lo tanto, es necesario abordar los edificios históricos de forma más amplia y global. Muchos de estos edificios se encuentran en centros históricos y constituyen el corazón de la estructura de la comunidad. La sostenibilidad y eficacia de las intervenciones pueden mejorar si varios edificios se abordan de forma conjunta, liberando a los edificios históricos de las presiones de implementar medidas de actualización heterogéneas e inadecuadas que puedan dañar su valor.

A.4.1 REFERENCIAS

Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, *Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel Patrimonio Culturale - architettura, centri e nuclei storici ed urbani,* 2015, (also on line):

http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/Contenuti/MibacUnif/Comunicati/visualizza_asset.html_345420287.html

Emanuela Martini, *Advanced draft of PhD thesis on Conservation of Historic Buildings*,

Francesco Cerroni, *Progettare il costruito: tecnologie per la riqualificazione sostenibile dei siti ad elevata qualità storica e ambientale,* Roma, Gangemi, 2010.

Jens Ole Hansen, Jan-Cees Jol, Cinzia Abbate, *INNOPEX - Innovative architectural integration of Photovoltaic energy in existing buildings in DK, NL, IT*.
http://ptp.irb.hr/upload/mape/kuca/01_Jens_Ole_Hansen_INNOPEX_Innovative_architectural_integrati.pdf

Explora, Il museo dei bambini a Roma, https://www.mdbr.it/

Valentina Dessì, *Il fotovoltaico installato a Città del Vaticano,* luglio 2015, Architetto. Info/Energia (on line)
http://www.architetto.info/news/energia/il-fotovoltaico-installato-a-citta-

Lorenzo Margiotta, *Impianti solari anche in vaticano-Contenimento dei consumi e produzione di energia pulita*, Edilizia 2000, (on line) http://www.edilia2000.it/Impianti-solari-anche-in-vaticano_5-2-4022.html

CASA&CLIMA, *Efficienza energetica, "Energia solare per il Vaticano*, (on line) http://www.regione.vda.it/energia/notiziario_ultime/allegati/allegato1363ita.pdf

(A.G, E.M, S.F)

A.5 ESTRATEGIA DE RENOVACIÓN INTEGRAL Y BENEFICIOS COLATERALES DE LAS RENOVACIONES ENERGÉTICAS DE EDIFICIOS

Renovación integral - Planificación y estrategia de diseño

Los edificios de alto rendimiento se tienen que optimizar en muchos ámbitos distintas, empezando por el diseño del edificio (arquitectura), sobre el cual se puede incidir menos durante la renovación de un edificio existente. El siguiente paso es fijarse en la calidad térmica de la envolvente del edificio y las soluciones detalladas que eviten los puentes térmicos y que aseguren la estanqueidad, y además elegir y tener en cuenta la calidad de los sistemas del edificio que proporcionan calefacción, refrigeración (si fuera necesario), ventilación, iluminación y automatización. Se deben elegir los equipos de eficiencia energética para los edificios públicos, y la energía se debe generar mediante fuentes de energía renovable para compensar el uso de la energía.

Es esencial considerar desde el primer momento la sostenibilidad y la eficiencia energética con el fin de fijar los objetivos clave. Las ambiciones e intenciones se deben establecer en el programa de edificación con un número finito de objetivos de alto nivel que sean claros y fáciles de gestionar. Los objetivos deberían estar enfocados a la idoneidad del edificio, la demanda energética y los materiales del edificio, y ser específicos. Si no se fijan los objetivos en una fase temprana, se suelen olvidar o no se incluyen debido a las presiones que se derivan del presupuesto y del calendario de trabajo.

Los conocimientos profesionales de los arquitectos y los ingenieros se deben combinar en la fase de diseño, estimando como los distintos diseños de las estructuras y las envolventes de los edificios influyen en el clima interior y uso energético para la calefacción, refrigeración, ventilación e iluminación. Un análisis climático revelará el potencial de utilizar los recursos solares, de iluminación y eólicas disponibles. Los conceptos se deberían de probar mediante maquetas con el fin de diseñar y ajustarlo a la situación real antes de desarrollar gradualmente el diseño final.

Anteriormente, las simulaciones ambientales del rendimiento de los edificios solo lo realizaban los ingenieros al final del proceso de diseño. Cualquier punto débil en el rendimiento del diseño se puede corregir añadiendo calefacción, refrigeración, sombras, rendijas de ventilación, ventiladores, paneles, etc. Sin embargo, el final del proceso de diseño es demasiado tarde para incorporar varias técnicas pasivas, las cuales se deberían considerar en las fases tempranas y más conceptuales del proceso de diseño del edificio.

Un proceso de planificación interdisciplinar se basa fundamentalmente en la idea de un trabajo en equipo optimizado, que debería de comenzar en la fase de pre-proyecto con el fin de definir claramente los objetivos. Además, debería de existir una gestión cualificada del proceso de gestión, y se deberían de aplicar las herramientas de análisis y evaluación considerando una variedad de opciones desde el primer momento. Los conocimientos de los distintos especialistas se deberían incluir en una fase temprana.

El procedimiento de Comisionamiento puede combinar todos los objetivos incluidos en los anteriores capítulos. Es importante que la intención del diseño se fije claramente y los objetivos de rendimiento (los distintos factores que influyen en el rendimiento en las diferentes fases del proyecto de edificio) se verifiquen durante cada paso del proyecto. Los nuevos conceptos y las nuevas aplicaciones tecnológicas son complejos para los propietarios de edificios, arquitectos y consultores. Si al equipo de diseño le faltan conocimientos sobre los temas ambientales o si los objetivos de rendimiento son especialmente complicados, se debería añadir al equipo un facilitador de procesos externo. El facilitador tendrá la tarea de sacar a la luz los problemas de rendimiento existentes en todo el proceso y contribuir con conocimientos especializados en el equipo de diseño. El facilitador puede ser un agente de Comisionamiento.

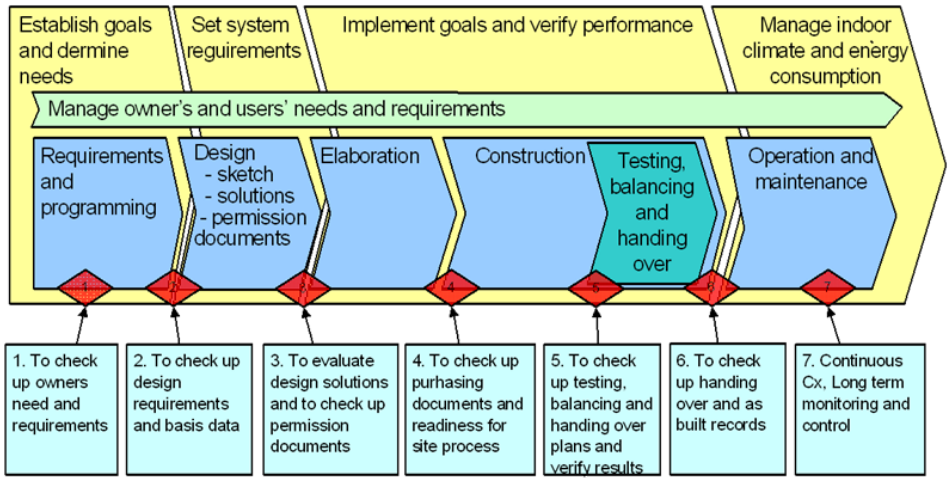


Imagen 37. El procedimiento de Comisionamiento

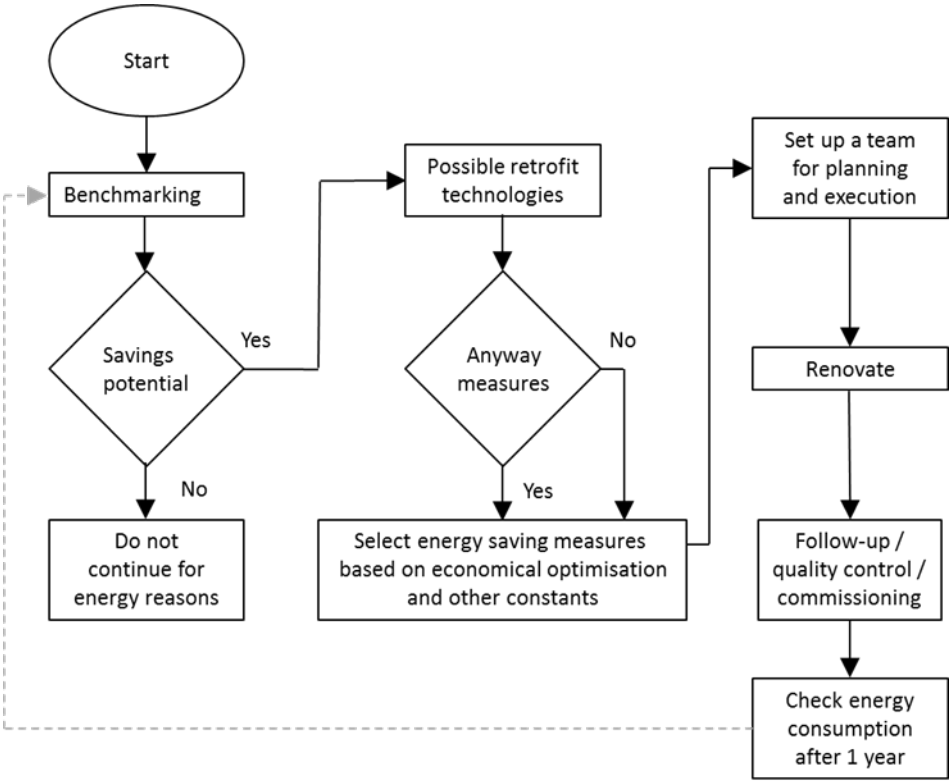


Imagen 38. Proceso de renovación energética

Con el objetivo de reducir el consumo energético, se recomienda una estrategia de cinco pasos:

1. Reducir las pérdidas de calor y la demanda de refrigeración
2. Reducir el consumo eléctrico
3. Utilizar las ganancias pasivas solares
4. Controlar y mostrar el uso energético
5. Seleccionar las fuentes de energía, preferiblemente y mayormente renovables

En otras palabras, el punto de partida sería la implementación de medidas de energía eficiente que reduzcan la demanda de energía, y después cubrir la demanda residual utilizando fuentes de energía renovables.

Los diseñadores deberán de estimar varias veces como distintas distribuciones de plano, estructuras y diseños de envolvente influyen sobre el clima interior y el uso energético. Uno de los grandes retos es gestionar los conflictos entre objetivos. Las medidas se deben equilibrar con el fin de conseguir varios objetivos:

- La explotación de luz diurna beneficiará la satisfacción y bienestar de los usuarios. Además, reducirá el consumo de la potencia eléctrica de iluminación artificial. Por otro lado, un uso excesivo de acristalamiento podría causar una demanda más alta de calefacción y posiblemente refrigeración
- La calidad del aire y la temperatura de confort beneficiará la satisfacción y bienestar de los usuarios. Para ello, se requiere un sistema de ventilación de alto rendimiento. Por otro lado, el consumo energético del sistema se debe mantener lo más bajo posible
- Una acústica adecuada beneficiará la satisfacción y bienestar de los usuarios. Un tiempo de reverberación adecuado variará de acuerdo con las funciones, y quizás se deberían de tomar medidas contradictorias en cuanto al espacio multifuncional. Se deberá considerar la instalación de absorbentes teniendo en

cuenta el beneficio de que la masa térmica estabilice la temperatura interior.

Las distintas soluciones tienen distintos puntos fuertes y puntos débiles, y el equipo de proyecto debe optimizar la solución en su conjunto y no solo componente a componente. De la evaluación de distintas soluciones, el equipo de proyecto identifica los parámetros que marcan la diferencia y se informa más sobre los impactos ambientales del diseño. Los criterios de éxito deberán estar acordes con la consecución los objetivos e intenciones fijados en el programa.

Beneficios colaterales de renovaciones energéticas de edificios

Reducir la demanda de energía y proporcionar un ambiente interior bueno es fundamental a la hora de actualizar los edificios públicos. Cualquier proyecto de renovación de edificios se deberá abordar desde un punto de vista holístico. Esto incluye tener en cuenta la parte de la renovación que se realizará por otra razón que el de ahorro energético, el deterioro siendo la razón más común. De todas maneras las necesidades de renovación influyen mucho en los costes, los cuales se deberán asignar a la actualización energética y, por lo tanto, al Valor Neto Actual y la amortización de las inversiones. Por ello, una de las primeras actividades en cualquier proyecto de renovación es la de identificar las medidas.

En segundo lugar, y tan pronto como se pueda en el proceso de renovación, se deben identificar los beneficios colaterales, como la mejora del ambiente interior, y centrarse en ellos, con el fin de garantizar que estos beneficios colaterales se conviertan en resultados de la renovación. Puede que incluso sea posible asignarles un valor económico.

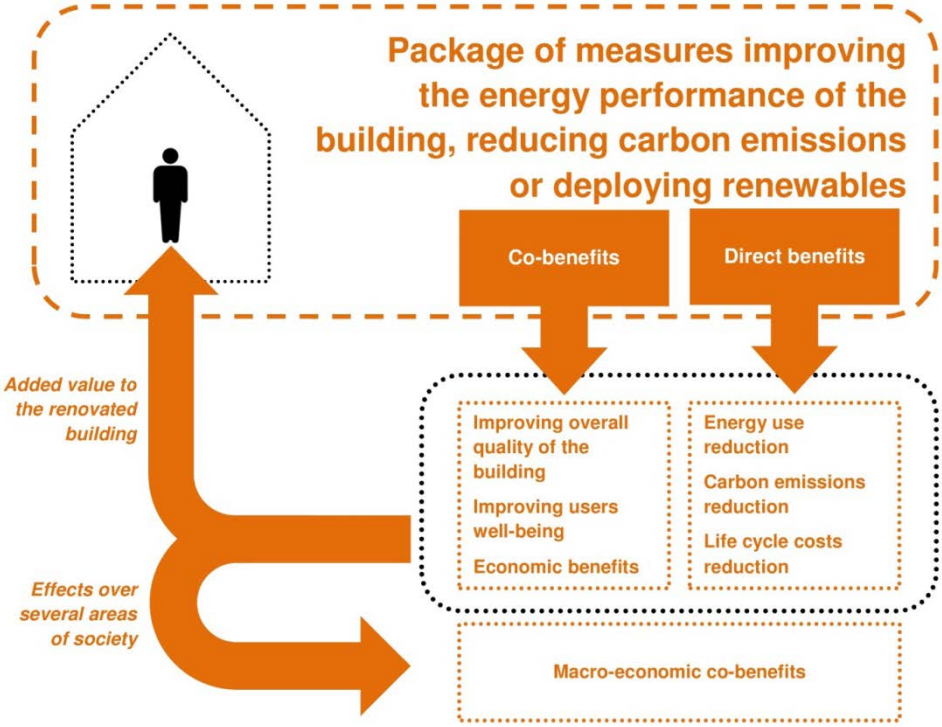


Imagen 39. Beneficios directos y colaterales de energía rentable y emisiones de carbono relacionados con la renovación de edificios.[18]

Se usan muchos términos en la bibliografía existente para describir los efectos secundarios que surgen de la renovación de edificios, tales como los beneficios colaterales, los beneficios no energéticos (NEBs) y beneficios múltiples. El término de beneficios colaterales se utiliza aquí para incluir todos los efectos de las medidas de renovación energética, excepto la reducción de energía, las emisiones de CO_2 y los costes. Estos beneficios colaterales pueden tener un valor considerable y en muchas ocasiones son ignorados, y, por ello, el valor total del trabajo de renovación muchas veces se infravalora.

Estos beneficios no solo se notan en los edificios (mayor confort en el usuario, menos problemas con la física del edificio, estética mejorada, etc., ver Cuadro 1), pero también a un nivel macroeconómico y social

[18] *Co-benefits of energy related building renovation, Annex 56, Marco Ferreira, University of Minho – Civil Engineering Department, Guimarães, Portugal et al.)*

(beneficios para la salud, creación de empleo, seguridad energética, impacto sobre el cambio climático, etc., ver Cuadro 2).[19]

Cuadro 21. Tipos de beneficios privados derivados de medidas energéticas rentables

Categoría	Beneficio colateral	Descripción
Calidad de construcción	Física del edificio	Menos condensación, humedad y problemas de moho.
	Facilidad de uso y control por parte del usuario	Facilidad de uso y control del edificio renovado por parte de los usuarios (controles de termostato automático, cambios de filtro más fáciles, envío más rápido de agua caliente, etc.).
	Integración arquitectónica y estética	Mejora de la estética del edificio renovado (a menudo depende de la identidad del edificio), como una de las razones principales de renovación de edificios.
	Superficie útil del edificio	Aumentar la superficie útil (aprovechando los balcones con acristalamiento o ampliando los existentes) o reducir la superficie útil (instalar aislamiento interior o nuevos BITS). Esto también se puede conseguir eliminando las superficies frías, haciendo que sea más cómodo estar cerca de las ventanas.
	Seguridad (intrusión y accidentes)	Sustitución de elementos constructivos por elementos nuevos con los últimos estándares, resultando en menos riesgos de accidente, fuego o intrusión.
Económico	Menor exposición a las fluctuaciones de los precios de la energía	Una menor exposición a las fluctuaciones de los precios de la energía le da al usuario una sensación de control y una mayor certidumbre de poder mantener el nivel deseado de confort.
Bienestar del usuario	Confort térmico	Un confort térmico más alto debido a un mejor control de la temperatura de las habitaciones, mayor temperatura radiante y menores diferencias de temperatura, corrientes y humedad del aire.
	Luz natural y contacto con el exterior	Más luz natural, incluyendo un contacto visual con el entorno de vida exterior (mejor humor, moral, menor fatiga, menor cansancio ocular).
	Calidad del aire interior	Mejor calidad de aire interior (menos gases, partículas, contaminantes microbianos que pueden inducir a condiciones de salud adversos), mejor salud y mayor confort.
	Ruido interior y exterior	Aislamiento del ruido exterior, pero un mayor riesgo de molestia debido al ruido interior después de reducir el nivel de ruido exterior.
	Orgullo, prestigio, reputación	Mayor orgullo y prestigio, una mayor sensación de responsabilidad medioambiental o tranquilidad debido a las medidas energéticas.
	Facilidad de	La facilidad de instalación se puede usar como parámetro

[19] Co-benefits of energy related building renovation, Annex 56, Marco Ferreira, University of Minho – Civil Engineering Department, Guimarães, Portugal et al.

Categoría	Beneficio colateral	Descripción
	instalación y menor molestia	para encontrar el paquete de medidas que proporcione los máximos beneficios.

Cuadro 22. Tipos de beneficios privados derivados de medidas energéticas rentables

Categoría	Subcategoría	Descripción
Medioambiental	Reducción de contaminación del aire	La contaminación del aire exterior se reduce por quemar menos combustible fósil y minimizar el efecto de bóveda térmica en periodos calurosos. La menor contaminación del aire tiene efectos positivos sobre el medioambiente, los impactos en materia de salud y los daños a los edificios.
	Reducción de escombros de construcción y de demolición	La renovación de edificios reduce, reutiliza y recicla los escombros, especialmente si se compara con la sustitución de edificios actuales por otros nuevos.
Económico	Precios de energía más bajos	Reducción de precios de energía debido a la menor demanda de energía.
	Nuevas oportunidad de negocio	Nuevos nichos de mercado para empresas nuevas (como ESCOs[20]), que puede resultar en un mayor crecimiento de PIB[21] cuando hay un efecto neto entre las empresas nuevas y aquellas que se expulsan del mercado.
	Creación de empleo	Menor desempleo debido a medidas de eficiencia energética que requieren gran cantidad de mano de obra.
	Menos energía subvencionada	Disminución de la cantidad vendida de energía subvencionada (en muchos países, la energía para la población está altamente subvencionada).
	Mayor productividad	PIB/ingresos/beneficios generados gracias a las nuevas oportunidades de negocio y la creación de empleo.
Social	Mejor bienestar social, menor pobreza energética	Menores gastos en combustible y electricidad; menos personas afectadas por bajos niveles de servicio energético; y menor exposición a las fluctuaciones de los precios de la energía.
	Mayor confort	Normalizando los indicadores de temperatura y humedad; menores corrientes de aire; más aire puro; y menor estrés térmico a través de menores bóvedas

[20] Una empresa de servicios energéticos o empresa de ahorro energético (ESCO o ESCo) es una empresa comercial o sin ánimo de lucro que proporciona una amplia gama de soluciones energéticas, incluyendo el diseño y la implementación de proyectos de ahorro energético, actualización, conservación de energía, externalización de infraestructura energética, generación de electricidad y suministro de energía, y gestión de riesgos.

[21] El Producto Interior Bruto (PIB) es una medida del tamaño de una economía.

Categoría	Subcategoría	Descripción
		térmicas.
	Menor mortalidad y morbilidad	Menor mortalidad debido a menos aire contaminado interior y exterior, y una reducción de estrés térmico en los edificios. Menor morbilidad debido a mejor iluminación y eliminación de moho.
	Menores efectos fisiológicos	Beneficios de productividad y de aprendizaje debido a mejor concentración, ahorros y mayor productividad debido a evitar el Síndrome del edificio enfermo[22].
	Seguridad energética	Menor dependencia de energía importada

Los paquetes de medidas de renovación rentables que solo consideran los costes operativos y de inversión a menudo no son lo suficientemente ambiciosos en cuanto al rendimiento energético del edificio. Es importante identificar y evaluar todos los efectos que surgen de distintas medidas de renovación. Estos beneficios a menudo son difíciles y prácticamente imposibles de cuantificar y medir con precisión, lo que hace aún más complicado añadir su contribución a un análisis coste-beneficio tradicional. Algunos de los beneficios colaterales se generan como consecuencia de la reducción del consumo de energía, de las emisiones de CO_2 y de los costes, mientras que otros se generan como un efecto secundario de las medidas de renovación (menor ruido, esfuerzos considerables de integración, etc.). Dependiendo de la dureza del clima, el periodo/calidad de construcción y muchos factores más, los edificios se comportan de distinta manera, crean distintas bases y requieren distintas estrategias de intervención.

A.5.1 REFERENCIAS

Marco Ferreira, et al, *.Co-benefits of energy related building renovation,* Annex 56.

[22] El término Síndrome del edificio enfermo se usa para describir situaciones en los que los ocupantes del edificio experimentan efectos agudos de la salud y confort que parecen estar relacionados con el tiempo pasado en un edificio, pero no se puede identificar ninguna causa ni enfermedad específica.

A.6 COMENTARIOS FINALES

Esta Guía de renovación nZEB – La Eficiencia Energética y el uso de Sistemas de Energía Renovable se ha proporcionado para identificar los factores que afectan al rendimiento del edificio, que dependen de:

- el rendimiento de la envolvente del edificio
- el rendimiento del sistema de calefacción
- el rendimiento del sistema de refrigeración
- el funcionamiento del sistema de aire acondicionado y ventilación
- el funcionamiento del BAS (sistema de automatización del edificio)
- el lugar del edificio, entorno y microclima al que está expuesto (efectos del tiempo, tráfico, etc.)
- cargas interiores
- uso y usuarios del edificio

El rendimiento total depende de lo bien que se integran estos sistemas para que funcionen juntos. Por ejemplo, en el caso de las renovables, es fundamental que las distintas partes de las fuentes de energía distribuidas trabajen juntas de forma óptima. Además, se debe garantizar la compatibilidad y el uso simultáneo de los distintos sistemas; a menudo se ignora la integración y los beneficios previstos no se consiguen. Desgraciadamente, el rendimiento de los edificios renovados solo se comprueba durante el periodo de prueba y ajuste (TAB), justo cuando se completan los trabajos de implementación o incluso cuando parte del edificio todavía se está renovando. Este periodo de verificación normalmente se planifica de forma que resulta demasiado breve. Algunos fallos ocurrirán justo después de la renovación durante la fase de uso, cuando las reparaciones son demasiadas caras. Por ello, se debe enfatizar lo importante de una buena planificación y de unas medidas apropiadas durante el proyecto y después de los trabajos de renovación; esto requiere una gestión adecuada y competente. Además, los instrumentos de financiación deberán estar en orden. Lo fundamental es que el propietario del edificio y los distintos grupos de interés tengan una visión global del proceso de

renovación y que el objetivo y el diseño previsto estén claramente definidos.

En general, las renovaciones también se realizan en base a otras razones distintitas a las razones energéticas. Si existen daños estructurales, hay un cambio de uso o se quiere renovar el ambiente interior, es posible combinar reparaciones de eficiencia energética con otras medidas. Hay varios incentivos y herramientas de financiación para las renovaciones energéticas. Es muy importante que el proceso de renovación esté bien organizado y planificado.

- **PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO:**
  - añadiendo aislamiento
  - estancando la envolvente con el fin de evitar flujos de aire incontrolados e infiltraciones
  - cambiando las ventanas y usar sistemas de sombreado

- **PARA REDUCIR EL USO DE ELECTRICIDAD:**
  - cambiando los sistemas de iluminación por sistemas de iluminación más eficientes en términos energéticos, por ejemplo LEDs
  - mejorando la eficiencia de los aparatos, por ejemplo, usando aparatos con bajo consumo stand-by
  - realizando un uso eficiente de la iluminación natural
  - usando las distintas opciones de control (sensores de ocupación, iluminación inteligente, etc.)
  - realizando un subcontaje, con el fin de detectar la distribución del consumo

- **PARA USAR LAS POSIBILIDADES DE TECNOLOGÍAS TIC:**
  - usando sensores inalámbricos adicionales
  - mejorando la supervisión y el control
  - usando de forma efectiva los Sistemas de Automatización de Edificios (BAS)
  - usando un Sistema de Gestión Energética de Edificios (BEMS)

- **PARA SELECCIONAR LAS FUENTES RENOVABLES DE ACUERDO CON LOS RECURSOS NATURALES Y LAS SOLUCIONES DISPONIBLES**

Debe destacar que las medidas de renovación se pueden planificar en para periodo más largo, si fuera necesario. Incluso el orden en el que se lleva a cabo la renovación: qué se debe hacer en la primera fase y qué se debe hacer después. El rendimiento del edificio depende de muchos factores interrelacionados. Si las medidas de renovación no se asignan correctamente, puede acabar siendo negativo, pesando más los daños causados que el ahorro de energía conseguido; un ejemplo es si solo se estanca la envolvente del edificio en caso de ventilación natural, se pueden generar problemas de calidad en el interior.

La renovación y las medidas de reparación no se pueden separar, ya que se afectan mutuamente, en la mayoría de los casos. Si los efectos de las medidas se encuentran en conflicto, no se conseguirán los objetivos fijados. Esto puede ocurrir, por ejemplo, si el edificio tiene ventilación natural, estancar la envolvente (cambiar las ventanas) puede deteriorar las condiciones de funcionamiento.

PARTE **B**

GUÍA PARA LA FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE RENOVACIÓN NZEB

PREMISAS

El objetivo de esta guía es proporcionar información práctica y completa sobre las oportunidades de financiación existentes para la actualización integral de los edificios municipales actuales para convertirlos en nZEB.

Obviamente, no todas las soluciones son apropiadas para todos los proyectos. Una financiación eficaz de proyectos depende en gran medida de las características de las herramientas de financiación y el proyecto de construcción. Por lo tanto, aquí se presentan las principales herramientas de financiación y sus características.

Se debe destacar que el análisis no pretende ser exhaustivo y que se refiere al periodo de desarrollo del proyecto CERtuS.

Para comprobar la disponibilidad de los recursos, se deben realizar las siguientes preguntas:

- ¿Quiénes son los sujetos que gestionan los recursos? ¿Cómo se contacta con ellos?
- ¿Cuáles son los procedimientos para pedir la activación de unos recursos específicos? ¿El procedimiento es simple o no? ¿Es necesario pedir asistencia técnica?
- ¿Cuándo se materializará el proyecto? ¿Se encuentra disponible el recurso o herramienta durante el periodo de desarrollo?
- ¿Quiénes son los beneficiarios? ¿Pueden garantizar el pago de la intervención y su beneficio - ahorros energéticos?
- ¿Cuáles son las características principales del proyecto para pedir su candidatura?
- ¿Qué son las inversiones subvencionables? Y, ¿qué porcentaje requiere financiación?
- ¿Qué documentos se deben preparar para pedir las herramientas/recursos?
- ¿Cuáles son las reglas de utilización y presentación de informes de proyecto? ¿Cumplen con las reglas internas para procedimientos, presupuestos e informes?

A continuación se presenta información detallada sobre herramientas de financiación específicas:

- Capital
  - Fondos de Infraestructura e Inmobiliarios
  - Fondos de Inversión de Eficiencia Energética
  - Mecenazgo
- Fondos Específicos y Subvencionados
  - Principales Fondos Subvencionados Europeos
- Subvenciones
  - Principales Fondos de Subvención Europeos
  - Principales Fondos de Subvención Nacionales y Regionales
- Incentivos Fiscales y de otro tipo
  - Incentivos Fiscales
  - Tarifas de alimentación
  - Medición neta
  - Certificados Blancos
  - Mecanismo de Financiación a través de la Factura

B.1 CAPITAL

B.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El capital se puede conseguir con un amplio abanico de expectativas potenciales, dependiendo de la fuente de los fondos y las autoridades de gestión. Por lo que, por ejemplo, el capital se puede conseguir de autoridades públicas o de un fondo privado, y el alcance del fondo puede ser para proyectos de construcción de eficiencia energética o, en general, para propiedades inmobiliarias o proyectos en otros sectores. En cuanto al sector de la eficiencia energética, en la tabla que se presenta a continuación se muestran las expectativas de cualquier potencial inversor de capital a la hora de realizar una profunda renovación en edificios públicos.

Origen	Alcance	Expectativas potenciales
Fondo público	Mejora de eficiencia energética	Conseguir una renovación del 3% del parque de muebles cada año (para la UE)
	Renovación nZEB	Todos los edificios nuevos o renovados deberán ser nZEB
Inversor individual	La renovación del edificio, lo cual puede incluir una actualización energética en profundidad	Aumentar el valor del edificio y su atractivo de mercado
Fondo privado	Inversión en propiedades inmobiliarias, lo cual puede incluir una actualización energética en profundidad	Aumentar el valor del edificio y su atractivo de mercado

B.1.2 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE CAPITAL

El capital se puede ofrecer para un proyecto a través de una entidad gestora, la cual puede obtener los fondos de unos pocos grandes inversores o de un gran número de pequeños inversores. Normalmente, hay una mínima y, posiblemente, una máxima cantidad de fondos que los inversores pueden contribuir al fondo. Los inversores pueden ser personas físicas, empresas públicas o privadas o incluso organizaciones.

Los principales planes de financiación que pueden ofrecer capital destinado a la eficiencia energética de edificios son:

- Fondos de Infraestructura e Inmobiliarios
- Fondos de Inversión de Eficiencia Energética
- Mecenazgo

B.1.2.1 Fondos de Infraestructura e Inmobiliarios

De acuerdo con el Energy Efficiency Financial Institution Group (EEFIG) "los Fondos de Infraestructura e Inmobiliarios proporcionan una gran cantidad de inversiones de eficiencia energética en el sector de la construcción. Estas inversiones se llevan a cabo durante el ciclo de inversión del fondo y forman parte de las inversiones inmobiliarias convencionales"[23]. Por lo tanto, los fondos de inversión inmobiliarios son grupos de interés clave, y son capaces de aumentar la financiación de las medidas de eficiencia energética en edificios a través de mayores inversiones de capital y de más actividad en los fondos. Además, un estudio reciente[24] establece que "el surgimiento de nuevos Fondos Inmobiliarios Sostenibles cuya aplicación estricta de los criterios de inversión socialmente responsables y cuyo potencial concentración sobre los mejores edificios de rendimiento energético pueden soportar la transformación del mercado". Pero de acuerdo con el mismo estudio, su tamaño suele ser pequeño y tienden a concentrarse en edificios nuevos.

Por otro lado, las empresas inmobiliarias parecen tener un mayor interés en edificios con mejor trayecto en materia de sostenibilidad, ya que suelen tener un mayor valor de mercado para los inquilinos y los inversores[25]. Según un estudio de Deloitte Center for Financial Services sobre la actualización de edificios de oficinas existentes con medios sostenibles, incluyendo eficiencia energética, rendimiento del agua y la reducción de residuos, revela una mayor tasa interna de rendimiento (TIR) de la inversión de aproximadamente 155 puntos básicos de media sobre la inversión total en edificios[26].

[23]"Energy Efficiency – the first fuel for the EU Economy: How to drive new finance for energy efficiency investments", página 98, Energy Efficiency Financial Institution Group (EEFIG)
[24]https://ec.europa.eu/energy/en/news/new-report-boosting-finance-energy-efficiency-investments-buildings-industry-and-smes
[25]"2015 Commercial Real Estate Outlook Enhance Technology, Enable Innovation", Deloitte.
[26]"Breakthrough for sustainability in commercial real estate", Deloitte

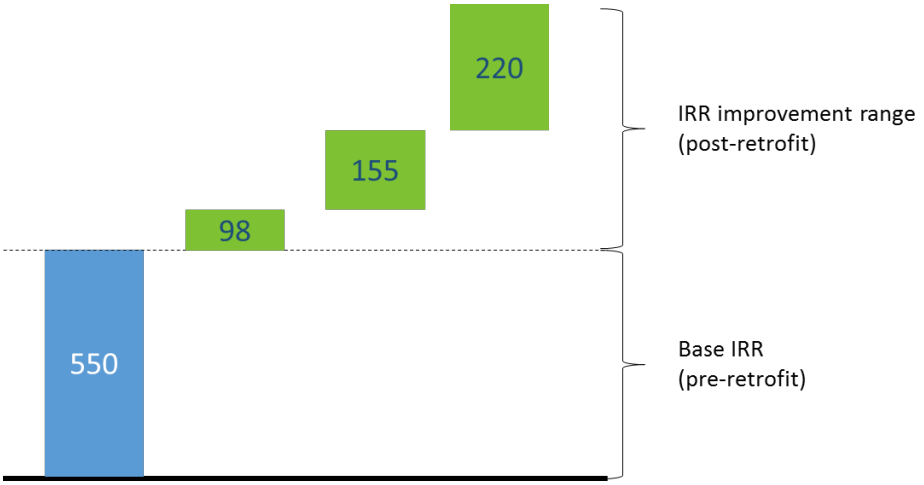


Imagen 40. Mejora de TIR post-actualización en puntos básicos (reproducción de "Resultados de simulación de un análisis realizado por Deloitte Center for Financial Services")

En conclusión, más del 70% de los gestores de fondos inmobiliarios están integrando sistemas de gestión medioambientales en su gestión de carteras, y estos inversores están liderando el impulso de reflejar el rendimiento energético en la evaluación de edificios comerciales.

B.1.2.2 Fondos de Inversión de Eficiencia Energética

El alcance principal de los fondos de inversión de eficiencia energética es la inversión en proyectos de eficiencia energética para edificios y la industria, buscando un retorno basado, por lo menos en parte, en los ahorros conseguidos. Según el informe de EEFIG, estos fondos buscan inversores de Inversión Socialmente Responsable (ISR) e instituciones públicas de financiación por su captación de fondos.

De los Fondos de Inversión de Eficiencia Energética normalmente se esperan altos rendimientos, por lo que se centran en proyectos con periodos de amortización medios y cortos. En consecuencia, aunque los Fondos de Inversión de Eficiencia Energética puedan considerar invertir en la actualización energética en profundidad de edificios municipales, parece que será difícil que se constituya en la principal entidad de inversión.

Algunos de los más conocidos Fondos de Inversión de Eficiencia Energética en Europa son:

- **European Energy Efficiency Fund** (http://www.eeef.eu/)

- **Fondo Italiano per l'Efficienza Energetica** (http://www.fitef.com/)
- **Global Energy Efficiency and Renewable EnergyFund** (http://geeref.com/)
- **Sustainable Development Capital Limited** (http://www.ggf.lu)
- **Sustainable Development Capital LLP** (http://www.sdcl-ib.com)
- **SUSI partners** (http://www.susi-partners.ch)
- **The London Energy Efficiency Fund** (http://www.leef.co.uk/)
- **UK Energy Efficiency Investments Fund** (www.sdcl-ee.com)

B.1.2.3 Micro-mecenazgo

El micro-mecenazgo es la práctica por la cual se financia un proyecto recaudando fondos de un gran número de inversores[27]. Es una forma alternativa de financiación que ha surgido fuera del sistema de financiación tradicional.

El modelo de micro-mecenazgo[28] se basa en tres tipos de actores: el promotor del proyecto, que propone la idea o el proyecto a financiar; los inversores, que apoyan la idea; y la plataforma, que junta a las partes para lanzar la idea.

En 2013, la industria del micro-mecenazgo recaudó más de $6,1 billones de dólares en el mundo, llegando a $16,2 billones en 2014 y doblando esta cifra de nuevo en 2015 hasta $34,4 billones.

Tipos de micro-mecenazgo

1. Basado en recompensas: los emprendedores pre-venden un producto o servicio con el fin de lanzar el concepto de negocio sin incurrir en ninguna deuda o sacrificar capital/acciones
2. Basado en acciones: los inversores reciben acciones de la empresa, normalmente en fases, a cambio del dinero aportado
3. Basado en préstamos: los inversores reciben un tipo de interés fijo
4. Basado en donaciones: quienes hacen aportaciones contribuyen con fondos para apoyar una iniciativa o proyecto de caridad sin esperar beneficios de la transacción

El micro-mecenazgo basado en recompensas se ha utilizado para un amplio abanico de fines, incluyendo la promoción de películas y música,

[27] http://cdn2.hubspot.net/hub/343005/file-2612198431-pdf/2015-Whitepaper_files-Retail/PENSCO_2015CrowdfundingReport_0315.pdf
[28] https://en.wikipedia.org/wiki/Equity_crowdfunding

el desarrollo de software gratis, el desarrollo de inventos, la investigación científica y proyectos civiles, pero no aún para proyectos inmobiliarios. Los otros tres tipos ya se usan para financiar proyectos inmobiliarios.

El micro-mecenazgo y los proyectos inmobiliarios

Los tipos más comunes son los basados en acciones y préstamos. En ambos casos, la empresa de micro-mecenazgo ejecuta la debida diligencia y evaluación de los proyectos de construcción, mientras que cada empresa puede tener criterios específicos de inversión. Por ejemplo, algunas empresas se concentran en inversiones en una zona geográfica particular, en un tipo de (uso) edificios específico o en inversiones con un mínimo rendimiento financiero que sea aceptable. Las empresas de micro-mecenazgo también requieren una inversión mínima, que puede ser tan baja como de €10, aunque normalmente excede los €1,000.

Con tal de que el proyecto cumpla con los criterios de inversión predefinidos, se realiza una convocatoria de financiación (lanzamiento de micro-mecenazgo) para el público en general o exclusivamente para los socios de la plataforma. Las aportaciones de los inversores (micro-mecenazgo basado en acciones y préstamos) se garantizan mediante un primer cargo legal registrado contra la propiedad o terreno.

La empresa de micro-mecenazgo cobra al prestatario una tasa única y el inversor una tasa anual, hasta que se retire de la inversión, por gestionar el proyecto.

El micro-mecenazgo de proyectos inmobiliarios no es una técnica de financiación muy generalizada en los estados miembros del Sur de Europa a la hora de participar en un proyecto. Se debe destacar que la mayoría de los proyectos inmobiliarios financiados mediante el micro-mecenazgo se han registrado en Italia, seguido de España. En Portugal y Grecia, no se ha registrado la financiación de ningún proyecto inmobiliario a través del micro-mecenazgo. Especialmente en Grecia, solo hay una plataforma que se encuentra operativa, que se lanzó en febrero de 2016, y hasta ahora (septiembre 2016), la financiación se ha obtenido solo a través del modelo de donación[29].

[29] https://www.nbg.gr/act4greece/act4greece-2/

B.1.3 VENTAJAS, DESVENTAJAS Y OTRAS CONSIDERACIONES

La previsión de capital en la estructura de financiación del proyecto es un parámetro clave que indica el interés de los inversores y la competitividad del proyecto en las condiciones de mercado. Generalmente, los proyectos se financian a través de deuda y capital, con un ratio de capital máximo del 60/40, aunque esto no sea siempre el caso. La deuda y el capital se deben pagar del flujo de capital que genera el proyecto[30]. En el caso de ahorro energético, el flujo de capital se genera de la reducción de los costes operativos, mayormente del considerable menor consumo de energía en el edificio.

Es importante destacar que la financiación a través de capital es distinta a la financiación a través de deuda, ya que en la primera los inversores se llevan un porcentaje de la empresa, normalmente en forma de acciones durante un periodo de tiempo limitado, hasta su salida, o ilimitado. Una estructura de financiación simple pero típica de un proyecto de construcción[31] se puede ver en la siguiente imagen[32].

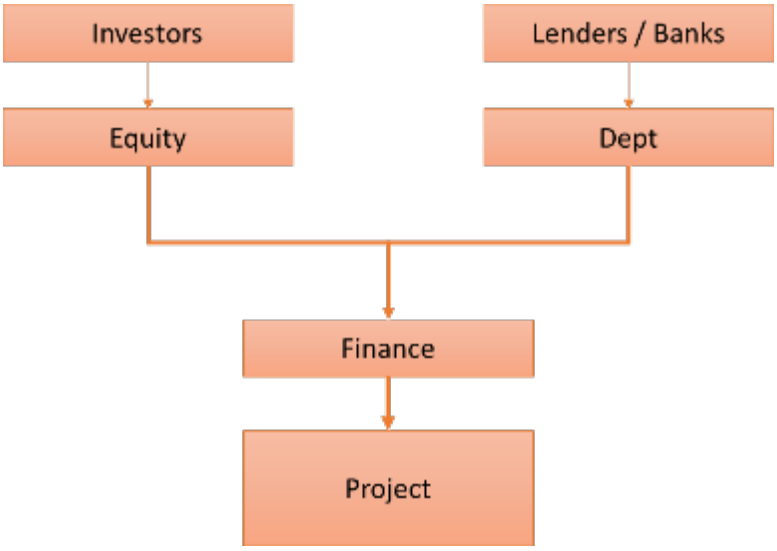


Imagen 41. Estructura de financiación simple pero típica de un proyecto de construcción

[30]"Key Differences Between Project Finance and Venture Finance", In[3] Finance (http://www.in3finance.com/project-vs-venture-finance-for-startups)
[31] "Project Finance", Fred Moavenzadeh, MIT OpenCourseWare (http://ocw.mit.edu/index.htm)
[32]Centro de Recursos para Asociaciones Público-Privadas en Infraestructura (http://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/about-pppirc)

Las desventajas de la financiación de un proyecto a través de capital es que los inversores se convierten en accionistas del proyecto y por lo tanto:

- pueden participar en su gestión
- esperan un alto rendimiento
- están interesados en proyectos grandes
- el plan de financiación del proyecto requiere establecer una sociedad instrumental tipo SPV en inglés, lo que puede resultar más complicado y tener mayores gastos operativos que el préstamo

Por otro lado, la financiación del proyecto a través de capital es una manera muy eficiente de financiar y gestionar, especialmente, los proyectos de construcción, ya que se centra en la consecución de un flujo de capital positivo que garantice la devolución a los prestamistas e inversores. Algunas de las principales ventajas de este tipo de financiación son:

- proporciona los fondos necesarios que pueda contribuir a que el proyecto sea rentable
- requiere la ejecución de una debida diligencia detallada que proteja el proyecto y los inversores
- requiere de un plan de negocios viable, que puede ser útil desde el punto de vista de la planificación y, especialmente de la gestión de riesgos
- es un indicador claro de que el proyecto es interesante para el mercado y que puede atraer a muchos inversores

En el caso del micro-mecenazgo, el hecho de que el plan de negocios deba ser más o menos público puede ser una desventaja adicional, ya que lo conocerán los competidores, aunque el gran número de pequeños inversores puede ser positivo para su gestión, ya que ninguno de ellos será un accionista principal y, por lo tanto, no podrá participar en su gestión.

B.2 FONDOS ESPECÍFICOS Y SUBVENCIONADOS

B.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Los fondos específicos y subvencionados son instrumentos financieros creados para financiar proyectos con retornos financieros positivos pero con unos estándares más bajos que los de mercado, en términos de:

- Retornos financieros (menores que los de mercado)
- Periodos de amortización (menores que los de mercado)
- Paquete de garantías (no coherente con los requisitos de mercado)
- Estándares de financiación del patrocinador de proyecto (menores que los de mercado)

Para llenar el **vacío de mercado** y a la vez reducir la inversión en forma de subsidios, se crearon algunos instrumentos financieros para apoyar los proyectos, mejorar su calidad de financiación y, por lo tanto, hacerlos más atractivos.

Los Fondos Subvencionados normalmente:

- Se crean y financian por Entidades Públicas (europeas, nacionales, locales) y/o por Entidades Filantrópicas (fundaciones, beneficencias, ONGs, etc.) para conseguir los objetivos sociales y medioambientales
- Se gestionan por entidades especializadas (bancos, fondos de capital privado, bancos de desarrollo, etc.) que en algunos casos cofinancian los fondos que gestionan

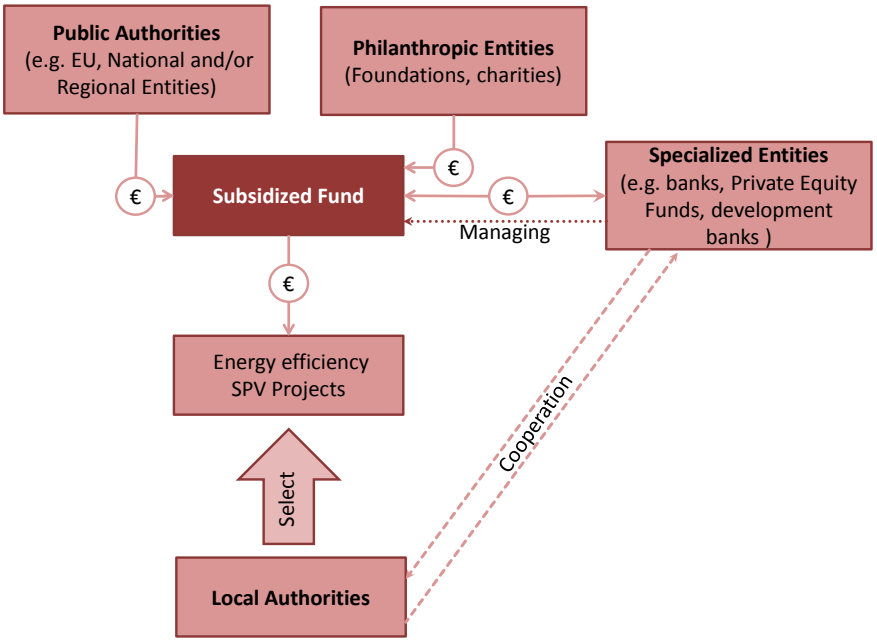


Imagen 42. Proceso de Fondo Subvencionado

No existe una definición homogénea de Fondos Subvencionados, ya que presentan grandes diferencias, las cuales se explican a continuación. Mediante la generalización se intentará definir las principales características.

Objetivos - Los Fondos Subvencionados en muchos casos juegan un papel principal en la estructuración de financiación de iniciativas de eficiencia energética, ya que salva la brecha entre la subvención y el mercado financiero, permitiendo que se financien las iniciativas. Por lo tanto, los objetivos típicos de los Fondos Subvencionados son:

- reducir el uso de subvenciones, mediante instrumentos reembolsables (garantías, prestamos, capital, etc.) con unas expectativas positivas de retorno financiero pero menores que los instrumentos de mercado
- aumentar la cooperación entre instituciones públicas y privadas, compartiendo conocimientos entre ambas partes
- atraer recursos de cofinanciación privados (los gestores de fondos pueden cofinanciar proyectos con sus propios recursos)

Financiadores/Inversores - Los Fondos Subvencionados están mayormente respaldados por entidades públicas y/o filantrópicas, tales

como las autoridades que gestionan los fondos comunitarios (ERDF, ESF, EARDF, etc.), las agencias de desarrollo nacional, las Instituciones de Desarrollo Internacionales, fundaciones, etc.

Estas entidades generalmente:

- Operan en base a planes de inversión para promocionar condiciones sociales/medioambientales en un cierto territorio (programas operativos, planes de desarrollo, etc.)
- Financian varios proyectos objetivo y los receptores de financiación (por ejemplo, promocionando la eficiencia energética en edificios públicos a través de procedimientos de asociación pública que financian ESCOs)
- Usar la mayoría de sus recursos (ERDF, ESF, LIFE, etc.) para financiar subsidios y algunos de los recursos sobrantes como Fondos Subvencionados (préstamos blandos, capital subvencionado, etc.) a través de intermediarios (bancos, aseguradoras de garantías, fondos de capital privado, etc.)

Gestores de Fondos – Los Fondos Subvencionados normalmente necesitan de gestores de fondos (bancos, fondos de capital privado, entidades financieras, etc.) para operar con ellos. Esto se debe a:

- Limitaciones legales: en muchos países, las entidades públicas, por ejemplo, las autoridades que gestionan los fondos, no pueden operar como prestamistas y/o inversores de capital
- Limitaciones técnicas: las entidades públicas que participan en la financiación de subsidios normalmente no tienen experiencia en seleccionar y estructurar contratos de inversión y proyectos viables desde un punto de vista económico
- Gestión de riesgos: las entidades públicas pueden compartir/transferir los riesgos del proyecto con los gestores de fondos que normalmente están más capacitados para ello

Productos Financieros - como se ha comentado en párrafos anteriores, los Fondos Subvencionados emplean una amplia gama de productos financieros, que se detallan a continuación:

- Capital (capital de riesgo): es el producto financiero con más riesgo, ya que es el último recurso financiero a amortizar, y, por lo tanto, es un tipo de activo muy escaso, especialmente en los sectores de

eficiencia energética, que se caracterizan por un rendimiento previsto escaso y muchas ESCOs descapitalizadas

- Financiación de entresuelo: es una forma híbrida de financiación (prestamos de accionistas, obligaciones convertibles, etc.). En las iniciativas de eficiencia energética, se proporcionan por inversores de capital con el fin de mitigar el riesgo de la inversión
- Préstamos para proyectos: generalmente los Fondos Subvencionados tienen requisitos más laxos que los bancos en cuanto al tipo de interés, plazo y paquetes de garantías
- Garantías y contragarantías: estos instrumentos (descritos en detalle más abajo) reducen el riesgo de las iniciativas garantizando el sector financiero
- Otros productos financieros: que pueden ser más parecidos a la financiación de subsidios y al micro-mecenazgo, subsidio de intereses de préstamos de mercado, etc.

Beneficiarios finales y procedimientos de selección de proyecto - como se ha indicado anteriormente, las entidades públicas que respaldan los Fondos Subvencionados operan en base a planes de inversión para promocionar las condiciones medioambientales/sociales. Estos planes normalmente presentan procedimientos estructurados y rígidos de selección de proyectos y receptores finales (convocatoria de licitaciones, candidaturas abiertas, etc.). Aunque no sea posible eliminar todos los criterios de selección de proyecto en los Fondos Subvencionados, se pueden considerar algunas características particulares de estos instrumentos, tales como:

- Sostenibilidad financiera del proyecto
- Periodo de amortización del proyecto
- Riesgo de contrapartida

Procedimientos de control y supervisión - como ya se ha dicho, las entidades públicas que respaldan los Fondos Subvencionados tienen procedimientos de control y supervisión estructurados y rígidos.

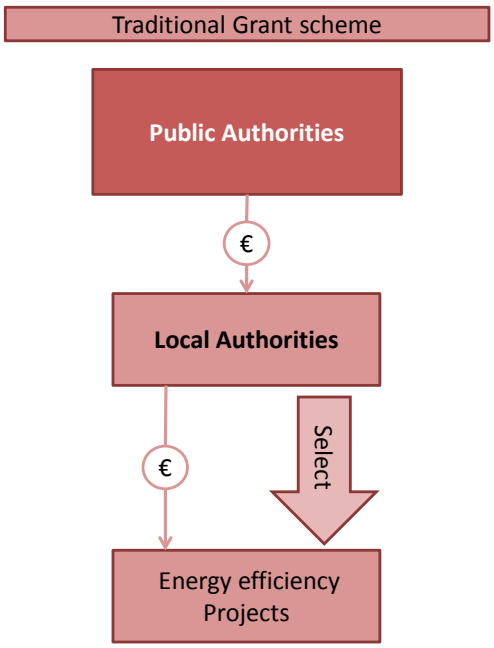


Imagen 43. Plan de Subsidio Tradicional

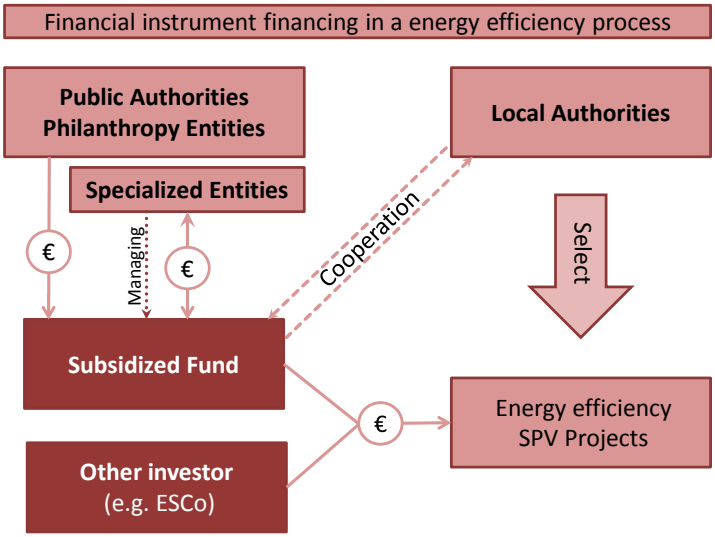


Imagen 44. Ejemplo de un proceso de financiación de eficiencia energética

B.2.2 PRINCIPALES FONDOS SUBVENCIONADOS EUROPEOS

La siguiente tabla incluye los principales Fondos Subvencionados europeos y sus características.

Nombre de fondo	Promotor	Beneficiario	País disponible	Presupuesto	Tamaño de inversión	Idoneidad para nZEB
Financiación Privada Para Eficiencia Energética (PF4EE)	BEI, LIFE	Autoridades locales, PYMEs, ESCOs, Servicios Públicos	ES, CZ, FR	€480m	< €5m	alto
ESIF Instrumentos Financieros (anteriormente JESSICA)	BEI	Organismos públicos	Depende del programa operativo	Depende del programa operativo	Depende del programa operativo	alto
BEI Prestamos Intermediados	BEI	Sector público y privado	UE			medio
Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas (EFSI)	BEI	Sector público y privado	UE 28	€16m de garantía €5b de capital para coinvertir	Sin restricciones	bajo

Cuadro 23. Principales Fondos Subvencionados europeos disponibles para eficiencia energética

B.2.2.1 Financiación Privada Para Eficiencia Energética (PF4EE)

El instrumento de Financiación Privada Para Eficiencia Energética (PF4EE) es un acuerdo mutuo entre el BEI y la Comisión Europea, el cual tiene por fin abordar el acceso limitado a la financiación comercial adecuada y asequible para inversiones de eficiencia energética.

El instrumento tiene como objetivo proyectos que respaldan la implementación de Planes Nacionales de Acción para la Eficiencia Energética u otros programas de eficiencia energética de los Estados Miembros de la UE.

Los dos objetivos principales del instrumento PF4EE son:

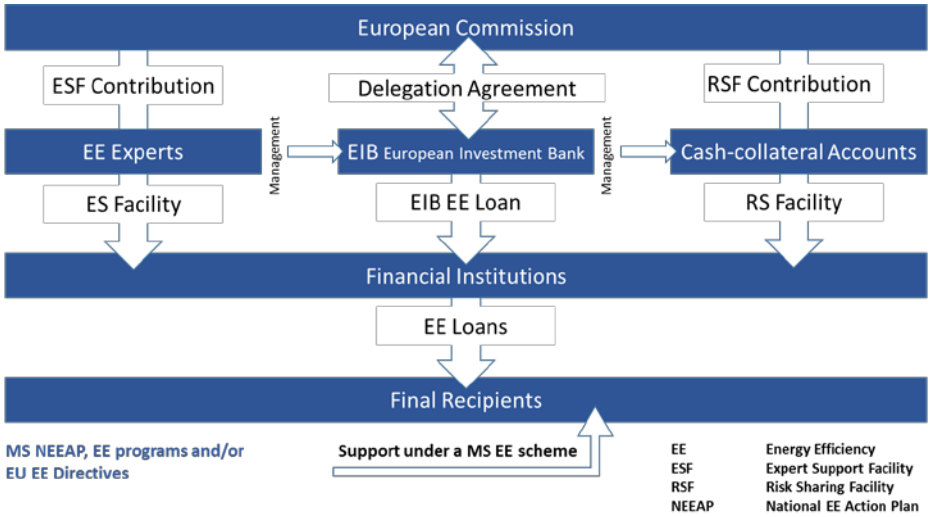
- conseguir que otorgar préstamos para la eficiencia energética sea un actividad sostenible en las instituciones financieras europeas, considerando el sector de la eficiencia energética como un segmento de mercado diferenciado

- aumentar la disponibilidad de financiación a través de la deuda para las inversiones de eficiencia energética

EL BEI gestiona este instrumento y está financiado por el Programa de Medio Ambiente y Acción por el Clima (LIFE). El programa LIFE destinó €80m a financiar la protección del riesgo crediticio y los servicios de apoyo especializados. El BEI movilizará esta cantidad, poniendo a disposición un mínimo de €480m para financiación a largo plazo.

El instrumento, cuando se activa, es implementado por un **Intermediario Financiero**. El Intermediario Financiero es una entidad financiera que se selecciona para participar en la implementación del Instrumento PF4EE de acuerdo con la "Petición de Ofertas"[33] y con el cual el BEI ha firmado uno o más acuerdos legales.

Los receptores finales que se benefician del Instrumento PF4EE se deben definir en el contexto de los relevantes NEEAP (Planes Nacionales de Acción para la Eficiencia Energética) de los Países Participantes. Estos pueden incluir personas, comunidades de propietarios, empresas, instituciones/entidades públicas y otras entidades que asumen Inversiones Viables de Eficiencia Energética[34].



[33] "Request for proposals in order to become a Financial Intermediary under the PF4EE" - http://www.eib.org/attachments/documents/pf4ee_request_for_proposals_en.pdf

[34] Ver pág. 24 del documento "Request for proposals in order to become a Financial Intermediary under the PF4EE"

Imagen 45. Función PF4EE[35]

El instrumento PF4EE proporcionará:

- una cartera de protección de riesgo crediticio mediante garantía en efectivo (RSF - Instrumento de Riesgo Compartido)
- financiación a largo plazo del BEI (Préstamo del BEI para Eficiencia Energética)
- servicios de apoyo a expertos para los Intermediarios Financieros (ESF - Instrumento de Apoyo a Expertos)

Desde el 31 de diciembre de 2015, este instrumento apoyó tres intermediarios financieros con Instrumentos de Riesgo Compartido e Instrumentos de Apoyo a Expertos por un total de €14m.

PF4EE solo se encuentra disponible en España, La República Checa y Francia.

La experiencia[36] de España en cuanto a eficiencia energética en el sector hotelero nos muestra como este instrumento combina tres elementos:

- El primero es un préstamo del BEI para mejorar las condiciones de financiación de las inversiones de eficiencia energética financiadas por el Banco Santander
- El segundo componente cubre parcialmente las pérdidas potenciales en las que puede incurrir el Santander debido a los préstamos de eficiencia energética mencionados anteriormente
- El tercer elemento reforzará la capacidad crediticia de las inversiones de eficiencia energética del Banco de Santander, gracias a la experiencia técnica y financiera obtenida de planes similares en otras partes de Europa

[35]Fuente: Banco Europeo de Inversiones

[36] El Banco Europeo de Inversiones y el Banco Santander firmaron un acuerdo valorado en €50m bajo la iniciativa de Financiación Privada Para Eficiencia Energética, que es un plan europeo cuyo objetivo es aumentar y mejorar las condiciones de financiación para el sector privado de inversión a la hora de reducir el uso energético en España.
http://www.eib.org/infocentre/press/releases/all/2015/2015-300-eib-banco-santander-agreement-to-finance-investments-in-energy-efficiency-in-the-hotel-sector.htm

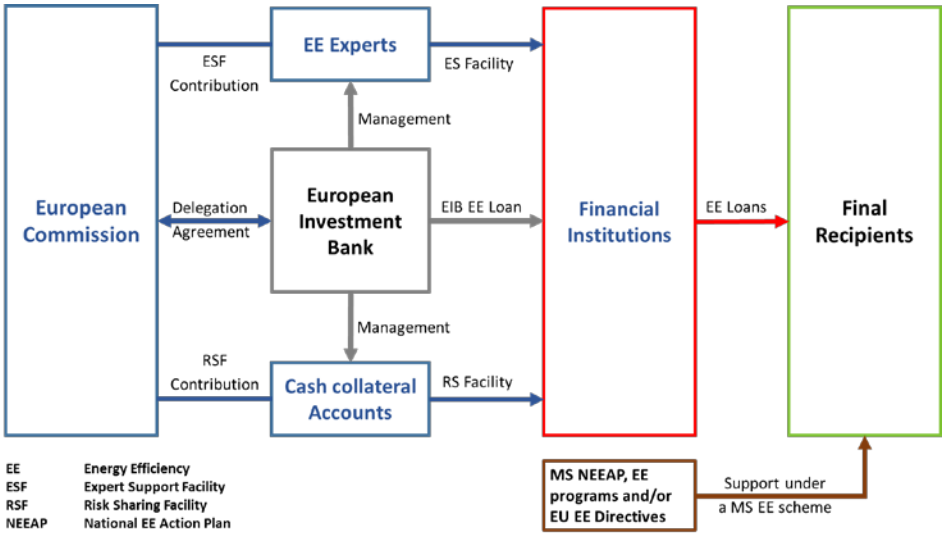


Imagen 46. Función PF4EE[37]

Si un Municipio o Receptor Final considerase este Programa, deberá verificar:

- ¿Está activado el PF4EE?
- ¿Quiénes son los Intermediarios Financieros de la implementación del instrumento?
- ¿El Proyecto del candidato cumple los requisitos?
- ¿Cuáles son los pasos definidos por los Intermediarios Financieros para comenzar un proceso de selección?

TIPO	BENEFICIARIOS	PAÍSES[38]	PRESUPUESTO
Prestamos ventajosos y garantías	Autoridades locales, PYMEs, ESCOs, Servicios Públicos	ES, CZ, FR	€480m

Cuadro 24. Características principales de PF4EE

Referencia: http://www.eib.org/pf4ee

[37] "Request for proposals in order to become a Financial Intermediary under the PF4EE" - documento publicado el 19/01/2015

[38] Se puede activar el PF4EE en cualquiera de los Países Participantes (Estado Miembro de la Unión Europea)

B.2.2.2 Fondos Estructurales y Fondos de Inversión Europeos (ESIF) – Antiguamente Jessica

Los Instrumentos Financieros (IFs) transforman los recursos de la UE dispuestos bajo los Fondos Estructurales y Fondos de Inversión Europeos (ESIF) en productos de financiación tales como préstamos, garantías, capital y otros mecanismos de riesgo. Estos se usan para financiar proyectos económicamente viables que fomentan los objetivos de las políticas de la UE. Los IFs tienen como finalidad poner los fondos de la UE a buen uso y de forma eficiente, asegurándose de que las subvenciones se complementen con otros productos financieros para que la financiación de la UE se pueda utilizar una y otra vez debido al efecto retorno. Los IFs se pueden combinar con apoyo técnico, garantías o subvenciones de bonificación de intereses.

Un ejemplo del tipo de IF que se puede desarrollar es el Fondo de Desarrollo Urbano (UDF, por sus siglas en inglés). El UDF puede invertir en asociaciones público-privadas y otros proyectos integrados de desarrollo urbano sostenible. En el periodo de programación 2007-2013, varios proyectos fueron financiados por UDFs bajo la denominación JESSICA. Los principales beneficios de JESSICA eran que:

- Ayudaban a la eficiencia y efectividad de la ayuda con Fondos Estructurales usando instrumentos financieros no basados en subvenciones, y, por lo tanto, proporcionando mayores incentivos para implementar proyectos con éxito
- Movilizaban recursos adicionales para las asociaciones público-privadas y otros proyectos de desarrollo urbano con especial hincapié en la sostenibilidad/reciclado
- Usaban los conocimientos financieros y de gestión de las instituciones de financiación internacional, como el BEI
- Fomentando el desarrollo de los proyectos a través del apoyo a la institución financiera que se dedica a implementar el instrumento

TIPO	BENEFICIARIOS	PAÍSES	PRESUPUESTO
Mayormente préstamos, pero también cuasicapital y	Mayormente Organismos Públicos	Depende del programa operativo	Depende del programa operativo

garantías

Cuadro 25. Características principales del ESIF

Referencia: http://www.eib.org/products/blending/esif/index.htm

B.2.2.3 Banco Europeo de Inversiones (BEI): Prestamos Intermediados

Los Prestamos Intermediados se proporcionan por parte del Banco Europeo de Inversiones a los bancos locales. Estos préstamos solo se facilitan para determinados fines. Una de las condiciones es la mejora de la sostenibilidad medioambiental de las PYMES, que incluye el apoyo al suministro de energía segura y competitiva. En general, todos los préstamos intermediados deben estar dirigidos a por lo menos uno de los siguientes objetivos de política pública:

- El aumento del potencial de empleo y crecimiento, incluyendo el apoyo a las PYMEs y empresas de tamaño medio
- La cohesión económica y social abordando los desequilibrios sociales y económicos, fomentando los conocimientos económicos, la innovación y enlazando la infraestructura de transporte regional y nacional
- La sostenibilidad medioambiental, apoyando el suministro de energía segura y competitiva
- Acciones encaminadas al crecimiento resistente al clima

Los beneficiarios finales pueden ser:

- Pequeñas y medianas empresas
- Empresas de tamaño medio
- Empresas grandes
- Autoridades locales
- Autoridades nacionales
- Organismos del sector público

El intermediario deberá transferir una ventaja financiera que refleje el impacto de la financiación del BEI, mientras que las condiciones del préstamo pueden ser flexibles en relación con el tamaño, plazo, estructura, etc.

TIPO	BENEFICIARIOS	PAÍSES	PRESUPUESTO

Préstamos ventajosos	Municipios	Miembros de la UE	Continuo

Cuadro 26. Características principales de Préstamos Intermediados del Banco Europeo de Inversiones (BEI)

B.2.2.4 Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas (EFSI)

El EFSI es una iniciativa lanzada conjuntamente por el Banco Europeo de Inversiones y la Comisión Europea para cerrar la brecha actual de inversiones en la UE mediante la movilización de financiación privada para inversiones estratégicas.

El EFSI es una garantía de 16 billones de euros procedentes del presupuesto de la UE, complementado con 5 billones de euros del capital propio del BEI.

Con el apoyo del EFSI, el Banco Europeo de Inversiones y la Comisión Europea proporcionan financiación a proyectos económicamente viables, añadiendo valor. Aquí también se incluyen proyectos con un perfil de riesgo mayor que los acostumbrados por el BEI. Se concentra en los sectores clave donde el Banco Europeo de Inversiones y la Comisión Europea tienen experiencia contrastada y la capacidad suficiente de conseguir un efecto positivo en la economía europea, tales como:

- Infraestructura estratégica, incluyendo el mundo digital, el transporte y la energía
- Educación, investigación, desarrollo e innovación
- Expansión de energía renovable y eficiencia de recursos
- Apoyo para empresas pequeñas y empresas de tamaño medio

Desde el 16 de junio de 2016, el EFSI ha aprobado 266 transacciones por un total de €17,7b, de los cuales el 22% han ido al sector de la Energía.

TIPO	BENEFICIARIOS	PAÍSES	PRESUPUESTO
Prestamos ventajosos y garantías	Sector público y privado	UE 28	€16b de garantía €5b de capital

Cuadro 27. Características del Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas (EFSI)

Referencia: http://www.eib.org/efsi/

B.2.3 VENTAJAS, DESVENTAJAS Y OTRAS CONSIDERACIONES SOBRE ESTE TIPO DE INSTRUMENTO FINANCIERO

Los proyectos nZEB normalmente tienen periodos de amortización largos y una sostenibilidad financiera baja. Además, los Municipios en muchas ocasiones no son capaces de proporcionar a un proyecto la cantidad de financiación requerida y las ESCOs no se interesan en estos proyectos si no existe una rentabilidad adecuada. Por lo tanto, la disponibilidad de fondos subvencionados podría ayudar a los Municipios o ESCOs reducir el coste de capital y mejorar la sostenibilidad del proyecto.

Los Fondos Subvencionados, proporcionados en forma de préstamos de bajo interés o de interés cero, son unos instrumentos financieros muy útiles para los proyectos nZEB. Tal y como se muestra en el proyecto CERtuS, la mayoría de los proyectos nZEB pueden necesitar ayuda financiera para que resulten atractivas para las ESCOs.

Las instituciones europeas, nacionales y regionales son conscientes de esto y, por lo tanto, lanzan instrumentos financieros adecuados. De hecho, muchos proyectos en el sector de la eficiencia energética fueron financiados por el programa JESSICA con préstamos a bajo interés. El programa JESSICA, junto con la cofinanciación y la inversión del sector privado, es un instrumento adecuado para mejorar la viabilidad de los proyectos nZEB. Además, a diferencia de las subvenciones, la naturaleza de retorno de los instrumentos permite al financiador recuperar los recursos financieros invertidos y reinvertirlos en proyectos nuevos.

Por lo tanto, los Fondos Subvencionados son útiles por lo siguiente:

- Proporcionan a los Municipios liquidez para realizar inversiones
- Ayudan a las ESCOs a reducir el coste del capital y, por lo tanto, a reducir el periodo de amortización y aumentar la rentabilidad
- Pueden activar la cofinanciación e inversiones privadas
- Su naturaleza de retorno permite a los financiadores reinvertir los recursos financieros en proyectos nuevos
- Siempre que se den las condiciones adecuadas, estos mecanismos no serán difíciles de administrar

Por otro lado, los fondos subvencionados pueden tener las siguientes desventajas:

- Quizás no sean suficientes para garantizar la sostenibilidad financiera de los proyectos
- Los ahorros energéticos quizás no siempre se consideren flujo de capital por algunos intermediarios financieros
- Los proyectos quizás tengan que cumplir unos requisitos estrictos para que tengan derecho a disfrutar de los fondos subvencionados

B.3 SUBVENCIONES

B.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Las Subvenciones[39] son un tipo de ayuda financiera que no se tiene que devolver. En general, las subvenciones se dan a proyectos que no son comerciales, es decir, que no se pueden financiar bajo condiciones normales de mercado, por ejemplo, mediante un préstamo.

El procedimiento común es que un gestor de subvenciones realice una solicitud de propuesta con unos objetivos particulares de convocatoria y unos requisitos para el financiador/es. Los beneficiarios potenciales crean su propuesta, que debe cumplir con los requisitos de la convocatoria (solicitud de propuestas). Después de esta solicitud, el gestor de la subvención evaluará y valorará las propuestas con el fin de elegir aquellas, si hubiese alguna, que cumplan las expectativas y los deseos.

El gestor de la subvención para financiar la actualización de edificios existentes con el fin de convertirlos en edificios nZEB suelen ser el gobierno central, varias autoridades gestoras que representan a la Unión Europea u otras organizaciones. Los municipios pueden ser beneficiarios de subvenciones para actualizaciones de tipo nZEB.

B.3.2 PRINCIPALES FONDOS DE SUBVENCIÓN EUROPEOS

A continuación se presentan los principales fondos de subvención europeos disponibles en el mercado que se pueden usar para financiar la construcción, la renovación, los estudios de diseño y las actividades de comunicación. En la siguiente sección se presentan los principales fondos de subvención.

[39] Definición de Subvención: "contribuciones directas, mediante donación, procedentes del presupuesto para financiar o bien una acción cuyo objetivo es ayudar a conseguir un objetivo de la política de la UE o el funcionamiento de una entidad que persigue un fin de interés general europeo o tiene un objetivo que forma parte de la política de la UE."
Glosario de la Comisión Europea sobre planificación financiera y presupuestos.
http://ec.europa.eu/budget/explained/glossary/glossary_en.cfm#g

Nombre de fondo	Promotor	Gestor	País de disponibilidad	Presupuesto	Idoneidad para nZEB
ELENA (asistencia técnica)	EE	BEI	ES, GR, IT, PT, (*)[40]		Bajo (asistencia técnica)
IEE	EE		ES, GR, IT, PT,		Medio
INTERREG (2014 -2020)	EE	ERDF	ES, GR, IT, PT,	€359m	Medio
HORIZON 2020 (capacidad edificio)	EE	EASME	ES, GR, IT, PT,	€70m	Bajo
Urbact III (comunicación)	EE	ERDF Estados Miembros Miembros de la región y la ciudad	ES, GR, IT, PT,	€96,3m	Bajo
UIA	EE		ES, GR, IT, PT,	€372m	Alto
LIFE+	EE		ES, GR, IT, PT, (*)[41]	€3.460m	Bajo
Subvenciones EEE y de Noruega	Islandia, Liechtenstein y Noruega	EEE	ES, GR, PT	€856m	Medio

B.3.3 Breve descripción de los principales Fondos de Subvención Europeos

B.3.3.1 ELENA (Mecanismo Europeo de Asistencia Técnica para los Proyectos Energéticos Locales)

ELENA[42] cubre el 90% del coste de apoyo técnico que se requiere para preparar, implementar y financiar un programa de inversión. Esto puede

[40] (*) Estado Miembro de la UE, Noruega, Islandia, Liechtenstein, Croacia y Macedonia
[41] (*) Estado Miembro de la UE, Noruega, Islandia, Liechtenstein, Croacia y Macedonia
[42] http://www.eib.org/attachments/thematic/elena_en.pdf

incluir estudios de mercado y de viabilidad, estructuración de programas, auditorías energéticas y la preparación de ofertas de licitación, pero no los costes de construcción. Unos planes técnicos y comerciales sólidos también ayudarán a atraer fondos de bancos privados y de otras fuentes, incluyendo el BEI.

Por lo que, ya se trate de actualizar edificios públicos o privados, edificios sostenibles, redes de refrigeración y calefacción urbana de eficiencia energética, transporte ecológico, etc., ELENA ayuda a las autoridades locales a iniciar sus proyectos.

Referencia: ELENA

B.3.3.2 Horizon 2020

Horizon 2020[43] es el instrumento financiero que implementa la Unión por la Innovación, que es una iniciativa emblemática de Europa 2020 cuyo objetivo es garantizar la competitividad global de Europa. Uno de los retos que abordará Horizon 2020 es la "Energía Eficiente, Limpia y Segura".

Horizon 2020 proporciona fondos que dan apoyo a los edificios de eficiencia energética, la industria, la refrigeración y calefacción, las PYMEs y los productos y servicios energéticos, además de proporcionar apoyo financiero para mejorar el atractivo de las inversiones de eficiencia energética.

Referencia: HORIZON 2020

B.3.3.3 Energía Inteligente para Europa (IEE)

Los programas de Energía Inteligente para Europa[44] ya no se encuentran activos, aunque todavía (a septiembre de 2016) existan algunos proyectos en curso[45], como el CERtuS. El objetivo de los programas de IEE es ayudar a organizaciones que desean mejorar la sostenibilidad energética, proporcionando financiación para estudios y/o actividades de demostración. Lanzado en el 2003 por la Comisión Europea, el programa fue parte de un amplio impulso para crear un futuro de energía inteligente. Daba apoyo a las políticas de energía

[43] http://ec.europa.eu/newsroom/horizon2020/document.cfm?doc_id=4752
[44] http://ec.europa.eu/energy/intelligent/
[45] http://ec.europa.eu/easme/en/intelligent-energy-europe

renovable y eficiencia energética de la UE con el objetivo de alcanzar los objetivos de la UE 2020 (un 20% de recorte en gases de efecto invernadero, un 20% de mejora en eficiencia energética y un 20% de energías renovables en el consumo energético de la UE). Los potenciales beneficiarios de estos programas eran los municipios.

El programa Horizon 2020 de la UE ahora apoya a la investigación, demostración y la asimilación por el mercado de las tecnologías de eficiencia energética.

Referencia: Intelligent Energy Europe (IEE)

B.3.3.4 INTERREG (2014 -2020)

INTERREG EUROPE es un programa de la UE que ayuda a regiones en toda Europa a trabajar juntos, compartiendo conocimientos y experiencia[46].

El objetivo de INTERREG es el de apoyar el desarrollo económico global y reducir las diferencias entre regiones en cuanto a riqueza, ingresos y oportunidades. En particular, el programa se centra en mejorar las políticas locales y regionales en dos ámbitos:

- Innovación y conocimientos económicos
- Prevención de riesgos y el medioambiente

Referencia: INTERREG IVC

B.3.3.5 Programa LIFE+

"LIFE es el instrumento financiero de la UE para apoyar proyectos de acción climática, conservación de la naturaleza y del medioambiente en toda la UE. Desde 1992, LIFE ha cofinanciado alrededor de 4306 proyectos. Durante el periodo de financiación 2014-2020, LIFE contribuirá con aproximadamente €3,4b para proteger el medioambiente y el clima[47]."

El programa LIFE cubre tres ámbitos prioritarios: la eficiencia de recursos y el medioambiente; la naturaleza y la biodiversidad; y la información y gobernanza ambiental. El programa también da apoyo a proyectos de financiación conjunta e integrales que operan a una gran

[46] http://www.interreg4c.eu/fileadmin/User_Upload/PDFs/INTERREG_EUROPE_01.pdf
[47] http://ec.europa.eu/environment/life/about/index.htm#life2014

escala territorial. Estos proyectos tienen como objetivo implementar políticas climáticas y medioambientales e integrar mejor los objetivos de estas políticas en las políticas de otros ámbitos.

Referencia: LIFE

B.3.3.6 Urbact

La misión de URBACT es la de ayudar a las ciudades a trabajar juntas y desarrollar soluciones integrales a los retos urbanos comunes, mediante la creación de contactos, aprendiendo de las experiencias de otros, extraer enseñanzas e identificar buenas prácticas con el fin de mejorar las políticas urbanas. Es un instrumento de cohesión de políticas cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, los 28 Estados Miembros, Noruega y Suiza.

Si el Programa no fuese adecuado para financiar la actualización del edificio en sí, se puede usar para financiar acciones relevantes.

Referencia: Urbact

B.3.3.7 Acciones Urbanas Innovadoras (UIA)

"Acciones Urbanas Innovadoras (UIA) es una iniciativa de la Comisión Europea que proporciona a las áreas urbanas de Europa los medios necesarios para poner a prueba soluciones innovadoras, de las que no existan experiencias previas, para abordar los retos urbanos. *Basada en el artículo 8 de ERDF, la iniciativa UIA tiene un presupuesto total de 372 millones para el período 2014-2020.*

El objetivo principal de UIA es proporcionar recursos a las áreas urbanas para experimentar soluciones innovadoras que respondan a los principales desafíos urbanos, y así contrastar su funcionamiento en la práctica y ver cómo responden a la complejidad de la vida real[48]*."*

Referencia: Urban Innovative Actions (UIA)

B.3.3.8 Subvenciones EEE y de Noruega

Las Subvenciones EEE y de Noruega representan la contribución que hacen Islandia, Liechtenstein y Noruega para reducir las desigualdades económicas y sociales y para reforzar las relaciones bilaterales de los

[48] http://www.uia-initiative.eu/en/about-us/what-urban-innovative-actions

16 países de la UE en el Centro y el Sur de Europa y los países bálticos. "Cada país beneficiario acuerda un conjunto de programas con los países donantes en base a las necesidades y prioridades nacionales y el ámbito de colaboración con los países donantes. Todos los programas deben adherirse a las normas relativas a los derechos humanos, buena gobernanza, desarrollo sostenible e igualdad de género[49]." **Italia no se encuentra entre los países beneficiarios**[50].

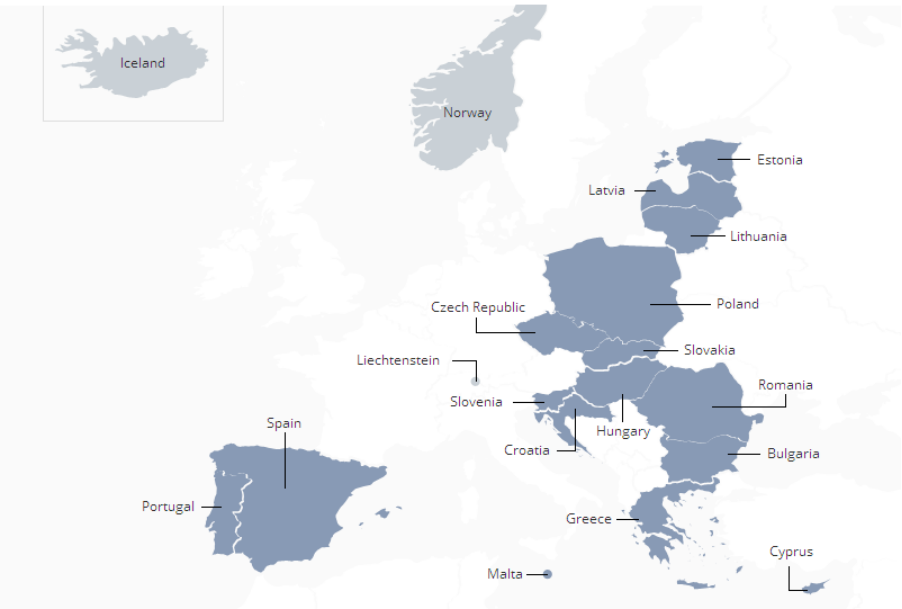


Imagen 47. Países beneficiarios (Fuente: http://eeagrants.org/)

Referencia: The EEA and Norway Grants

B.3.4 Principales Fondos de Subvención Nacionales y Regionales disponibles

País/ Región	Promotor	Gestor	Beneficiario	Presupuesto	Tamaño de inversión	Idoneidad para nZEB

[49] http://eeagrants.org/Who-we-are
[50] http://eeagrants.org/Where-we-work

País/ Región	Promotor	Gestor	Beneficiario	Presupuesto	Tamaño de inversión	Idoneidad para nZEB
España	Ministerio de Industria, Energía y Turismo	IDAE	Todos los propietarios del edificio	€200m		Medio
España	Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética	IDAE	"Centros de consumo de energía"	€2.350m		Bajo
Italia / Campania	Región de Campania	Región de Campania	Municipios, autoridades locales de salud, hospitales, organismos de gestión de agua	€115m		Bajo
Italia / Lazio	Región de Lazio	Región de Lazio	Edificios públicos	€25m		Medio
Italia / Bolzano	Provincia Autónoma de Bolzano	Provincia Autónoma de Bolzano	Edificios residenciales		> € 4000	Bajo
Italia / Piedmont	Región de Piedmont	Región de Piedmont	Edificios públicos y residenciales	€5m		Bajo
Italy / Umbria	Región de Umbria	Región de Umbria	Edificios de interés regional	€2m		Medio
Grecia	Ministerio de Energía y Medioambiente	EPPERA A	Colegios públicos	€40m		Medio
Grecia	Ministerio de Energía y Medioambiente	EPPERA A	Edificios públicos	€175m[51]		Medio

[51] http://www.pireasnet.gr/LinkClick.aspx?fileticket=TL8X0PiEt9w%3D&tabid=1283

B.3.5 VENTAJAS, DESVENTAJAS Y OTRAS CONSIDERACIONES

Como se ha mencionado anteriormente, las Subvenciones son altamente recomendables desde el punto de vista de los propietarios de edificios, pero resulta obvio que apenas ayuden a la sostenibilidad financiera, ya que tienen un efecto retorno nulo. Aun así, las Subvenciones pueden ser muy útiles para hacer que algunos proyectos resulten atractivos para el mercado. En los proyectos de eficiencia energética, las Subvenciones para Actividades se emplean para "*financiar actividades que ayuden a alcanzar algún objetivo de las políticas de la Unión Europea*"[52]. Las subvenciones también pueden ser muy útiles a la hora de financiar proyectos que incorporen tecnologías precomerciales o tecnologías que se encuentren en las primeras etapas del despliegue comercial o que sean excesivamente costosas[53].

Las grandes ventajas de emplear Subvenciones como herramienta de financiación son las siguientes:

- Los proyectos puedan potencialmente aumentar su atractivo de mercado
- la combinación de Subvenciones con otros instrumentos[54], como los préstamos bancarios, pueden ofrecer una mejor solución que cumpla con las expectativas y las necesidades de los propietarios de edificios
- pueden ser particularmente adecuados para zonas económicamente deprimidas o para mercados inmaduros o con limitaciones financieras
- pueden ser particularmente útiles para actividades de demostración o de prueba de concepto y para fomentar la absorción de medidas innovadoras o que superen el nivel óptimo de rentabilidad

Las desventajas de la financiación de proyectos mediante Subvenciones son las siguientes:

- ofrecen una baja posibilidad de replicarse ya que los fondos para Subvenciones son limitados

[52]"Financial Instruments 2014-2020 under European Structural and Investment Funds (ESIF)", Symela Tsakiri, Brussels, 19-20 Enero 2015
[53]http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/financing_energy_renovation.pdf
[54]"Grants and financial instruments working together", FI-COMPASS (https://www.fi-compass.eu)

- tienen un efecto retorno casi nulo, lo que significa que cuando se entrega el dinero como Subvención, no sé devolverá al donante para emplearse en otro proyecto
- normalmente se entregan tras un procedimiento (licitación) muy largo y exigente, en términos de capacidades técnicas requeridas y coste

En conclusión, se debe destacar que las Subvenciones son muy importantes como apoyo a acciones que no son económicamente viables bajo las condiciones de mercado, y una vez se utilizan en combinación con otras herramientas, ayudan a crear y ampliar el mercado.

B.4 INCENTIVOS FISCALES Y DE OTRO TIPO

B.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Los incentivos fiscales[55] normalmente son instrumentos que tienen el objetivo de fomentar y apoyar ciertas medidas. Las autoridades nacionales y regionales introducen distintos impuestos, multas e incentivos fiscales (reducción fiscal, crédito tributario, IVA reducido, Certificados Blancos (Obligaciones Energéticas del Proveedor), etc.) con el fin de apoyar acciones que puedan mejorar la eficiencia energética de los edificios. Las medidas fiscales en forma de impuestos adicionales y multas se pueden llamar desincentivos fiscales. Un ejemplo puede ser la relación de los impuestos de la propiedad sobre la etiqueta energética (consumo) de un edificio. Además, los incentivos se puedan dar para renovaciones que mejoran las características de eficiencia, ya que se reflejan en el EPC del edificio. Los organismos públicos han creado mecanismos de control e imponen multas si un EPC no cumple con las medidas energéticas. Mientras que algunos de los incentivos se aprovechan por un gran número de beneficiarios, como la reducción fiscal, hay otros que son específicos para un pequeño número de países. Es importante entender las ventajas y desventajas de estos incentivos para tenerlos en cuenta a la hora de financiar los proyectos nZEB.

B.4.2 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE INCENTIVOS FISCALES Y DE OTRO TIPO

B.4.2.1 Incentivos Fiscales (Fina-Ret)

Un incentivo fiscal es "cualquier medida que ofrece un trato fiscal favorable a ciertas actividades o sector en comparación con lo que hay en la industria en general" o "una reducción de impuestos que estimulan a las empresas o persona a realizar algo que ayude a la economía del país"[56]. Los incentivos fiscales son un instrumento muy utilizado debido

[55]Un incentivo fiscal es un "beneficio monetario que se ofrece a los consumidores, empleados y organizaciones con el fin de fomentar comportamientos o acciones que de otra manera no ocurrirían. *Un incentivo fiscal motiva acciones que de otra manera no ocurrirían sin el beneficio monetario"*
Diccionario de Negocios en línea (http://www.businessdictionary.com/definition/financial-incentive.html)
[56]Diccionario de Cambridge (http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/tax-incentive)

a que consumen menos liquidez del gobierno que los subsidios y subvenciones. Pueden tomar varias formas, como exenciones tributarias, reducción de los tipos de IVA, etc. Los impulsores de las políticas nacionales adoptan esta medida y se materializa en una ley que establece los criterios de elegibilidad y la cantidad de exención (normalmente un porcentaje de la inversión).

Los incentivos fiscales no son apropiados para los edificios públicos, ya que pertenecen al gobierno u organismos públicos.

B.4.2.2 Tarifas de alimentación

Una tarifa de alimentación es una prima aplicada al precio de la energía pagada por las autoridades nacionales a la hora de comprar energía producida por instalaciones fotovoltaicas y vendida por personas físicas.

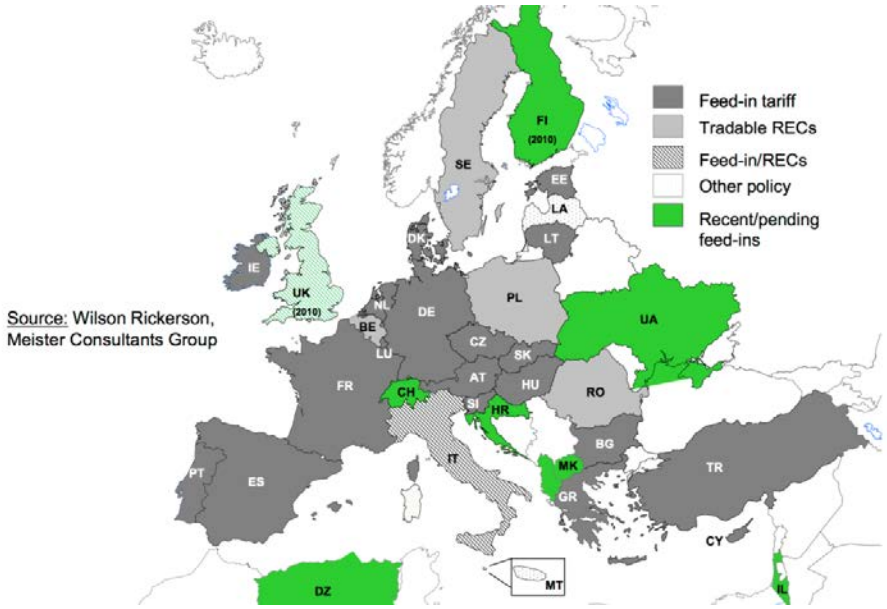


Imagen 48. Política de Tarifas de Alimentación: Aplicación en Europa (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, 2016)[57]

B.4.2.3 Medición neta

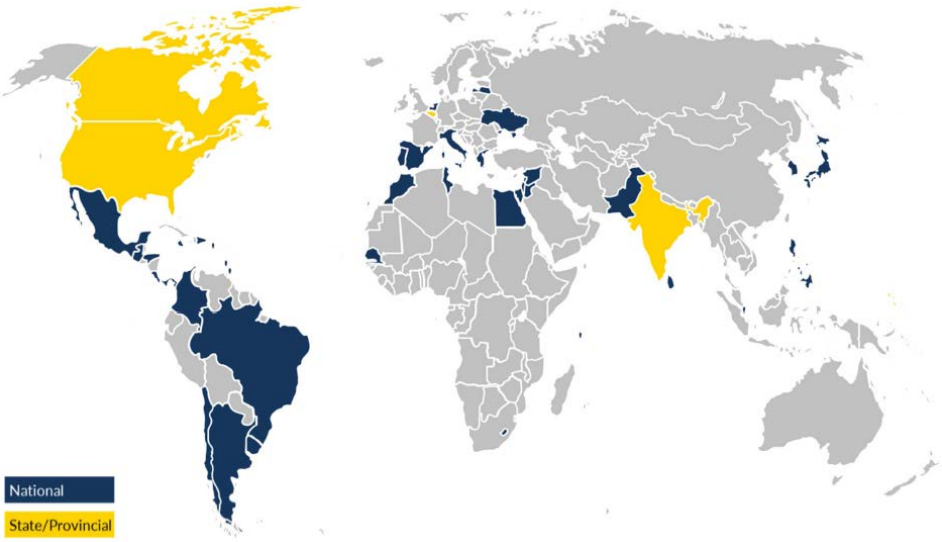
La medición neta permite a las personas físicas y empresas que generan su propia electricidad usando sistemas renovables, generalmente paneles fotovoltaicos, alimentar la red eléctrica con la

[57] http://www1.eere.energy.gov/wip/solutioncenter/pdfs/tap_webinar_20091028.pdf

electricidad que ellos no usan y que se abona al precio de venta al público. En algunos casos, los productores son capaces de vender el exceso de electricidad que generan y venderlo a la compañía de suministro eléctrico. La conexión a la red es necesaria para que el edificio opere mientras que el sistema fotovoltaico o cualquier otro sistema renovable no se encuentra activo y para cubrir los picos de carga.

La conclusión de los estudios de actualización energética realizados en doce edificios municipales que se revisan bajo el proyecto CERtuS es que la instalación de un sistema fotovoltaico para la medición neta puede ser útil para convertir edificios en nZEB. En términos económicos, elegir un sistema de medición neta en vez de una tarifa de alimentación se explica parcialmente por el hecho de que las tarifas de implementación son más bajas que el coste equivalente de la electricidad de la red.

La medición neta es un paso importante hacia adelante y se encuentra disponible para los cuatro países europeos del sur (Grecia, Italia, Portugal y España).



B.4.2.4 Certificados Blancos

Un certificado blanco, también conocido como ESC (certificado energético), EEC (crédito de eficiencia energética) o una etiqueta blanca, es un instrumento emitido por un organismo autorizado para garantizar que se ha alcanzado una determinada cantidad de ahorro de energía. Cada certificado es un producto único y trazable llevando un derecho de propiedad sobre una cierta cantidad de ahorros de energía y garantizando que el beneficio de estos ahorros no se ha tenido en cuenta en otros lugares[58].

B.4.2.5 Mecanismo de Financiación a través de la Factura

El mecanismo de financiación a través de la factura permite que se pueda cobrar lo financiado a través del pago de la factura energética. Si el Municipio, o cualquier otro cliente, tienen un buen historial crediticio a la hora de pagar en tiempo las facturas de electricidad, gas u otros servicios energéticos, es una buena indicación de que habrá un bajo riesgo de impago y, por lo tanto, se puede presentar un proyecto más atractivo para los inversores. El mecanismo de Financiación a través de la Factura es muy utilizado en las inversiones de edificios.

B.4.3 VENTAJAS, DESVENTAJAS Y OTRAS CONSIDERACIONES

Las ventajas fiscales y de otro tipo son como subvenciones a largo plazo, ya que no ayudan a la construcción y/o instalación de un sistema o infraestructura, si no a su uso. En términos económicos, los incentivos no se dan como un porcentaje del coste de capital al principio del proyecto, están vinculados al uso y los beneficios medioambientales potenciales que provee el proyecto al medioambiente general y local.

Por lo tanto, es obvio que la mayor desventaja de los incentivos es que no contribuyen al coste de capital de la inversión. Por otro lado, tienen muchas ventajas:

- normalmente benefician el uso y funcionamiento eficiente de la infraestructura y/o sistemas y no a la construcción y/o instalación

[58] http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Pavan_BMU_10122009.pdf

- con el mismo presupuesto anual, pueden beneficiar un mayor número de proyectos que las subvenciones
- no requieren que los beneficiarios completen un procedimiento extenso y costoso como la licitación en el caso de Subsidios
- activan los fondos de mercado, con un potencial efecto retorno

En conclusión, mientras que un proyecto no sea atractivo en condiciones de mercado, el uso de incentivos podría ser una solución eficiente en términos de sostenibilidad financiera.

B.5 COMENTARIOS FINALES

La renovación en profundidad (con un ahorro energético de al menos el 60% en relación con los niveles de prerenovación) y, más aún, la renovación energética encaminada a los edificios nZEB son un reto financiero y técnico. Los aspectos más críticos a los que se enfrentan y deben superar son los siguientes:

- Aspectos técnicos relacionados con la estabilidad del edificio
- Aspectos estéticos, especialmente en edificios catalogados
- La continuación del funcionamiento de los edificios
- Los posibles complicados y largos procedimientos de convocatorias de licitación
- La posible burocracia
- Aspectos económicos

Los resultados del Proyecto CERtuS demuestran que todos estos aspectos se pueden gestionar con éxito, y, por lo tanto, se pueden renovar los edificios en términos energéticos y transformarlos en nZEB. Otro importante resultado es la variedad de las herramientas de financiación disponibles para financiar la actualización energética de edificios, pero ninguno se puede decir que sea el más adecuado, ni incluso aquellos que se dedican al ámbito específico de financiación. Se ha demostrado en muchas ocasiones que el uso de una única herramienta de financiación no cumple con las necesidades de la renovación profunda de edificios o viceversa, es decir, que los proyectos de renovación profunda de edificios no cumplen con los requisitos específicos de los productos financieros o fondos existentes. Por lo tanto, quizás se requiera una combinación de herramientas financieras para poder materializar estos Proyectos.

De acuerdo con la metodología propuesta por el Proyecto, parece como si las Subvenciones fueran la herramienta financiera más deseable. Pero, normalmente los fondos para las Subvenciones son limitados y, por lo tanto, no es la herramienta de financiación más rentable para implementar un Proyecto de gran escala. De hecho, bajo el punto de vista de los municipios, las Subvenciones son deseables, pero normalmente no son suficientes para una renovación profunda de todos los edificios. Las Subvenciones pueden ser útiles para proyectos

específicos, pero mientras tengan un efecto retorno nulo serán la herramienta menos favorable.

Un plan de financiación híbrido, que incluya herramientas de financiación directa e indirecta, parece ser lo más adecuado para las renovaciones profundas de edificios y conseguir Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo (nZEB). Un análisis financiero y económico es fundamental a la hora de entender las distintas capas de la sostenibilidad y atractivo de mercado de un proyecto. Durante la fase de desarrollo de proyecto, se debe preparar una combinación de fuentes de financiación disponibles y comenzar la aplicación y demanda de cada fuente específica. El objetivo de una combinación de fuentes de financiación debería ser maximizar la potencial inversión y ahorros energéticos y el uso eficiente de subvenciones para las inversiones con largos periodos de amortización.

En los proyectos de gran escala, existen distintas ventajas: las autoridades locales pueden negociar mejor el contrato EPC y los contratos de operación y mantenimiento; se pueden conseguir subvenciones; las ESCOs pueden proponer y garantizar mejores resultados de eficiencia, etc.

Además, estos planes de financiación pueden tener mayores costes de estructurales, por lo que son más adecuados para inversiones mayores. Los recursos de apoyo técnico son fundamentales a la hora de ayudar a las autoridades locales a preparar proyectos atractivos y eficientes. Por lo tanto, los municipios deberían pensarse renovar una gran parte de su parque de edificios en vez de edificios por sí solos (Imagen 50).

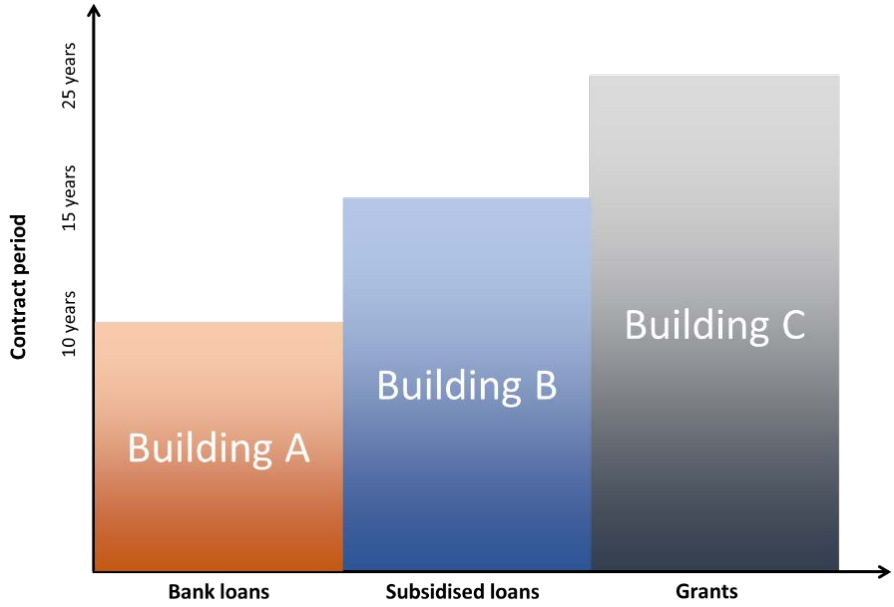


Imagen 49. Enfoque convencional de financiación

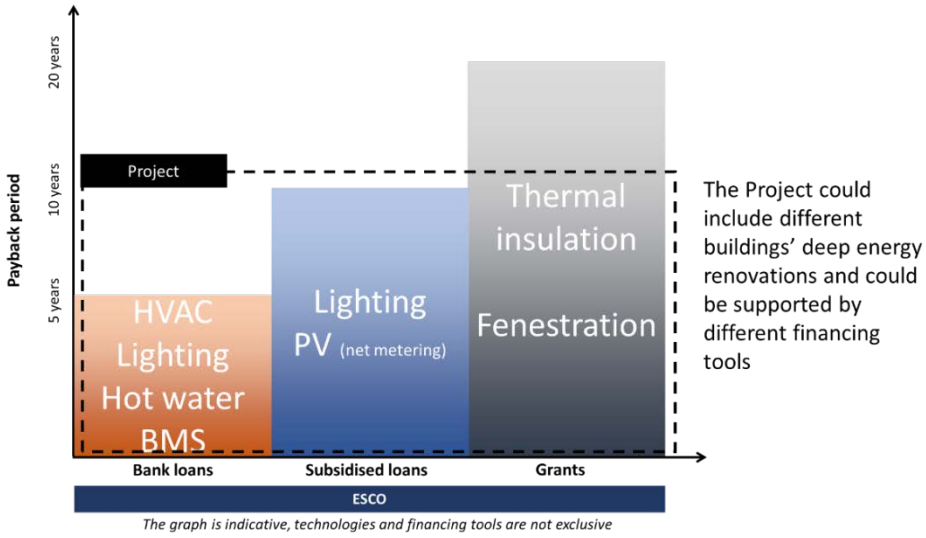


Imagen 50. Plan de financiación potencial alternativo

B.6 REFERENCIAS

"*Energy Efficiency – the first fuel for the EU Economy: How to drive new finance for energy efficiency investments*", Energy Efficiency Financial Institution Group (EEFIG), 2015

Environment: LIFE Programme (http://ec.europa.eu/environment/life/about/)

European Energy Efficiency Fund (http://www.eeef.eu/)

European Investment Bank (http://www.eib.org/)

European Structural and Investment Funds (http://ec.europa.eu/contracts_grants/funds_en.htm)

FI-COMPASS (https://www.fi-compass.eu/)

Fondo Italiano per l'Efficienza Energetica (http://www.fitef.com/)

Global Energy Efficiency and Renewable EnergyFund (http://geeref.com/)

INTERREG IVC (http://www.interregeurope.eu/)

Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (http://www.eere.energy.gov/)

Public-Private-Partnership in Infrastructure Resource Center (http://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/about-pppirc)

Sustainable Development Capital Limited (http://www.ggf.lu)

Sustainable Development Capital Limited (http://www.ggf.lu)

SUSI partners (http://www.susi-partners.ch)

The London Energy Efficiency Fund (http://www.leef.co.uk/)

UK Energy Efficiency Investments Fund (www.sdcl-ee.com)

URBACT programme (http://urbact.eu/)

GUÍA PARA LA FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE RENOVACIÓN nZEB

PARTE C

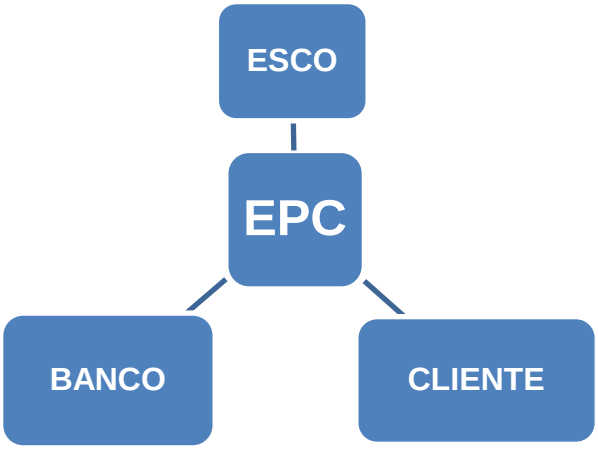
GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE MODELOS DE SERVICIO ENERGÉTICO

C.1 EL TIPO DE EPC

El proyecto CERtuS proporciona a los Municipios el uso de EPCs y financiación de terceros para actualizar el rendimiento energético de sus edificios actuales a edificios nZEB.

Según la Directiva 2012/27/UE, una EPC es

"todo acuerdo contractual entre el beneficiario y el proveedor de una medida de mejora de la eficiencia energética, verificada y supervisada durante toda la vigencia del contrato, en el que las inversiones (obras, suministros o servicios) en dicha medida se abonan respecto de un nivel de mejora de la eficiencia energética acordado contractualmente o de otro criterio de rendimiento energético acordado, como, por ejemplo, el ahorro financiero."



Las partes de un contrato EPC normalmente son dos: el cliente y la ESCO, que a menudo están acompañados por un prestamista, por ejemplo, un banco.

El Municipio debe identificar, de entre los tipos de contrato, la combinación que requiere y que pueda cumplir con las necesidades de mercado. De hecho, el contrato EPC es un contrato entre dos partes en el que deberían de satisfacer sus necesidades. Cuanto más equilibrado sea un contrato, más probabilidades de éxito habrán.

Hay muchos tipos de contrato que cumplen con lo mencionado y que se diferencian entre sí en algunos aspectos específicos: el sujeto que financia las inversiones, la duración del contrato, el no compartir los ahorros, etc.

Cabe destacar que en muchas ocasiones el contrato que se acuerde no será exactamente igual a ninguno de estos, pero para que resulte más atractivo para las dos partes será una mezcla de varios.

Por lo tanto, se debería tener en cuenta los distintos aspectos que permiten identificar el "escenario de referencia".

Lo que sigue es un resumen de los tipos de contrato más utilizados y el papel que desempeña cada parte dentro de un tipo de contrato.

TIPO DE CONTRATO	CLIENTE	ESCO	BANCO
FIRST IN	• El cliente paga una tasa fija que garantiza un ahorro mínimo de costes energéticos • Si los ahorros son mayores que la tasa fija mínima, el cliente tendrá un ajuste positivo al final del ejercicio	• La ESCO financia intervenciones con capital o a través de Financiación de Terceros (riesgo crediticio) • La ESCO realiza las intervenciones de ahorro energético y regula las instalaciones, los cuales mantiene en propiedad hasta el final del contrato (riesgo técnico) • El objetivo de la ESCO es conseguir el 100% de los ahorros esperados en el contrato; si el ahorro es mayor, la diferencia se comparte con el cliente	• El banco financia a la ESCO si no se emplea capital

FIRST OUT	• Durante el contrato el cliente continúa gastando igual que antes de la actualización de eficiencia energética • Al final del contrato el cliente se beneficia de los ahorros resultantes de las medidas de ahorro energético	• La ESCO financia las intervenciones con capital o a través de Financiación de Terceros • Durante el contrato, el cliente recibe el 100% de los ahorros resultantes de las medidas de ahorro energético mediante la cual la ESCO puede recuperar el préstamo, los costes y el beneficio	• El banco financia a la ESCO si no se emplea capital
AHORROS GARANTIZADOS	• El cliente financia intervenciones con capital o a través de Financiación de Terceros (riesgo crediticio) • Durante el contrato, el cliente recibe el 100% de los ahorros conseguidos • El cliente paga una tasa fija por los servicios de la ESCO	• La ESCO busca y organiza la financiación • La ESCO garantiza unos ahorros de energía mínimos acordados con el cliente • La ESCO acepta solo el riesgo de garantizar el rendimiento (riesgo técnico)	• El banco financia al cliente si no se emplea capital
AHORROS COMPARTIDOS	• Los ahorros energéticos se dividen entre la ESCO y el cliente	• La ESCO financia las intervenciones con capital o a través de Financiación de Terceros • La ESCO acepta el riesgo de garantizar el rendimiento (riesgo técnico) y el riesgo de crédito	• El banco financia a la ESCO si no se emplea capital

		• Los ahorros energéticos se dividen entre la ESCO y el cliente	
PAGAR DE LOS AHORROS	• El cliente financia intervenciones a través de Financiación de Terceros • El cliente devuelve la deuda en pagos proporcionales a los ahorros conseguidos (el financiador evalúa el proyecto técnico) • El cliente acepta el riesgo de crédito • Durante el contrato, el cliente recibe el 100% de los ahorros conseguidos • El cliente paga una tasa fija por los servicios de la ESCO	• La ESCO busca y organiza la financiación • La ESCO garantiza unos ahorros de energía mínimos acordados con el cliente • La ESCO acepta solo el riesgo de garantizar el rendimiento (riesgo técnico)	• El banco participa en el proyecto y financia al cliente, acepta el riesgo crediticio hasta que se devuelva (anualmente) en base a los ahorros energéticos conseguidos
CUATRO PASOS	• El cliente paga una tasa fija por los servicios de la ESCO	• La ESCO financia las intervenciones de acuerdo con el siguiente sistema: • Paso 1: optimización del funcionamiento y mantenimiento (sin inversión) • Paso 2: los ahorros obtenidos en el Paso 1 financian las medidas de ahorro energético simples y de bajo coste • Paso 3: el ahorro obtenido en el Paso 1 y Paso 2 financia las medidas de ahorro energético de	• No existe financiación por parte de terceros

		tamaño medio • Paso 4: el ahorro obtenido de los pasos anteriores financia las medidas de ahorro energético de gran tamaño y con mayores periodos de retorno	
Build-Own-Operate & Transfer (BOOT; Construir, Poseer, Operar y Traspasar por sus siglas en inglés)	• El cliente paga la factura de energía y el servicio provisto por la ESCO • Al final del contrato, el cliente será el titular de la propiedad	• LA ESCO diseña, construye, financia y regula las nuevas plantas y será el titular de la propiedad por un periodo definido de tiempo (normalmente empresas constituidas con un objetivo específico); cuando se cumple el periodo de tiempo establecido, transfiere la titularidad al cliente (riesgo técnico y crediticio) • Durante el contrato, el cliente recibe el 100% de los ahorros conseguidos	• El banco financia a la ESCO
CHAUFFAGE	• El cliente confía la gestión de sus plantas a la ESCO y paga una tasa igual o menor al gasto histórico	• La ESCO paga las facturas de energía y de combustible durante el contrato (riesgo técnico) • La ESCO financia el mantenimiento/remodelación/actualizació	• El banco financia a la ESCO si no se emplea capital

		n de las intervenciones a las instalaciones existentes • Durante el contrato, el cliente recibe el 100% de los ahorros conseguidos	

Cuadro 28. Tipo de contrato EPC

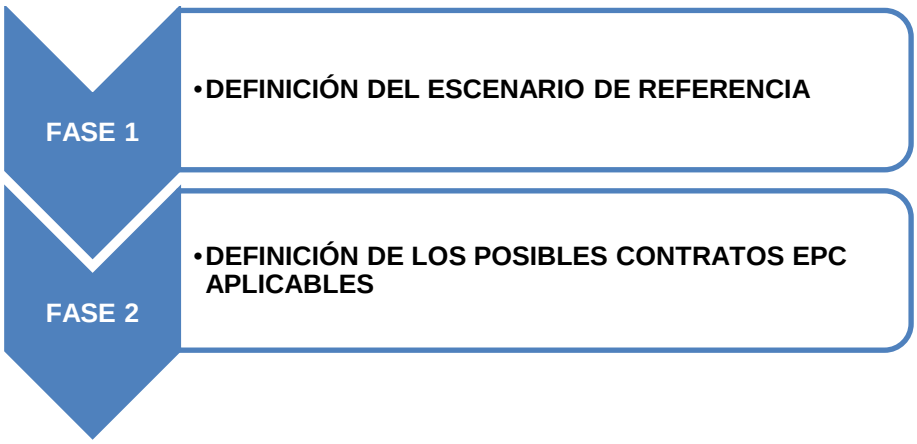
C.2 METODOLOGÍA

A la hora de elegir el tipo de contrato EPC más adecuado, se debe adoptar una metodología que identifique todas las necesidades y obstáculos posibles, encontrando todas las contingencias que puedan afectar el éxito de la operación.

El siguiente método, aplicado al proyecto CERtuS, ha dado buenos resultados y es fácilmente adaptable a las necesidades de cada municipio.

Es importante destacar que este método no proporciona los criterios por los cuales el Municipio puede elegir los edificios a los que convertir en edificios nZEB, solo indica el camino que se debe seguir para identificar el tipo de Contrato EPC que mejor se ajusta al edificio elegido.

El método se basa en dos pasos: en el primero se fijan las condiciones y la viabilidad de la iniciativa, y en el segundo, se fija el tipo de contrato a ofrecer.



A continuación se describe, para cada fase, los pasos que se requieren tomar y las razones relacionadas con ellos.

C.2.1 FASE 1 - "DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE REFERENCIA"

El objetivo de esta primera fase es verificar la existencia de condiciones mínimas, ya que para los proyectos presentados podría haber una asociación con el sector privado a través de instrumentos del contrato EPC y el FTT de acuerdo con las condiciones de mercado estándar. En el caso de que esto no sea así, el método identifica las maneras y/o indica las herramientas para crear dichas condiciones. De hecho, si se quisiera incluir un socio externo para implementar las intervenciones de mejora de eficiencia (ESCO o Patrocinador), debemos asegurarnos de que el proyecto pueda generar

ingresos para estas dos partes y que se cumplan los márgenes de proyecto e índices, el variable por empresa y por mercado que normalmente se expresa como Tasa de Rentabilidad y flujo de capital. El coste del dinero necesario para ayudar a la empresa a realizar los trabajos influye en estos índices, tanto en el caso de acceder a financiación externa como financiarse con capital. Si el diseño técnico no permite cumplir con la media de los índices de mercado, se debe conseguir que el proyecto tenga el menor coste de arrendamiento.

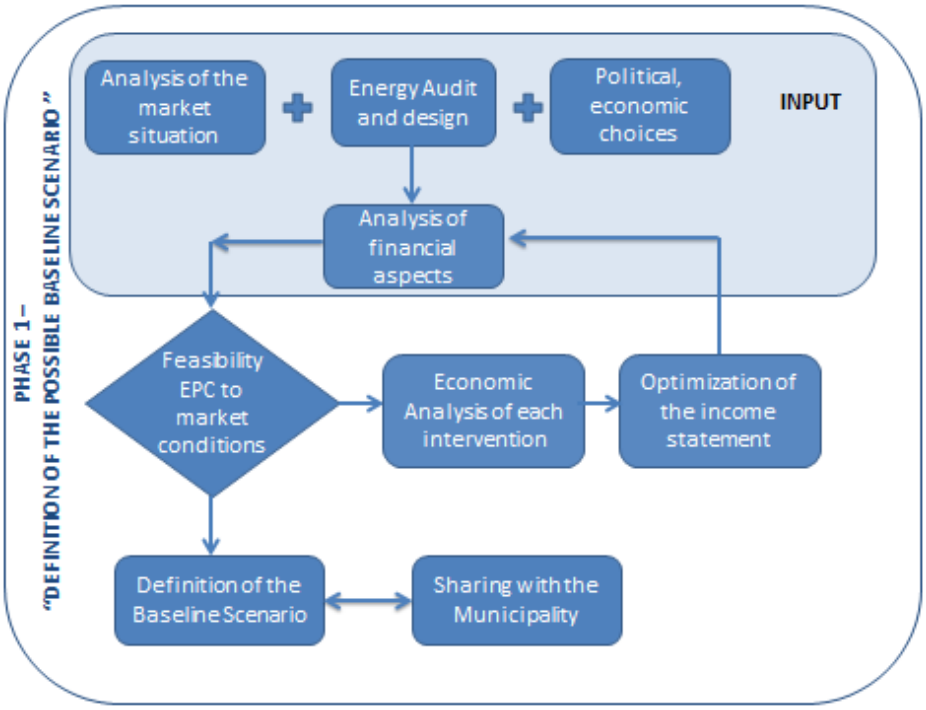


Imagen 51. Diagrama de flujo de la fase 1 del método

Por lo tanto, en esta fase, se identifican los datos del municipio, la situación legislativa y política actual, las condiciones económicas, las posibles fuentes de financiación y las características técnicas y financieras de las mejoras de eficiencia energética identificadas en las auditorías. Es decir, se identifican todos los elementos que puedan afectar el proyecto, ya que pueden influir en la elección del tipo de contrato.

En particular, es necesario conocer un conjunto de datos de entrada a la hora de diseñar un contrato EPC:

- Datos relacionados con la situación económica del Municipio y el contexto nacional
- La existencia de límites legislativos

- Las opciones económicas y políticas y las estrategias del Municipio relacionadas con las medidas de eficiencia energética,
- Las iniciativas de apoyo aplicables a la remodelación (incentivos, concesiones de fondos, exenciones fiscales, etc.)
- La situación de mercado en la que se desarrollará la iniciativa (el coste del dinero, el coste de vectores de energía, impuestos, etc.)
- Los datos del proyecto relacionados con la eficiencia energética (ahorros energéticos, uso de fuentes alternativas, etc.) y los datos económicos y técnicos (coste de las intervenciones, ahorros en los costes de vectores, potencial, etc.)
- Los datos resultantes de un primer análisis financiero de los proyectos con el fin de evaluar la posibilidad de proponer en el mercado de las ESCOs un contrato en condiciones de mercado estándar

Una vez que se hayan obtenido estos datos y se haya realizado una primera evaluación, si las condiciones de viabilidad económica se encuentran en sintonía con las condiciones de mercado estándar, es posible proceder a definir el "Escenario de Referencia". Si esta condición no se cumple, se pueden considerar unas medidas puramente económicas, tales como la reducción de la inversión, uso de capital directo del municipio, el uso de incentivos, recurrir a las concesiones de fondos, etc., con el fin de identificar la viabilidad. Este proceso es iterativo, y se debe de repetir tantas veces como sea necesario hasta que se encuentre la condición óptima para ofrecerla al mercado.

Este proceso conduce a la definición del "Escenario de Referencia", es decir, las condiciones económicas y técnicas necesarias para elegir el tipo de contrato a aplicar y, después, el socio con el que realizar el proyecto de eficiencia energética para el edificio nZEB.

Esto concluye la primera fase del método propuesto, que es una fase de preparación bastante larga, ya que incluye la interacción de distintos sujetos: planificadores, gestores, abogados, etc.

C.2.2 FASE 2 - DEFINICIÓN DE LOS POSIBLES CONTRATOS EPC APLICABLES

El objetivo de la segunda fase es la identificación del tipo de contrato EPC a aplicar en base al Escenario de Referencia previamente establecido y en base a las características de cada proyecto desarrollado.

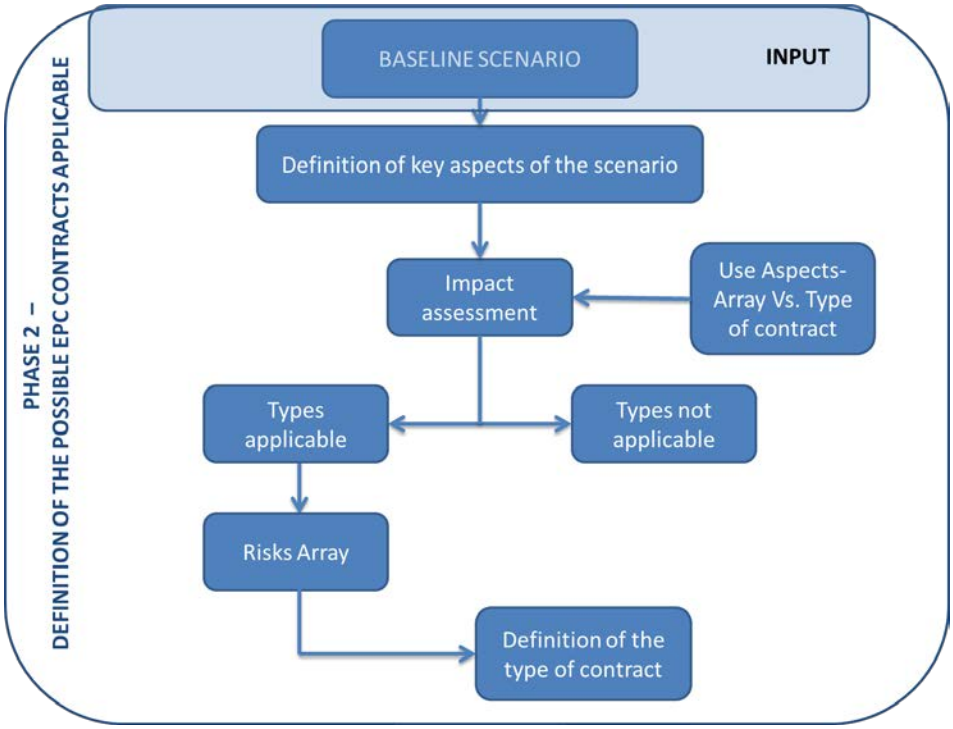


Imagen 52. Diagrama de flujo de la fase 2 del método

En esta segunda fase, es posible comenzar con un escenario bien definido: una lista de necesidades, limitaciones, condiciones, etc. que debería de respetar el tipo de contrato.

Debido a que todos estos factores pueden influir en la elección del tipo de contrato, procederemos a la identificación de los aspectos de cada escenario: **Aspectos Clave.**

Se ha construido una tabla, que se muestra más abajo, en la que se resume los distintos aspectos que se deben destacar en cada escenario de referencia con el fin de analizar e identificar todos los aspectos clave.

Después se procede a realizar una evaluación detallada del impacto que cada aspecto clave tiene sobre cada contrato, por ejemplo, que la imposibilidad del municipio de financiar directamente las obras de actualización energética excluye a todos los tipos de contrato que ofrecen inversión directa a través de financiación por parte de terceros (TPF). Para esta evaluación usaremos el tipo de contrato Matriz contra Aspectos Claves, como se muestra más adelante, permitiendo obtener una evaluación cuantitativa del impacto, positivo o negativo, de cada aspecto clave para cada tipo de contrato.

De esta evaluación solo identificaremos los tipos de contrato que no tienen un impacto negativo, reduciendo así la elección a un número menor de contratos.

Así se identificará el impacto de cada contrato y se compararán entre sí mediante la Matriz de Riesgos.

Como resultado, se identificarán los riesgos y se podrá realizar una primera evaluación de aquellos asignados al Municipio y a la ESCO con el fin de evaluarlos y hacer lo necesario para apoyarlos inmediatamente, presentando especial atención a los más críticos.

En la evaluación del Municipio, se definirá el contrato a utilizar, o una mezcla de ellos como ocurre en muchos casos, con el fin de crear un contrato que satisfaga las necesidades de los proyectos de las dos partes contratantes.

C.3 EL ESCENARIO DE REFERENCIA

Cada autoridad que deba elegir cómo proceder a la hora de implementar un proyecto y definir qué instrumentos contractuales utilizar, tiene que evaluar muchos aspectos técnicos, financieros y económicos, los cuales en estos tiempos de crisis económica toman un peso considerable, pero además aspectos normativos y legislativos, administrativos y políticos, etc.

El escenario de referencia es precisamente ese conjunto de información a tener en cuenta.

Por lo tanto, el Escenario de Referencia se puede definir como el conjunto de necesidades, limitaciones y expectativas de un proyecto de remodelación que establecerán la viabilidad.

C.3.1 ASPECTOS CLAVE

Cada tipo de escenario contiene muchos aspectos a tener en cuenta: algunos son importantes en la elección del tipo de contrato y otros no son relevantes.

Los aspectos claves son aquellos que tienen un gran impacto en la elección del tipo de contrato.

Para identificarlos es útil tener una tabla como la que se muestra a continuación, en el que, además de detallar los aspectos clave y su origen, se deben indicar para cada aspecto clave los datos cuantitativos y/o cualitativos relacionados con el proyecto específico que puedan ayudar a definir la idoneidad del tipo de contrato individual.

ESCENARIO BASE			
ORIGEN	**ASPECTO CLAVE**	**EVALUACIÓN**	**NOTA**
Diseño	Valor total de la inversión	"Alto/Medio/Bajo"	"Valor"
	Periodo de retorno de las inversiones	"Alto/Medio/Bajo"	9-10 años
Administrativo	Limites en los plazos contractuales	"SI/NO"	"máx."
	Posibilidad de que el Municipio contrate deuda	"SI/NO"	
Económico	Capacidad del Municipio de financiar todas las intervenciones	"Alto/Medio/Bajo"	"Valor"
	Capacidad del Municipio de financiar	"Alto/Medio/Bajo"	"Valor"

	parte de las intervenciones		
Político	Necesidad de obtener inmediatamente ahorros energéticos	"SI/NO"	"%"
	Posibilidad de diferir los ahorros tras la devolución de las inversiones	"SI/NO"	
	Ahorros económicos adicionales inducidos	"SI/NO"	"Valor estimado"
	Limitaciones en el periodo de implementación de las intervenciones	"SI/NO"	"Valor"
	Inclusión de la compra de vectores de energía en el contrato EPC	"SI/NO"	
Legislativo	Existencia de incentivos, concesiones de fondos, ventajas fiscales	"SI/NO"	"¿Qué?"
	Posibilidad de acceder a los incentivos por una ESCO	"SI/NO"	
	Posibilidad del Municipio de emplear algunos incentivos para amortizar parte de la Inversión Minoritaria	"SI/NO"	
Interno	Conocimiento de las herramientas (contrato EPC, TPF)	"SI/NO"	

Cuadro 29. Aspectos clave del Escenario Base

Obviamente, la tabla solo incluye algunos de los Aspectos Clave y se pueda personalizar e implementar según las necesidades.

Esta implementación se debe realizar teniendo en cuenta las características de cada tipo de contrato mencionado en el capítulo anterior.

Los aspectos clave son todas las condiciones indispensables y fijadas en la construcción de un contrato que tienen un impacto sobre la elección el tipo de contrato.

C.3.2 Conjunto de Aspectos Clave Vs. Tipos de contrato

Para evaluar el impacto que las condiciones (Aspectos Clave) tienen sobre la aplicabilidad de los varios tipos de contrato, se ha diseñado un método que busca transformar la evaluación objetiva en números concretos.

Este método se aplica asignando a cada aspecto clave en el Escenario de Referencia y a cada tipo de contrato un valor de acuerdo con el peso que se muestra en la tabla. Este peso expresa el impacto que cada aspecto clave tiene sobre el tipo de contrato considerado.

IMPACTO SOBRE EL TIPO DE CONTRATO	VALOR
Aplicable	1
Indiferente	0
Ligeramente aplicable	-1
No aplicable	-2

Cuadro 30. La leyenda de los valores corresponde a cada aspecto clave del Escenario Base

Una vez que se han analizado todos los aspectos clave, se suman los valores obtenidos por tipo de contrato. Luego, se descartan todos los tipos de contrato que tengan un valor negativo, ya que no son efectivos o no se pueden aplicar en el escenario de referencia planteado.

De esta manera, se reduce el tipo de contratos a tener en cuenta y a evaluar. Solo estos se compararán mediante la Matriz de Riesgo, tal y como se describió en el capítulo anterior.

C.4 CONJUNTO DE RIESGOS

Tal y como se indicó en el Capítulo C.2, tras identificar un número de Tipos de Contrato aplicables al proyecto específico usando el método "Matriz Aspectos Clave Vs. Tipos de Contrato", se comparan los puntos en común con el fin de intentar identificar cuál satisface mejor las necesidades específicas.

Para ello, se ha creado la Matriz de Riesgos como posible apoyo a esta decisión y que se basa en el siguiente principio: cada contrato crea riesgos para cada una de las partes contratantes.

Esto es especialmente relevante para el contrato EPC que tiene aspectos técnicos, de gestión, financieros y económicos.

Para prevenir estos riesgos y hacer frente a ellos, se deben primero identificar y luego evaluar a cuál de las partes contratantes compete el riesgo.

De acuerdo con la bibliografía existente y a la práctica establecida, el análisis de riesgos normalmente concierne las siguientes macrocategorías de riesgo:

- Gobernanza: falta de control, cambio de control, etc.
- Político/Social: riesgo de enfrentarse a cambios en la normativa o la complicación de procedimientos de autorización, pérdida de reputación/credibilidad
- Financiero/Económico: riesgo de cambios en los precios de mercado de la electricidad, materias primas, etc.
- Medioambiental: riesgo de incurrir en una disponibilidad limitada de recursos naturales, posibles daños a la fauna, flora, la Tierra, agua, aire, etc.
- Técnico/Construcción: defectos de construcción, cambios de tecnología, etc.
- Comercial/Operaciones: demanda, oferta, etc.

Estos riesgos pueden aparecer durante las distintas fases del proyecto de eficiencia energética gestionada a través del contrato EPC. Por lo tanto, la siguiente tabla describe todos los riesgos posibles y sus impulsores para cada fase.

FASES	TIPO DE RIESGO	IMPULSOR DEL RIESGO
AUDITORÍA DE ENERGÍA	Riesgo de Auditoría	Auditoría incorrecta o no correcta
		Falsa detección/estimación de los costes mantenimiento y de reparación
		Falsa detección/estimación de potenciales cambios normativos
PLANIFICACIÓN	Riesgo de planificación	Diseño inapropiado o incorrecto
		Aumento en costes de diseño
REGULATORIO	Riesgos Normativos	Falta de normativa / falta de información sobre la normativa
		Retraso/dificultades en obtener autorizaciones y permisos
	Riesgos Políticos	Inestabilidad sociopolítica
CONSEGUIR FINANCIACIÓN	Riesgos Financieros	Obtener financiación
		Fluctuación de tipos de interés
COMIENZO DE TRABAJOS Y LA CONSTRUCCIÓN	Riesgos medioambientales y condiciones de la obra	Impacto medioambiental de la intervención (por ejemplo, el ruido)
		Condiciones estáticas y geológicas de la obra
		Se encuentran descubrimientos históricos/arqueológicos
	Riesgos de Construcción	Falta de conformidad con el proyecto
		Entrega atrasada o imposibilidad de completar los trabajos
		Aumento en costes de construcción
		Posible incumplimiento de los contratistas
GESTIÓN	Riesgo de Mercado	Costes operativos mayores (mantenimiento, etc.)
		Cambio de uso, ocupación, forma de uso del edificio
		Aumento en costes energéticos
		Cambios normativos

FASES	TIPO DE RIESGO	IMPULSOR DEL RIESGO
		Cambio en el sistema de incentivos
		Cambio en impuestos
		Aumento en costes de seguros
		Cambios en las dinámicas de los índices de royalties
		Cambio en la tasa de inflación
	Riesgo de Contrapartida	Valoración EELL
		Valoración ESCO
		Riesgo de incumplimiento por ESCO
		Fiabilidad financiera y técnica de los suministradores de calor y electricidad
		Proveedores de incentivos
	Riesgo Tecnológico	Falta de rendimiento de tecnologías/instalación
		Cierre de planta
		Aumento de mantenimiento
		Daños por accidentes o mala gestión
		Riesgo resultante de tecnologías innovadoras
	Riesgos Externos	Casos de fuerza mayor
		Riesgo climático
		Daños a terceros

Cuadro 31. Tipos de riesgos durante el proceso de eficiencia energética gestionados a través de un contrato EPC

Tras definir los riesgos (obviamente, este cuadro se puede implementar según las necesidades de cada uno), se pude proceder a dar una puntuación a cada una de las partes, teniendo en cuenta cada Tipo de Contrato EPC.

Para indicar como se distribuye cada riesgo entre la ESCO y el Municipio en cada contrato EPC, se asume que se asignan las siguientes puntuaciones:

2,0	**Riesgo máximo**
1,5	**Riesgo existente**
1,0	**Riesgo compartido entre las partes**
0,5	**Riesgo mínimo**
0,0	**Sin riesgo**

Cuadro 32. Leyenda de las puntuaciones asignadas en el conjunto de riesgos

Por lo tanto, al asignar las puntuaciones mencionadas teniendo en cuenta los tipos de riesgo es posible obtener la siguiente tabla, que muestra para cada contrato EPC como cada impulso de riesgo está, exclusivamente y mayormente, a cargo de la ESCO o el Municipio.

RISK ARRAY

PHASES	TYPE OF RISK	DRIVER OF RISK	FIRST IN		FIRST OUT		GUARANTEED SAVINGS		SHARED SAVINGS		PAY FROM SAVINGS		FOUR STEPS		BOOT		CHAUFFAGE	
			ESCo	EELL	ESCo	EELL	ESCo	EELL	ESCo	EELL	ESCo	EELL	ESCo	EELL	ESCo	EELL	ESCo	EELL
ENERGY AUDIT	Risk of audit	Wrong or not correct audit	2		2		2		2		2			2	2		2	
		False detection/estimation of maintenance and repair costs	2		2		2		2		2		2		2		2	
		False detection/estimation of potential regulatory changes	2		2		2		2		2			2	2		2	
		Evaluation %	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	33%	67%	100%	0%	100%	0%
PLANNING	Risk of planning	Incorrect or unsuitable design	2		2		2		2		2			2	2		2	
		Increase in design costs	2		2		2		2		2			2	2		2	
		Evaluation %	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%	100%	0%	100%	0%
REGULATORY	Regulatory Risks	Lack of regulations / lack of information about regulations	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5			2		1	1
		Delays / difficulties obtaining authorizations and permits	1,5	0,5	1,5	0,5		2	1,5	0,5		2			2		2	
		Socio political instability	2		2		2		2		2				2		2	
		Evaluation %	83%	17%	83%	17%	58%	42%	83%	17%	58%	42%	0%	0%	100%	0%	83%	17%
PROCUREMENT OF FINANCE	Financial Risks	Obtaining funding	2		2			2	2			2			2		2	
		Fluctuation in interest rates	2		2			2	2			2			2		2	
		Evaluation %	100%	0%	100%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%
STURT UP AND CONSTRUCTION	Environmental Risks and conditions of the site	Environmental impact of the intervention (eg. Noise)		2		2		2		2		2		2		2		2
		Static and Geological conditions of the site	2		2		2		2		2			2	2		2	
		Discovery finds historical/archaeological	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5		2	2		2	
		Evaluation %	58%	42%	58%	42%	58%	42%	58%	42%	58%	42%	0%	100%	67%	33%	67%	33%
	Construction Risks	Non conformity to the project	2		2		2		2		2			2	2		2	
		Delayed delivery or impossibility of completion of the works	2		2		2		2		2			2	2		2	
		Increase in construction costs	2		2		2		2		2			2	2		2	
		Possible default of subcontractors	2		2		2		2		2		2		2		2	
		Evaluation %	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	25%	75%	100%	0%	100%	0%
MANAGEMENT	Market Risk	Increased operating costs (maintenance, etc.)	2		2		2		2		2		2		2		2	
		Change of use, occupation, mode of use of the building	2		2			2	2	1		2					2	
		Increases in energy costs	2		2			2		2		2		2	2		2	
		Regulatory changes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		Change of the incentive system	1,5	0,5	2		2		1,5	0,5	2				2		2	
		Change in taxes (tax and VAT)		2		2		2		2		2		2		2		2
		Increase in insurance costs	2		2		2		2		2			2	2		2	
		Changes in the dynamics of the indices of the royalties revisional	1	1													1	1
		Change in the rate of inflation	0,5	1,5	2		2				2			2	2		1,5	0,5
		Evaluation %	67%	33%	81%	19%	56%	44%	57%	43%	56%	44%	25%	75%	79%	21%	75%	25%
	Counterparty Risk	EELL Rating	2		2			2	2			2	2		2		2	
		ESCo Rating		2		2		2	1	1		2		2		2		2
		Risk of default by ESCo		2		2		2	1	1		2	2			2		2
		Financial and technical reliability of suppliers of heat and electricity	2		2		0,5	1,5	2		0,5	1,5		2	2		2	
		Provider of incentives	1,5	1	2		1	1	2		2	2		2	2		2	
		Evaluation %	52%	48%	60%	40%	15%	85%	80%	20%	21%	79%	40%	60%	60%	40%	60%	40%
	Technological Risk	Lack of performance of technologies/facility	2		2		2		2		2			2	2		2	
		plant shutdown/breaking plant	0,5	1,5		2		2	0,5	1,5		2		2	2		2	
		Increase in maintenance	2		2		2		2		2		2		2		2	
		Damages for accidents or erroneous management	2		2		2		2		2		2		2		2	
		Risk resulting from innovative technologies	2		2		2		2		2		2		2		2	
		Evaluation %	85%	15%	80%	20%	80%	20%	85%	15%	80%	20%	60%	40%	100%	0%	100%	0%
	External Risks	Occurrence of acts of God		2		2		2		2		2		2		2		2
		Climate risk	2		2		0,5	1,5	1	1	0,5	1,5		2	2		2	
		Damage to third parties		2		2		2		2		2		2	2			2
		Evaluation %	33%	67%	33%	67%	8%	92%	17%	83%	8%	92%	0%	100%	67%	33%	33%	67%
TOTAL RISKS			75%	25%	78%	22%	58%	42%	75%	25%	58%	42%	27%	73%	85%	15%	80%	20%

La siguiente imagen muestra la asignación de riesgo entre la ESCO y el Municipio en los distintos tipos de contrato EPC.

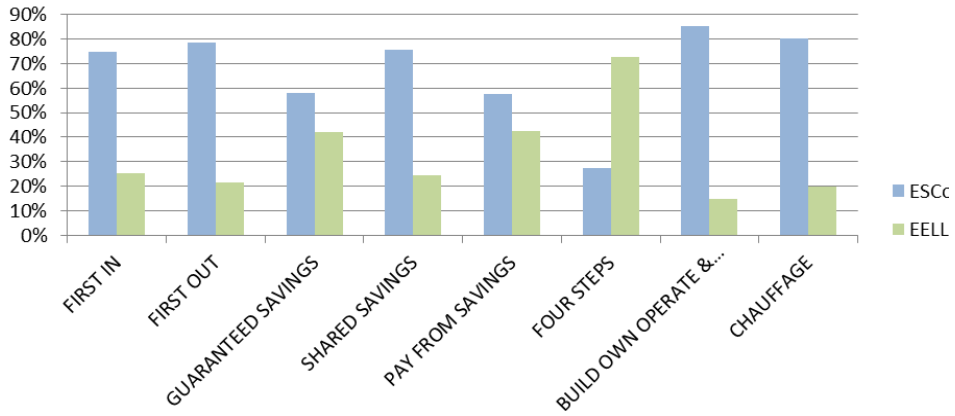


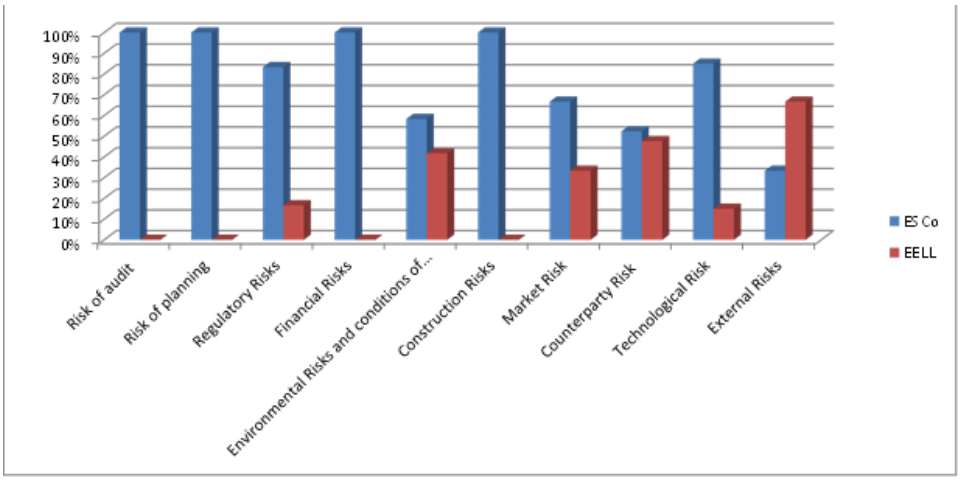
Imagen 53. Asignación de riesgos en el contrato EPC

Obviamente, la ESCO asume riesgos, y la comparación de la magnitud de estos riesgos con los ingresos identifica lo atractivo que es una iniciativa. Un equilibrio adecuado en la diversificación de los riesgos y los ahorros de coste entre las partes determinará el éxito de una iniciativa a la hora de mejorar la eficiencia energética en base a un contrato EPC.

Las siguientes imágenes muestran cómo se comparten los riesgos entre la ESCO y el Municipio en los distintos tipos de contrato EPC.

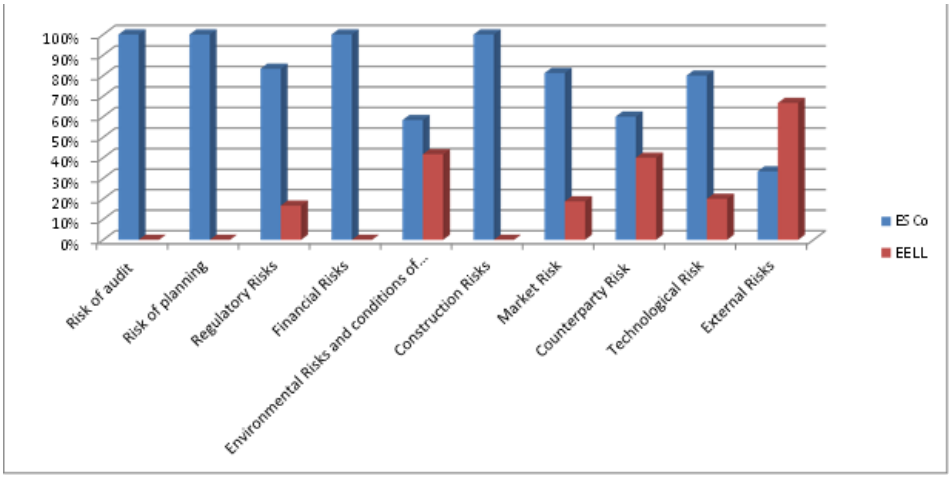
FIRST IN

Solo los Riesgos Externos pesan más para la administración pública; todos los demás riesgos analizados son asumidos completamente por la ESCO o representan un porcentaje nunca menor del 50%. En total, la ESCO asume el 75% de los riesgos.



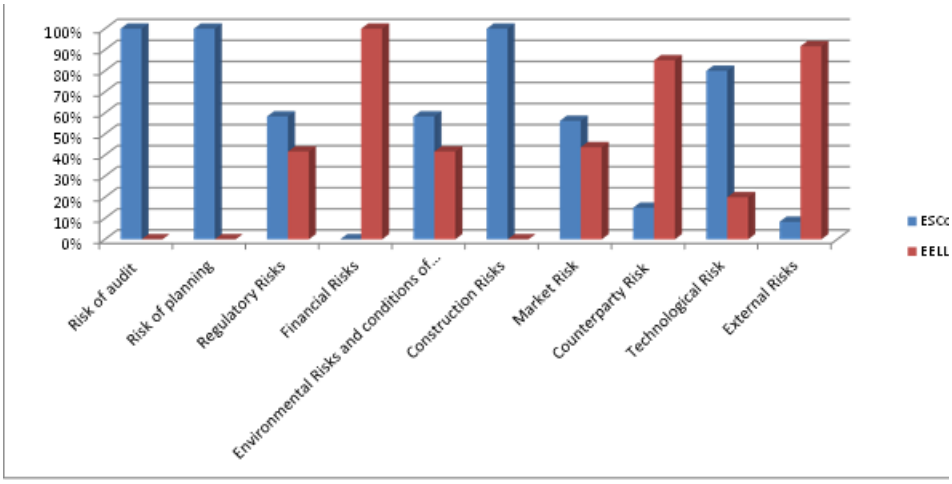
FIRST OUT

Solo los Riesgos Externos pesan más para la administración pública; todos los demás riesgos analizados son asumidos completamente por la ESCO o representan un porcentaje nunca menor del 58%. En total, la ESCO asume el 78% de los riesgos.



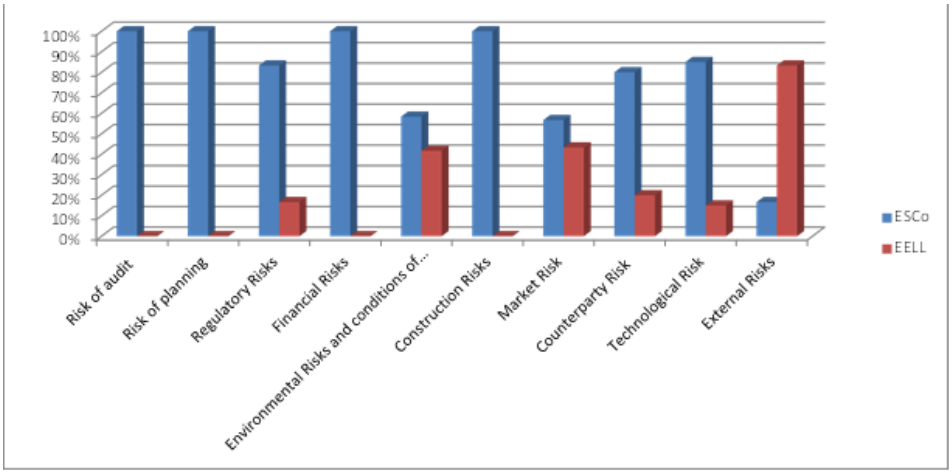
AHORROS GARANTIZADOS

En este caso, un alto porcentaje del riesgo, que mayormente se trata de Riesgo Financiero, Riesgo de Contrapartida y Riesgos Externos, se encuentra a cargo de la administración pública; solo el Riesgo de Auditoría, de Diseño y de Construcción son completamente asumidos por la ESCO, mientras que el resto de riesgos son equilibrados con una ligera ventaja para la administración pública. En total, la ESCO asume el 58% de los riesgos.



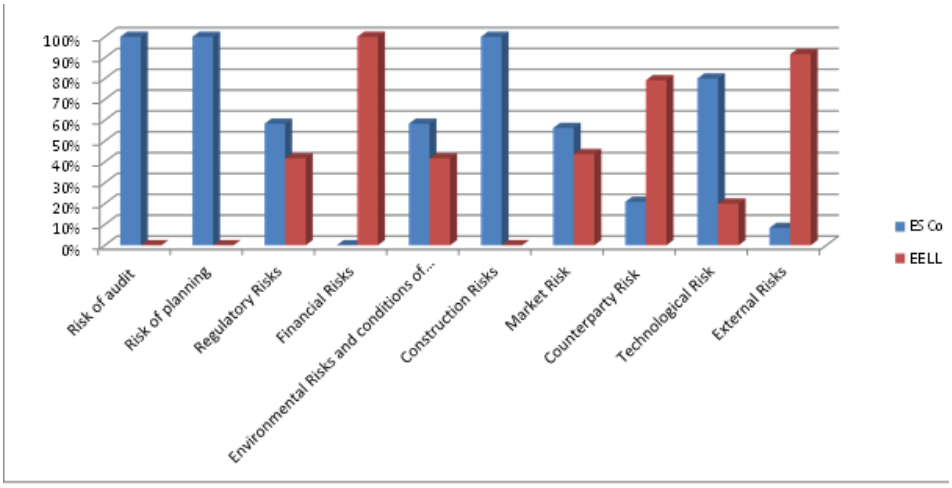
AHORROS COMPARTIDOS

Solo los Riesgos Externos en un gran porcentaje son asumidos por la administración pública, mientras que los demás mayoritariamente los soporta la ESCO en un porcentaje nunca menor al 57%. En total, la ESCO asume el 75% de los riesgos.


100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
Risk of audit
Risk of planning
Regulatory Risks
Financial Risks
Environmental Risks and conditions of...
Construction Risks
Market Risk
Counterparty Risk
Technological Risk
External Risks
ESCo
EELL

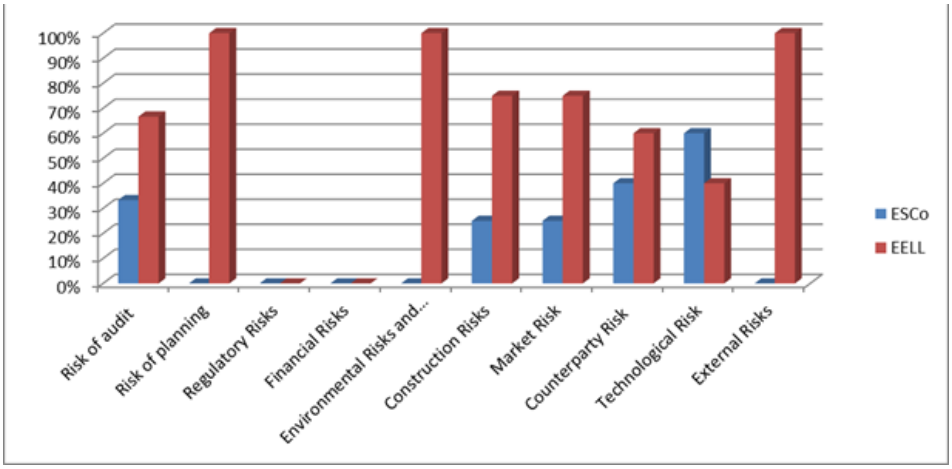
PAGAR DE LOS AHORROS

En este caso, un alto porcentaje del riesgo, que mayormente se trata de Riesgo Financiero, Riesgo de Contrapartida y Riesgos Externos, se encuentra a cargo de la administración pública; solo el Riesgo de Auditoría, de Diseño y de Construcción son completamente asumidos por la ESCO, mientras que el resto de los riesgos son equilibrados con una ligera ventaja para la administración pública, que nunca excede del 42%. En total, la ESCO asume el 58% de los riesgos.



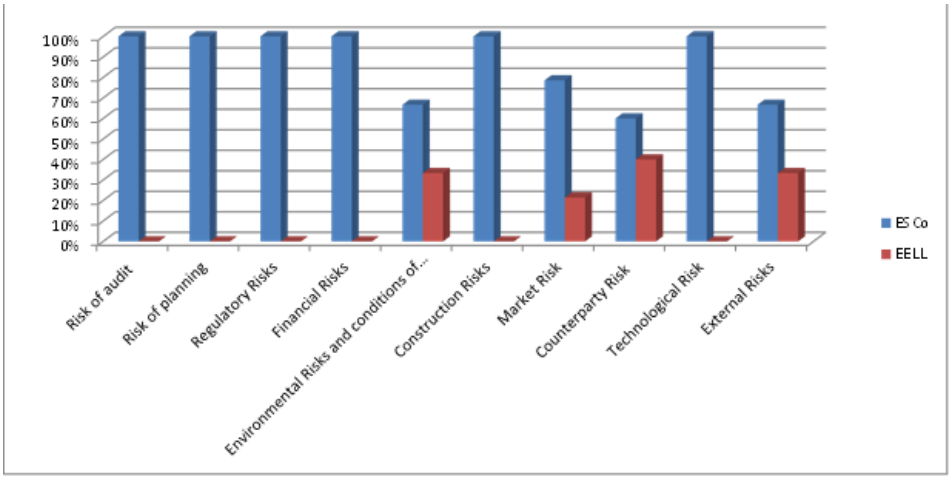
CUATRO PASOS

Es generalmente un contrato de bajo riesgo donde la totalidad del riesgo lo asume la administración pública, excepto el riesgo tecnológico que lo asume la ESCO al 60%. En total, la ESCO asume el 27% de los riesgos.



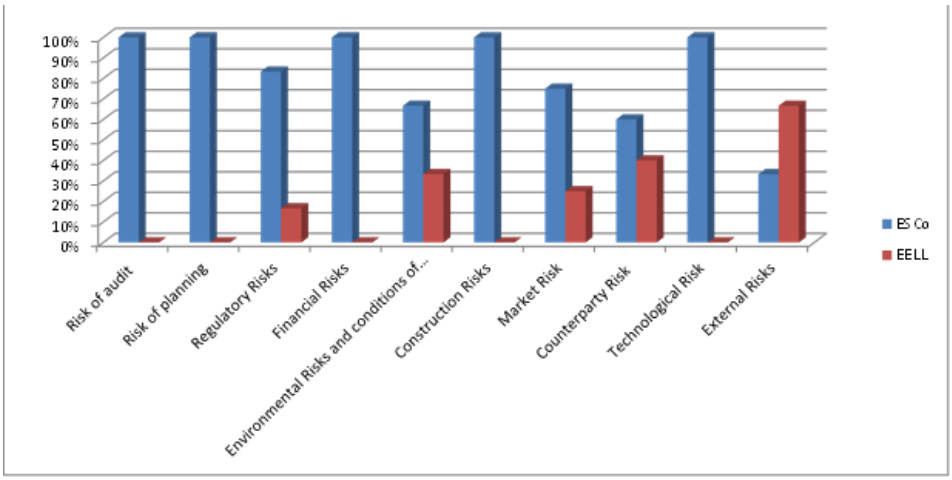
BOOT

La ESCO asume un total de 85% de los riesgos; muchos riesgos específicos no recaen en la administración pública, y en cualquier caso no asume nunca más del 40% del riesgo.



CHAUFFAGE

Solo los Riesgos Externos, en un porcentaje del 67%, son asumidos por la administración pública; los otros riesgos o no existen o no los asume en más del 40%. En total, la ESCO asume el 80% de los riesgos.



Tras el análisis de la matriz de riesgos relacionados con los tipos de contrato, será más fácil realizar las evaluaciones pertinentes para definir

el tipo de contrato que mejor se adecua a los requisitos del proyecto específico. Con la misma matriz se pude evaluar cómo construir un acuerdo personalizado que incorpore las características de los distintos contratos y que mejor satisfaga las necesidades específicas.

C.5 COMENTARIOS FINALES

Este capítulo sugiere un método que la Administración Pública puede usar para definir un contrato EPC que esté bien equilibrado para las partes y que pueda aceptar las demandas del Municipio.

El objetivo de este método es ser un camino lógico que se pueda adaptar y modificar según las necesidades y requisitos.

Es obvio que, si el objetivo del Municipio es convertir a sus edificios actuales en edificios nZEB, es importante tener en cuenta el mercado de las ESCO a la hora de crear una asociación público-privada que genere un contrato que sea atractivo para el mercado.

C

GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE MODELOS DE SERVICIO ENERGÉTICO

PARTE

D

EXPERIENCIA ADQUIRIDA Y RECOMENDACIONES

D.1 EXPERIENCIA ADQUIRIDA

El objetivo de esta sección es recoger todas las experiencias y conocimientos adquiridos en la ejecución de actividades CERtuS.

D.1.1 APRENDIZAJE DE SUPUESTOS DE RENDIMIENTO, CONSUMO Y DISEÑO

Las opciones de renovación para los edificios existentes se deberán implementar mediante un grupo de medidas basadas en estudios y evaluaciones preliminares y en los análisis sobre su impacto final. Estas opciones de renovación no se deberán implementar mediante medidas fijas definidas por adelantado e individuales. Estas opciones de renovación deberían incluir medidas financieras y técnicas.

Por ejemplo, la sustitución de ventanas generan medidas futuras (por ejemplo, pintar), lo que afecta la envolvente del edificio y que está relacionado con el aislamiento adicional de la pared. Además, el objetivo técnico de este tipo de intervenciones es el de reducir las pérdidas de calor y mejorar las condiciones interiores. Por lo que, el aislamiento adicional de la pared sin la sustitución de ventanas, en algunos casos:

- no es tan eficiente a la hora de reducir las pérdidas de calor; y
- hace que la sustitución de las ventanas no sea una solución financiable, ya que se instalarían a posteriori. En este caso la potencial reducción de energía también se estimará sobre una posible situación de niveles bajos (esto se refiere al consumo estimado de energía después del aislamiento adicional).

Por lo tanto, las medidas de renovación se deberán basar en una evaluación y un diseño definidos cuidadosamente. El efecto integral de las medidas planeadas deberá basarse en un enfoque sistemático.

Una opción de renovación deberá ser totalmente rentable; si no, nunca se podría implementar, excluyendo los proyectos en los que se puedan conseguir otros beneficios.

El periodo de amortización de las renovaciones energéticas es un factor de control, pero en algunos casos, se puede aceptar un periodo de amortización más largo si previene riesgos o daños materiales y/o

defectos estructurales obvios, lo que podría resultar en mayores inversiones en el futuro. Obviamente, el valor del ahorro energético de una medida particular con un periodo de amortización razonable se puede combinar con una medida que tenga un periodo de amortización mayor si la combinación es viable y atractiva tanto técnica como económicamente.

Una renovación integral es compleja y cara. Por lo que, se deben implementar estudios de diseño de rendimiento energético a través de ciertas tareas, dando prioridad a:

- Las medidas que se deben realizar por los riesgos y daños visibles que se encuentran durante la fase de diseño (pueden resultar muy caros en el futuro);
- Medidas de ahorro energético con inversiones a coste muy bajo o cero (por ejemplo, el ajuste de las ventanas y las puertas, el ajuste del temporizador del sistema de climatización y la iluminación);
- Medidas de ahorro energético con un periodo de amortización razonable; y
- Mejoras en la eficiencia energética gracias a instalaciones efectivas a largo plazo, tales como RES y sistemas pasivos y/o híbridos que sustituyen combustibles fósiles.

Este enfoque y procedimiento requiere de un plan de mantenimiento a corto y largo plazo y de una asignación de recursos de forma que la curva del ciclo de vida del edificio se optimice.

Es difícil alcanzar el límite de nZEB desarrollando proyectos mediante asociaciones público-privadas con ESCOs en estas condiciones de mercado.

Las inversiones realizadas en los edificios existentes tienden a concentrarse en medidas con un periodo de amortización a corto o medio plazo, y estos generan alrededor del 30%-40% del ahorro energético. Este es el límite actual en el mercado y varía según el país participante y el tipo de edificio. Por lo tanto, se pueden conseguir mayores ahorros energéticos incrementando las inversiones, las cuales no son siempre rentables en estas condiciones de mercado y normalmente necesitan ser financiadas con instrumentos financieros ad-hoc y/o subvenciones públicas.

Para que las inversiones sean más sostenibles para las ESCOs, los proyectos de renovación podrían considerar formas alternativas al contrato EPC estándar.

Se podría sustituir por un servicio global o la compra directa por parte del Municipio, por ejemplo.

Los proyectos modestos de eficiencia energética no son excepcionales en el sector público de los países del Sur de Europa. Los proyectos de eficiencia energética, generalmente mayores en términos de inversión y efectos de reducción, podrían ser una buena opción para añadir más de una iniciativa.

Este añadido podría ser útil para obtener rentabilidad, mayores ingresos y sinergias.

Los grupos de interés consideran que las barreras económicas son uno de los mayores obstáculos para las renovaciones nZEB.

Este hecho empeora, en algunos casos, por el bajo interés, las decisiones políticas y la falta de fondos públicos. La promulgación de planes energéticos ambiciosos junto con una política adecuada de impuestos, además de incentivos, es necesario para impulsar la renovación energética no solo en la mayoría de los países participantes, sino también en otros países del Sur y Este de Europa.

La falta de conocimiento en tecnologías de actualización, especialmente en las innovadoras, y la poca claridad en las políticas energéticas se han identificado como la barrera principal desde el punto de vista tecnológico.

Además, esta falta de conocimiento también depende de la falta de datos de ahorro energético fiables, la incertidumbre sobre los costes de mantenimiento y la complejidad de las instalaciones.

Que las opciones de renovación no sean económicamente sostenibles depende de varios factores:

- Soluciones tecnológicas que se encuentran disponibles en el mercado y que son bastante caras si se comparan con los ahorros

obtenidos. Esto tiene un impacto negativo sobre la viabilidad económica-financiera de los proyectos;

- Los plazos de amortización largos y medianos de algunas medidas en particular;
- Los costes adiciones causados por sistemas o construcciones especiales que se requieren para edificios protegidos, en comparación con los convencionales; y
- Las intervenciones de eficiencia energética pueden mejorar la capacidad de las administraciones públicas de identificar la importancia de una frecuencia de mantenimiento adecuada, si se compara con las condiciones anteriores a la renovación. Esto normalmente se hará visible cuando aumenten los costes anuales de mantenimiento (completamente soportados por la ESCO). Este aspecto, aunque inicialmente aumente el gasto público, es fundamental para un mantenimiento adecuado de los sistemas nuevos.

D.1.2 RECOMENDACIONES

Para fomentar las intervenciones de nZEB y financiarlos a las condiciones de mercado, se deberán considerar ciertas acciones. Estas no necesariamente surgen de investigaciones y otros análisis realizados dentro del proyecto CERtuS. Son propuestos como elemento de reflexión sobre la viabilidad y sostenibilidad de las intervenciones nZEB:

- Aumentar el uso de edificios públicos durante el día con actividades adicionales cuando sea posible (por ejemplo, deportes y actividades sociales durante la tarde/noche, actividades en la oficina durante el día). Si el uso del edificio se pudiese ampliar más allá de su uso normal/convencional, se obtendrán beneficios gracias a la optimización del rendimiento y uso del edificio
- Aumento de servicios ESCO, además de gestionar las instalaciones (por ejemplo, mecánica, protección contra incendios y servicios eléctricos), se podrían realizar servicios auxiliares (por ejemplo, servicios de limpieza, cuidado medioambiental, recepción). Esto generaría ingresos adicionales para las ESCOs, haciéndolo más atractivo
- Tras implementar los trabajos de renovación, y cuando el edificio haya cumplido con los requisitos y estándares definidos y/o se convierta en plenamente operativa, habría posibilidades de realizar más intervenciones de eficiencia energética. Esto implica que las

instituciones financieras (por ejemplo, inversores institucionales, fondos, etc.) inviertan dinero en la ESCO

En consecuencia, la ESCO podría atraer más recursos para realizar más proyectos. Este plan podría solventar la subcapitalización de la ESCO o reducir las necesidades de recursos financieros

El proyecto CERtuS fomenta la implantación de Eficiencia Energética y alienta a los grupos de interés a crear marcos de negocio que favorezcan las inversiones.

CERtuS ha adaptado los procedimientos y modelos de servicio energético existentes y ha identificado planes de financiación adecuados para los proyectos de construcción y los requisitos específicos de cada municipio.

- El diseño de renovación CERtuS ha demostrado con éxito que se puede reducir considerablemente el consumo de energía para calefacción, refrigeración, ventilación e iluminación con una cuota de consumo de energía renovable significativo. El diseño de renovación CERtuS ha demostrado con éxito que se puede reducir considerablemente el consumo de energía para calefacción, refrigeración, ventilación e iluminación con una cuota de consumo de energía renovable significativo
- El diseño de renovación CERtuS, a pesar de ser innovador, no se encuentra a la vanguardia Esta elección refleja mejor las condiciones de mercado, tiene un menor riesgo y se acerca más a los requisitos de los inversores en cuanto a opciones de inversión seguras
- CERtuS ha desarrollado una metodología y un Instrumento de Evaluación Económica Simplificada cuyo objetivo es proporcionar soporte a los municipios a la hora de preparar y evaluar el potencial de la eficiencia energética y renovación integral a ser financiado mediante un contrato de servicios energéticos
- CERtuS ha desarrollado una metodología que evalúa el riesgo y los requisitos particulares de cada municipio a la hora de identificar los procedimientos y modelos de servicio energéticos existentes y la mezcla de fondos de mercado, fondos de subsidio y subvenciones más adecuada para financiar la renovación nZEB y las intervenciones de eficiencia energética

D

EXPERIENCIA ADQUIRIDA Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de directrices y material de formación, la capacidad de construcción en los municipios, los talleres de formación y las herramientas web facilitan el buen resultado de la replicación CERtuS.

ANEXO

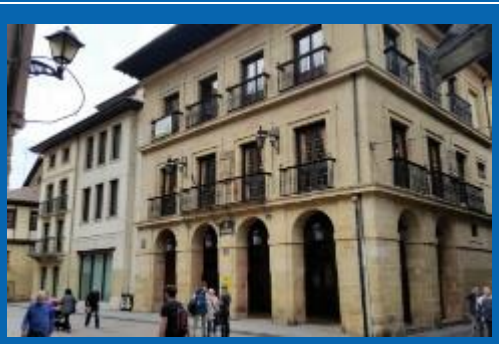
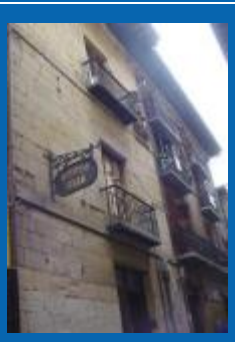
EJEMPLOS CERtuS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA Y TÉCNICA DE RENOVACIONES NZEB

CASOS DE ESTUDIO CERTUS

IMPLANTACIÓN DE nZEB PÚBLICOS EN PAÍSES DEL SUR DE EUROPA
LA EXPERIENCIA DEL PROYECTO CERtuS

Messina, ITALIA	Alimos, GRECIA
Palacio Zanca – Ayuntamiento	Ayuntamiento
Palacio de Cultura “Antonello da Messina”	Biblioteca Municipal
Palacio Satélite	Oficinas Municipales

IMPLANTACIÓN DE nZEB PÚBLICOS EN PAÍSES DEL SUR DE EUROPA
LA EXPERIENCIA DEL PROYECTO CERtuS

Coimbra, PORTUGAL	Errenteria, ESPAÑA
Ayuntamiento	 Ayuntamiento
Casa de la Cultura	 Kapitain Etxea
Centro Escolar Solum	Lekuona

MESSINA, ITALIA

Palacio Zanca

Cost Efficient Options and Financing for nearly Zero Energy Renovation of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

PALACIO ZANCA - MESSINA, ITALIA

ESTADO ACTUAL DEL EDIFICO - PROBLEMAS TÉCNICOS Y DE OTRO TIPO DETECTADOS

El Palacio Zanca consiste de cinco edificios-naves unidas y construidas alrededor de un patio. La estructura del edificio se construyó siguiendo el sistema Hennebique en hormigón armado (cemento Portland). Tres de las cinco naves siguen un sistema continuo de mampostería en hormigón armado. En cambio, las dos naves restantes están construidas mediante un sistema de marcos a modo de muro de albañilería sin formar parte del sistema estructural. El exterior de la envolvente es de imitación de piedra. Todas las ventanas son de acristalamiento simple con marcos de madera. La estructura de las puertas es la misma que la de las ventanas, excepto 3 puertas metálicas con cristal en la planta baja. Todas las ventanas tienen contraventanas. Los edificios que se encuentran al norte y los arboles perennes al sur le dan sombra. La fachada principal está orientada al este, y no le da la sombra en ningún momento. Una medición térmica realizada en el interior del edificio evidenció que las paredes, por lo general, tienen un buen rendimiento térmico. En cambio, las ventanas, de acristalamiento simple y marcos de madera, presentan deficiencias de aislamiento, agravadas por su antigüedad. Algunas de las características del edificio contribuyen a un rendimiento térmico pobre: El edificio presenta muchas patologías, tales como condensación y el crecimiento de moho. El sistema de climatización está garantizado con varias bombas de calor. Las unidades split tienen más de quince años, y su eficiencia es reducida. La circulación y renovación de aire están garantizadas de forma natural, no existen sistemas de ventilación forzados. La iluminación está compuesta por tubos fluorescentes e incandescentes.

LIMITACIONES ECONÓMICAS, FINANCIERAS Y

DESCRIPCIÓN BREVE

LEGISLATIVAS

Riesgos Económicos/Financieros

Las intervenciones de renovación integral se siguen considerando demasiado arriesgadas, y por lo tanto, no atraen a los agentes de mercado locales. Por ello, existen dificultades objetivas a la hora de incluir mejoras energéticas. La Administración Pública está intentando obtener fondos de programas de financiación nacionales y regionales.

Obstáculos Legislativos

La renovación de edificios históricos a los estándares actuales mediante el uso de tecnologías de energías renovables y la renovación integral es complicada. El principal objetivo, en estos casos, es encontrar formas inteligentes de abordar la conservación de edificios históricos y la eficiencia energética, sin causar ningún impacto visual ni modificar la integridad de la estructura histórica.

PLAN DE RENOVACIÓN

Envolvente del Edificio

Envolvente Opaca: se espera incluir un yeso de alto rendimiento para ligeramente mejorar el rendimiento de la envoltura.

Acristalamiento: El acristalamiento y los marcos existentes con un Valor-U total de 5,80 W/m2K se sustituirán por vidrio espectralmente selectivo y marcos con rotura de puente térmico con un Valor-U total de 1,6 W/m2K, transmisión solar total del 42,1% y transmisión de luz de 0,682.

Sistema de climatización

Los sistemas de climatización propuestos son del tipo VRV (Cassette techo) con un COP (coeficiente de rendimiento, por sus siglas en inglés) de 3,91 y EER (coeficiente de eficiencia energética, por sus siglas en inglés) de 3,46, de acuerdo con la normativa aplicable.

Iluminación

Se sustituirán todas las lámparas del edificio por lámparas LED nuevas, tras mejorar su distribución. Además, se instalarán sensores de luz diurnos en las luminarias para que se enciendan y apaguen automáticamente. Además, se puede conectar un sensor de movimiento al sensor de luz diurno para que se puedan encender y apagar las luces en función de los niveles de luz y

El Palacio Zanca se encuentra en la costa, en el mismo lugar que el ayuntamiento histórico. Fue destruido dos veces por sendos terremotos, uno en 1783 y otro en 1908, que lo acabó derruyendo. Se reconstruyó tras el terremoto de 1908 empleando los materiales arquitectónicos originales, y pertenece al plan de reconstrucción de la ciudad. Los trabajos de reconstrucción comenzaron en diciembre de 1914 y se completaron en 1924. El edificio es de estilo neoclásico y tiene dos alturas. Las dimensiones son las mismas en cada piso.

Todas las habitaciones son oficinas de uso municipal. El edificio normalmente se usa entre las 0:00 y 24:00 de lunes a domingo, pero los servicios se prestan y los empleados están solo entre las 7:30 y 19:30. El edificio cuenta con alrededor de 750 empleados, y es frecuentado por un gran número de visitantes.

INFORMACIÓN GENERAL

Año de construcción

ocupación detectados.

RES

Se instalará un sistema fotovoltaico de 126 kWp en el techo del edificio. Esto asegura justo por encima del 25% del consumo de electricidad tras la renovación.

Sistema de gestión energética

Se instalará un Sistema de Automatización y Control y de Edificios (BACS) con el fin de optimizar el equipo eléctrico y mecánico.

Ganancias solares pasivas

Existen aperturas de ventilación adecuadas en las ventanas de las escaleras y en la nave central, con el fin de asegurar un intercambio adecuado de aire y una ventilación constante.

Equipo

Se evaluaron los consumos del equipo de oficina y CED por separado. Las intervenciones previstas se dividen en tres tipos: (i) la formación de personal en el consumo racional de equipo de oficina; (ii) realización de compras reguladas por el modelo GPP (ecologización de las adquisiciones públicas), proporcionando criterios ecológicos claros para productos y servicios y otorgando una puntuación favorable a los productos con mejor eficiencia energética; y (iii) sistemas de control que gestionan, imponen y regulan el comportamiento de los aparatos o sistemas.

1914

Superficie / Volumen

13.500 m2 (alrededor de 7.000 m2 por planta) / 95.000 m3

Uso del Edificio:

Ayuntamiento / Edificio multifuncional de uso público

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.1.
- ✓ D2.3.
- ✓ D6.2 Guía y/o D6.3 Maxi Catálogo

Cost Efficient Options and Financing M
for nearly Zero Energy Renovation
of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

PALACIO ZANCA - MESSINA, ITALIA

EJEMPLOS CERtuS DE EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE RENOVACIONES nZEB

EVALUACIÓN DEL PLAN DE RENOVACIÓN

Ahorro Energético

El consumo energético antes de la renovación equivalía a 1.306.563 kWh/año, y el consumo de energía por metro cuadrado es de 97 kWh/m^2. El ahorro en el consumo energético es igual a 774.308 kWh/año, lo que se traduce en un ahorro de gasto energético de 139.375 euros/año.

Ahorro CO_2

El ahorro de CO2 es de 277.098 toneladas/año, con respecto a la mezcla de producción de electricidad (año base para calibración 2015).

Integración RES

Se tiene previsto producir alrededor de 176.400 kWh/año mediante la instalación de un sistema fotovoltaico de 126 kWp.

PARÁMETROS DEL PLAN DE RENOVACIÓN - TOTAL

Coste	2.309.752 €
Ahorro Energético	774.308 KWh/año 139.375 €/año
Ahorro CO_2	277.098 toneladas/año
Ahorro en Mantenimiento	77.620 €/año
Ahorros Potenciales (energía y mantenimiento)	216.995 €/año
Amortización Simple	11 años

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Costes de renovación

El coste total de la inversión es de 2.309.752 Euros, lo que se traduce en un coste de inversión por metro cuadrado de 171,09 euros/m^2.

Ahorro Económico

El ahorro de gasto energético es de 139.375 euros/año. El gasto de mantenimiento después de la renovación es menor (77.620 euros/año). Esto afecta positivamente, a nivel económico, a los ahorros totales que se pueden obtener por la intervención; de hecho, el ahorro económico de energía y mantenimiento es de 216.995 euros/año.

Periodo Amortización Proyecto

El periodo de amortización del proyecto es de 11 años si se tienen en cuenta los ahorros de mantenimiento, pero los flujos de efectivo no son suficientes para implementar una estructura de financiación en condiciones de mercado.

INVERSIÓN PARA RENOVACIÓN - TOTAL

INVERSIONES	€
Sistema de climatización	700.000
Falsos techos	244.352
Sistema de iluminación (interno y externo)	321.000
Energía renovable (PV)	226.800
Ventanas - Vidrio bajo emisivo / Puente térmico	817.600
Inversión para Renovación	2.309.752

PLAN DE FINANCIACIÓN

Contrato de Rendimiento Energético (EPC)

La estrategia del Municipio de Messina es promocionar el concepto nZEB, a pesar de no poder financiar las opciones de renovación necesarias en las condiciones actuales de ajuste económico A la hora de gestionar la renovación del Palacio Zanca, el plan de financiación

INVERSIONES SEPARADA	COSTE (€)	AHORRO (€)

más adecuado sería una solución que combine tres tipos de contratos de rendimiento energético (EPC) públicos/privados con condiciones específicas para hacer el proyecto atractivo para el mercado de las ESCO.

Esto se consigue, sin que la duración del contrato exceda de nueve años, de la siguiente manera: (i) reduciendo el valor de la inversión retrasando aquellas intervenciones que generen menores beneficios energéticos (ver Cuadro adyacente); (ii) con una contribución por parte del Municipio del 30% de la inversión; y (iii) recurriendo a las concesiones de fondos o al uso de incentivos en la Factura de Energía. De esta manera, la inversión se reduciría alrededor de €800.000 y la amortización, por lo tanto, por parte de la ESCO también sería mucho menor.

Duración del EPC

De acuerdo con la medida de inversiones separadas, la duración del contrato es de 9 años, con un TIR para una ESCO igual a 5,5.

Fuentes de Financiación

El Municipio puede financiar directamente parte de las medidas de renovación a través del Programa Operativo Nacional para Ciudades Metropolitanas Italianas con una cantidad de 450 mil euros, que corresponden a aproximadamente el 30% de la inversión total de la renovación de edificios. El resto del coste será financiado por una ESCO, a través de Conto Termico 2 y recursos propios, además de fondos específicos y subvencionados (nacionales y europeos).

Otras consideraciones

La inversión total del municipio para los tres proyectos ascendería a €2000, la cual se cubriría totalmente a través del Programa Operativo Nacional para Ciudades Metropolitanas Italianas. Los demás fondos que se pudiesen recibir permitirían realizar directamente los trabajos aplazados.

S		
Ventanas - Vidrio bajo emisivo / Puente térmico	817.600	5.980

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.5.pdf
- ✓ D3.6.pdf
- ✓ D3.7.pdf

(*) Tabla resumen de evaluación económica (extracto de D2.5)

ANEXO

Project			Size			Country Specific Factors		
			a	*b*	*b/a*			
Country	Municipality	Building	Square meter (m2)	Cost of the investment (€)	Investment/m2 (€/m2)	Inflation rate	VAT rate	Electric energy price - incl. VAT 22% (€/kWh)
Italy	Messina	City Hall "Palazzo Zanca"	13.500	2.309.752	171,1	2,00%	22%	0,220

Energy Expenditure pre e post renovation						Results		
c	d	c/a	e	f	f/a	c-e	d-f	b/(c-e)
Energy expenditure - Before renovation (€/year)	Energy consumption - Before renovation (kWh/year)	Energy consumption before/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy expenditure - Post renovation (€/year)	Energy consumption - Post renovation (kWh/year)	Energy consumption post renovation/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy Savings (€/year)	Energy Savings (kWh/year)	Energy PayBack Period
235.181	1.306.563	97	95.806	532.255	39	139.375	774.308	17

Maintenance Expenditure pre and post renovation		Results			
g	h	g-h	(c-e)+(g-h)	[(c-e)+(g-h)] / (c+g)	b/[(c-e)+(g-h)]
Maintenance Expenditure - Before renovation (€/year)	Maintenance Expenditure - Post renovation (€/year)	Maintenance Saving (€/year)	Savings (Energy and Maintenance) (€/year)	Savings € (Energy and Maintenance) % yearly	PayBackPeriod (Energy and Maintenance)
135.000	57.380	77.620	216.995	59%	11

Financial structure hypothesis							Results			
Equity	Senior Debt (*)	VAT Facility (**)	Subsided Funds (***)	Public Grant	Duration EPC Contract	Duration Subsides Fund	Project Payback period	Project IRR	Equity payback perod	ESCo IRR (SPV)
10%	0%	11%	40%	39%	20	12	12	5%	16	8%

Palacio de Cultura "Antonello da Messina"

Cost Efficient Options and Financing for nearly Zero Energy Renovation of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

PALACIO DE CULTURA "ANTONELLO DA MESSINA" - MESSINA, ITALIA

ESTADO ACTUAL DEL EDIFICO - PROBLEMAS TÉCNICOS Y DE OTRO TIPO DETECTADOS

Palacultura es un edificio independiente. La forma del edificio, con varias partes interconectadas tanto en plano como en elevación, es un paralelepípedo sobre una base rectangular en la que se erige la estructura piramidal invertida. El eje central del edificio se extiende a lo largo de eje norte-sur. La envolvente del edificio está fabricada en una amplia gama de materiales, mayormente acero y hormigón. La superficie acristalada de la estructura piramidal invertida cubre una parte considerable del edificio, alrededor del 40%. Todas las ventanas tienen acristalamiento simple con marcos de aluminio y persianas sencillas. A las fachadas no les da la sombra. El edificio en su conjunto tiene un rendimiento energético bajo. La envolvente opaca tiene una baja inercia térmica y muchos puentes térmicos debido al tipo de construcción de la pared. Además, las ventanas tienen poca estanqueidad. Las puertas provocan pérdidas considerables de calor. Las condiciones interiores no son óptimas ni en verano ni en invierno. El sistema de climatización consta de varios split de techo, haciendo función de ventilación forzada y aire acondicionado. La ventilación está asegurada tanto naturalmente a través del sistema mecánico. Hay ventilación forzada en cada habitación. La iluminación está compuesta por tubos fluorescentes. No hay ningún mecanismo para controlar la iluminación y las instalaciones están anticuadas. Las necesidades energéticas principales del edificio están cubiertas por electricidad, pero también existen pequeñas instalaciones que consumen gas natural para la calefacción.

LIMITACIONES ECONÓMICAS, FINANCIERAS Y LEGISLATIVAS

DESCRIPCIÓN BREVE

Riesgos Económicos/Financieros

Palacultura es un edificio impresionante que se encuentra en Messina, cerca del

El mayor obstáculo económico a la hora de implementar el plan de renovación es el presupuesto limitado con el que cuenta el municipio para cubrir parte de la alta inversión. El municipio está intentando obtener fondos de programas de financiación nacionales y regionales. Un límite adicional es el subdesarrollado mercado ESCO en Sicilia y la falta de instrumentos financieros apropiados a largo plazo para cubrir la alta inversión que se requiere.

Obstáculos Legislativos

No se identificó ningún obstáculo legal específico en el diseño de renovación. Sin embargo, el Plan Paisajístico Regional de la Provincia de Messina impone límites al centro urbano. En el edificio se prevé el cambio del acristalamiento existente o, como alternativa, la instalación de láminas fotovoltaicas.

PLAN DE RENOVACIÓN

Envolvente del Edificio

Envolvente Opaca: La renovación del edificio incluye aislamiento adicional en las tres plantas superiores. Es posible incluir una capa interior con un alto valor de aislamiento. La instalación de una capa interior de aislamiento reduce la superficie útil de la planta, pero es la única posibilidad existente debido a la complicada geometría del Palacio de la Cultura. Se usarán paneles de corcho y Pladur con un espesor de 4 cm.

Acristalamiento: Se sustituirán el acristalamiento y los marcos existentes por vidrio espectralmente selectivo y marcos con rotura de puente térmico en PVC. En relación con los marcos, se han seleccionado marcos de ventana con rotura de puente térmico.

Sistema de climatización

Se investigó el uso de un mayor número de sistemas de climatización más ecológicas, pero el VRV parece ser la elección más apropiada. Los sistemas de Volumen Refrigerante Variable (VRV) ofrecen altos niveles de eficiencia energética, además de flexibilidad. Funcionan de forma silenciosa y permiten al usuario controlar totalmente las temperaturas de ambiente.

Iluminación

Se espera reemplazar las luminarias existentes con lámparas LED y, donde sea posible, instalar sistemas inteligentes de encendido/apagado.

puerto deportivo de la ciudad. Consta de tres zonas para actividades culturales y tiene varias instalaciones: biblioteca pública, museo, teatro con un foro de 850 personas, anfiteatro al aire libre (uno de los más grandes y modernos de Italia) e incluso tiene una zona de exposiciones en la terraza.

La estructura de pirámide invertida se ha conseguido explotando la gran flexibilidad de los materiales, como el cemento y el acero, y teniendo en cuenta que Messina es una zona libre de terremotos.

El edificio se diseñó en 1975 y tras varios acontecimientos se acabó completando a finales del 2000. Tiene seis alturas. Las dimensiones en altura y forma son distintas en cada piso. Las actividades culturales se encuentran en los tres primeros pisos, mientras que los otros tres (con envolvente opaca) están ocupados por oficinas. El edificio se usa mayormente como oficinas municipales y en ocasiones como museo o teatro. Los servicios municipales están disponibles y los empleados presentes entre las 7:30 y las 19:30, cinco días a la semana. El edificio alberga 200 empleados y el número de visitantes difiere según las actividades que se llevan a cabo en el palacio.

INFORMACIÓN GENERAL

Año de construcción

RES

En el techo del edificio se instalará un sistema fotovoltaico de 28 kWp: este tamaño asegura un poco más del 40% de consumo actual de electricidad.

Aislamiento/Ganancias solares pasivas

Se sugiere un techo ecológico que proporcionará dos grandes ventajas: primero, reducirá las pérdidas de calor durante el invierno al funcionar como aislamiento y frenará la entrada de calor durante el verano, funcionando como un sistema reflectante de luz solar.

Equipo Las intervenciones previstas se dividen en tres tipos: (i) la formación de personal en el consumo racional de equipo de oficina; (ii) realización de compras reguladas por el modelo GPP (ecologización de las adquisiciones públicas), proporcionando criterios ecológicos claros para productos y servicios y otorgando una puntuación favorable a los productos con mejor eficiencia energética; y (iii) sistemas de control que gestionan, imponen y regulan el comportamiento de los aparatos o sistemas.

1975/2009

Superficie / Volumen

10.300 m^2

Uso del Edificio:

Centro multifuncional

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.1.
- ✓ D2.3.
- ✓ D6.2 Guía o D6.3 Maxi Catálogo

Cost Efficient Options and Financing M
for nearly Zero Energy Renovation
of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

PALACIO DE CULTURA "ANTONELLO DA MESSINA" - MESSINA, ITALIA

EVALUACIÓN DEL PLAN DE RENOVACIÓN

Ahorro Energético

El consumo energético antes de la renovación equivalía a 408.733 kWh/año, y el consumo de energía por metro cuadrado era de 40 kWh/m^2.

El ahorro en el consumo energético es igual a 228.860 kWh/año, lo que se traduce en un ahorro de gasto energético de 41.195 euros/año.

Ahorro CO_2

El ahorro de CO_2 es de 76.213 toneladas/año.

Integración RES

En el techo del edificio se instalará un sistema fotovoltaico de 28 kWp: este tamaño asegura un poco más del 40% de consumo actual de electricidad.

PARÁMETROS DEL PLAN DE RENOVACIÓN - TOTAL

Coste	1.114.175 €
Ahorro Energético	228.860 KWh/año 41.195 €/ año
Ahorro CO_2	76.213 toneladas/año
Ahorro en Mantenimiento	839 €/año
Ahorros Potenciales (energía y mantenimiento)	42.034 €/año
Amortización Simple	27 años

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Costes de renovación

El coste total de la inversión es de 1.114.175 euros, lo que se traduce en un coste de inversión por metro cuadrado de 108 euros/m^2.

Ahorro Económico

El gasto de mantenimiento después de la renovación es menor (839 euros/año). Esto afecta positivamente, a nivel económico, a los ahorros totales que se pueden obtener por la intervención. De hecho, el ahorro económico de energía y mantenimiento es de aproximadamente 42.034 euros/año.

Periodo Amortización Proyecto

INVERSIÓN PARA RENOVACIÓN - TOTAL

INVERSIONES	€
Sistema de iluminación (interno)	252.150
Energía renovable (PV)	50.400
Envolvente del edificio	500.000
Ventanas - Vidrio bajo	261.625

El periodo de recuperación del proyecto es muy largo, 26,5 años, si se tienen en cuenta el mantenimiento, y los flujos de efectivo son muy bajos. Esta situación tiene un impacto muy negativo en la sostenibilidad del proyecto y, por lo tanto, en ser atractivo para una ESCO.

emisivo / Puente térmico	
BACS	50.000
Inversión para Renovación	1.114.175

PLAN DE FINANCIACIÓN

Contrato de Rendimiento Energético (EPC)

La estrategia del Municipio de Messina es promocionar el concepto nZEB, a pesar de no poder destinar financiación a las opciones de renovación necesarias en las condiciones actuales de ajuste económico. A la hora de gestionar la renovación del Palacio de Cultura, el plan de financiación más adecuado sería una solución que combine tres tipos de contratos de rendimiento energético (EPC) públicos/privados con algunas condiciones específicas para hacer el proyecto atractivo para el mercado de las ESCO.

Esto se consigue, sin que la duración del contrato exceda de nueve años, de la siguiente manera:

a) reduciendo el valor de la inversión retrasando aquellas intervenciones que generen menores beneficios energéticos (ver Cuadro);

b) con una contribución por parte del Municipio del 30% de la inversión; y

c) recurriendo a las concesiones de fondos o al uso de incentivos en la Factura de Energía.

De esta manera, la inversión se reduciría alrededor de €600.000 y la amortización, por lo tanto, por parte de la ESCO también sería mucho menor.

Para la ESCO el proyecto el sigue siendo no sostenible.

INVERSIONES SEPARADAS	COSTE (€)	AHORRO (€)
Envolvente del edificio	603.625	4.258

Duración del EPC

Para que el contrato sea sostenible en el mercado, es necesario ampliar la duración del contrato a por lo menos 15 años.

Fuentes de Financiación

El Municipio puede financiar directamente parte de las medidas de renovación a través del Programa Operativo Nacional para Ciudades Metropolitanas Italianas con una cantidad de 153 mil euros, que

corresponden a aproximadamente el 30% de la inversión total de la renovación de edificios. El resto del coste será financiado por una ESCO, a través de Conto Termico 2 y recursos propios, además de fondos específicos y subvencionados (nacionales y europeos).

Otras consideraciones

Para que las ESCOs se comprometan más económicamente también se podría incluir en el contrato la gestión de otros servicios de mantenimiento. Esto se podría realizar de la misma manera que el municipio confía a terceros algunos servicios para la población y la gestión de ciertas actividades culturales, así aumentando los ingresos y los márgenes con el fin de conseguir una mayor inversión

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.5.pdf
- ✓ D3.6.pdf
- ✓ D3.7.pdf

(*) Tabla resumen de evaluación económica (extracto de D2.5)

Project			Size			Country Specific Factors		
			a	*b*	*b/a*			
Country	Municipality	Building	Square meter (m2)	Cost of the investment (€)	Investment/m2 (€/m2)	Inflation rate	VAT rate	Electric energy price - incl. VAT 22% (€/kWh)
Italy	Messina	"Palacultura"	10.300	1.114.175	108,2	2,00%	22%	0,220

Energy Expenditure pre e post renovation						Results		
c	d	c/a	e	f	f/a	c-e	d-f	b/(c-e)
Energy expenditure - Before renovation (€/year)	Energy consumption - Before renovation (kWh/year)	Energy consumption before/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy expenditure - Post renovation (€/year)	Yearly Energy consumption - Post renovation (kWh/year)	Energy consumption post renovation/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy Savings (€/year)	Energy Savings (kWh/year)	Energy PayBack Period
73.572	408.733	40	32.377	179.873	17	41.195	228.860	27

Maintenance Expenditure pre e post renovation		Results			
g	h	g-h	(c-e)+(g-h)	[(c-e)+(g-h)] / (c+g)	b/[(c-e)+(g-h)]
Maintenance Expenditure - Before renovation (€/year)	Maintenance Expenditure - Post renovation (€/year)	Maintenance Saving (€/year)	Savings (Energy and Maintenance) (€/year)	Savings € (Energy and Maintenance) % yearly	PayBackPeriod (Energy and Maintenance)
30.000	29.161	839	42.034	41%	27

Financial structure hypothesis							Results			
Equity	Senior Debt (*)	VAT Facility (**)	Subsided Funds (***)	Public Grant	Duration EPC Contract	Duration Subsides Fund	Project Payback period	Project IRR	Equity payback perod	ESCo IRR (SPV)
11%	0%	7%	23%	59%	25	15	>D	<0%	22	3%

(*) Interest rate= 5,93%, the sources are available in the previous paragraph; Duration= 12 y
(**) Interest rate= 4,70%; Duration= 2 y
(***) interest rate = 1,5%
"> D" the pay back is longer than analysed period

Palacio Satélite

Cost Efficient Options and Financing for nearly Zero Energy Renovation of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

PALACIO SATÉLITE - MESSINA, ITALIA

ESTADO ACTUAL DEL EDIFICO - PROBLEMAS TÉCNICOS Y DE OTRO TIPO DETECTADOS

El edificio se construyó para uso residencial y cada planta alberga varias unidades residenciales / apartamentos. Este edificio residencial se ha convertido en unas oficinas y un espacio público sin ninguna planificación ni adaptación. Además, aunque el edificio pertenezca a una entidad (el municipio), se encuentra subdividido en oficinas individuales (originariamente unidades residenciales) y lo utilizan organizaciones de distinto tamaño, necesidades y negocio. Esto da lugar a zonas favorables, menos favorables y con un ambiente interior pobre, y además, complica más la física y el rendimiento global del edificio. Algunas de las características y estándares técnicos del edificio contribuyen a un rendimiento térmico pobre. La orientación no es favorable y necesita de un alto consumo de calefacción durante el invierno (complementario al norte) y un alto consumo de refrigeración durante el verano. Además las fachadas no tienen protección a la radiación solar. Las paredes externas tienen una inercia térmica media con un alto de techo más allá de la media. Esto aumenta la respuesta energética térmica de la envolvente durante el verano pero tiene desventajas durante el invierno. Las ventanas siguen siendo las antiguas con acristalamiento simple y marcos de aluminio, y presentan problemas de aislamiento y limitada estanqueidad. El edificio presenta muchas patologías, tales como condensación y el crecimiento de moho.

LIMITACIONES ECONÓMICAS, FINANCIERAS Y LEGISLATIVAS

Riesgos Económicos/Financieros

El Municipio no tiene fondos específicos para mejorar edificios públicos. Por lo tanto, existen grandes dificultades a la hora de implementar mejoras energéticas. La Administración Pública está

DESCRIPCIÓN BREVE

El Palacio Satélite es un edificio municipal en Messina. El edificio se encuentra en el centro histórico de la ciudad, cerca de la estación principal. En el edificio se ejercen muchas funciones

intentando obtener fondos de programas de financiación nacionales y regionales.

Obstáculos Legislativos

No existen obstáculos legislativos para renovar este edificio.

PLAN DE RENOVACIÓN

Envolvente del Edificio

Envolvente Opaca: entre las acciones planeadas está la renovación de la fachada. El objetivo es hacer seguras las partes que no lo son actualmente, y donde sea necesario, realizar una renovación a fondo. Otro cambio es la reconstrucción del yeso de las fachadas, usando yeso con aislamiento térmico. Entre otras intervenciones, cabe destacar la estanqueidad del tejado, y se tiene planeado instalarlo debajo de un suelo de membrana bituminosa reforzada con fibra de vidrio.

Acristalamiento: se sustituirán el acristalamiento y los marcos existentes por vidrio espectralmente selectivo y marcos con rotura de puente térmico en PVC. En relación con los marcos, se han seleccionado marcos de ventana con rotura de puente térmico. Se ha decidido usar ventanas con marcos de PVC. Las ventanas que se han elegido son de doble acristalamiento con una cámara de 6/13 mm.

Sistema de climatización Casi todas las habitaciones operativas tienen sistemas de aire acondicionado. Se ha previsto instalar un falso techo en todas las zonas de circulación; si es posible, en todas las habitaciones del edificio. El resultado será un descenso de la altura neta de los edificios a ser calefactados y la creación de un circuito para las instalaciones de calefacción y de iluminación.

Iluminación

Se espera reemplazar las luminarias existentes con lámparas LED y, donde sea posible, instalar sistemas inteligentes de encendido/apagado que dependan de la luz solar.

RES

Se ha elegido la instalación de un sistema fotovoltaico con 120 kWp. Esto asegura alrededor del 84% del consumo de electricidad tras la renovación.

Aislamiento/Ganancias solares pasivas

del gobierno municipal, incluyendo la Unidad de Salud Local, la gestión de la policía municipal y varios departamentos municipales.

El estilo del edificio es moderno; es un ejemplo de estructura de marcos en hormigón armado. Las paredes están hechas en mampostería y los suelos en losa y mampostería. El edificio consta de cinco alturas. Las dimensiones son las mismas en cada piso.

El edificio normalmente se usa las 24 horas de lunes a domingo solamente para la gestión de la policía municipal. Las actividades públicas de los empleados se realizan solamente entre las 7:30 y 19:30. El edificio cuenta con a alrededor de 200 empleados, y es frecuentado por un número indeterminado de visitantes.

INFORMACIÓN GENERAL

Año de construcción

1970

Superficie / Volumen

Se sugiere un techo ecológico que proporcionará dos grandes ventajas: (i) reducirá las pérdidas de calor durante el invierno al funcionar como aislamiento; y (ii) frenará la entrada de calor durante el verano, funcionando como un sistema reflectante de luz solar.

Sistema de gestión energética

Se ha previsto un Sistema de Automatización y Control y de Edificios (BACS) para controlar la calefacción, refrigeración y ventilación de edificio, y un Sistema de Gestión de Edificios (BMS) para la iluminación y el resto de sistemas. El sistema de distribución incluye ordenadores en red, todos los dispositivos electrónicos necesarios para controlar la seguridad, la iluminación en general y las luces de emergencia, y la humedad y temperatura de las habitaciones.

Equipo

Las intervenciones previstas se dividen en tres tipos: (i) la formación de personal en el consumo racional de equipo de oficina; (ii) realización de compras reguladas por el modelo GPP (ecologización de las adquisiciones públicas), proporcionando criterios ecológicos claros para productos y servicios y otorgando una puntuación favorable a los productos con mejor eficiencia energética; y (iii) sistemas de control que gestionan, imponen y regulan el comportamiento de los aparatos o sistemas.

6.870 m^2 (alrededor de 1.350 m^2 por planta) / 18.550 m^3.

Uso del Edificio:

Oficina Municipal / Ayuntamiento

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.1.
- ✓ D2.3.
- ✓ D6.2 Guía o D6.3 Maxi Catálogo

Cost Efficient Options and Financing for nearly Zero Energy Renovation of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

PALACIO SATÉLITE - MESSINA, ITALIA

EVALUACIÓN DEL PLAN DE RENOVACIÓN

Ahorro Energético

El consumo energético antes de la renovación equivalía a 340.626 kWh/año, y el consumo de energía por metro cuadrado es de 50 kWh/m^2 al año.

El ahorro en el consumo energético es igual a 308.557 kWh/año, lo que se traduce en un ahorro de gasto energético de 55.540 euros/año.

Ahorro CO_2

El ahorro de CO_2 es de 98.545 toneladas/año.

Integración RES

Se estudió el potencial de integración RES y se consideraron varias opciones. La elección óptima es la instalación de los sistemas fotovoltaicos en el techo y las paredes del edificio. La capacidad instalada será de 120 kWp con un ahorro total de 168.000 kWh.

PARÁMETROS DEL PLAN DE RENOVACIÓN - TOTAL

Coste	1.629.738 €
Ahorro Energético	308.557 KWh/año 41.195 €/año
Ahorro CO_2	98.545 toneladas/año
Ahorro en Mantenimiento	598 €/año
Ahorros Potenciales (energía y mantenimiento)	54.942 €/año
Amortización Simple	29 años

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Costes de renovación

El coste de inversión de renovación es de 1.629.738 euros (sin IVA), lo que se traduce en un coste de inversión por metro cuadrado de 237,2 Euros/m^2.

Ahorro Económico

El ahorro de gasto energético es de 55.540 euros/año.

El gasto de mantenimiento después de la renovación es mayor (598 euros/año). Esto afecta negativamente, a nivel económico, a los ahorros totales que se puedan obtener por la intervención y al periodo de amortización. De hecho, el ahorro económico de energía

INVERSIÓN PARA RENOVACIÓN - TOTAL

INVERSIONES	€
Sistema de climatización	500.000
Sistema de iluminación (interno)	101.000
Energía renovable (PV)	216.000
Envolvente del Edificio	792.538

y mantenimiento es de 54.942 Euros/año.

Periodo Amortización Proyecto

El periodo de recuperación del proyecto es muy largo, 29 años, si se tienen en cuenta el mantenimiento, y los flujos de efectivo son muy bajos. Esta situación tiene un impacto muy negativo en la sostenibilidad del proyecto y, por lo tanto, en ser atractivo para una ESCO.

Sistema de control (BACS)	20,000
Inversión para Renovación	1.629.738

PLAN DE FINANCIACIÓN

Contrato de Rendimiento Energético (EPC)

La estrategia del Municipio de Messina es promocionar el concepto nZEB, a pesar de no poder destinar financiación a las opciones de renovación necesarias en las condiciones actuales de ajuste económico. A la hora de gestionar la renovación del Palacio Satélite, el plan de financiación más adecuado sería una solución que combine tres tipos de contratos de rendimiento energético (EPC) públicos/privados con condiciones específicas para hacer el proyecto atractivo para el mercado de las ESCO.

Esto se consigue, sin que la duración del contrato exceda de nueve años, de la siguiente manera:

a) reduciendo el valor de la inversión retrasando aquellas intervenciones que generen menores beneficios energéticos (ver Cuadro);

b) con una contribución por parte del Municipio en la inversión; y

c) recurriendo a las concesiones de fondos o al uso de incentivos en la Factura de Energía.

Para la ESCO, a la hora de invertir, el proyecto sigue siendo no sostenible.

INVERSIONES SEPARADAS	COSTE (€)	AHORRO (€)
Impermeabilización de cimientos	237.168	3.205

Duración del EPC

Para que el contrato sea sostenible en el mercado, es necesario ampliar la duración del contrato a por lo menos 15 años.

Fuentes de Financiación

El Municipio puede financiar directamente las medidas de renovación a través del Programa Operativo Nacional para Ciudades Metropolitanas Italianas con una cantidad de 1,400 mil euros, que corresponden a aproximadamente el 100% de la inversión total de la renovación de edificios. El Municipio recuperará parte de los incentivos de inversión a través de Conto Termico 2.

Otras consideraciones	
La inversión total del municipio para los tres proyectos ascendería a €2000, la cual se cubriría totalmente a través del Programa Operativo Nacional para Ciudades Metropolitanas Italianas.	

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068	**MÁS INFORMACIÓN** ✓ D2.5.pdf ✓ D3.6.pdf ✓ D3.7.pdf

EJEMPLOS CERtuS DE EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE RENOVACIONES nZEB

(*) Tabla resumen de evaluación económica (extracto de D2.5)

Project			*Size*			*Country Specific Factors*		
			a	*b*	*b/a*			
Country	Municipality	Building	Square meter (m2)	Cost of the investment (€)	Investment/m2 (€/m2)	Inflation rate	VAT rate	Electric energy price - incl. VAT 22% (€/kWh)
Italy	Messina	"Palazzo Satellite"	6.870	1.629.738	237,2	2,00%	22%	0,220

Energy Expenditure pre e post renovation						Results		
c	d	c/a	e	f	f/a	c-e	d-f	b/(c-e)
Energy expenditure - Before renovation (€/year)	Energy consumption - Before renovation (kWh/year)	Energy consumption before/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy expenditure - Post renovation (€/year)	Energy consumption - Post renovation (kWh/year)	Energy consumption post renovation/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy Savings (€/year)	Energy Savings (kWh/year)	Energy PayBack Period
61.313	340.626	50	5.772	32.069	5	55.541	308.557	29

Maintenance Expenditure pre e post renovation		Results			
g	h	g-h	(c-e)+(g-h)	[(c-e)+(g-h)] / (c+g)	b/[(c-e)+(g-h)]
Maintenance Expenditure - Before renovation (€/year)	Maintenance Expenditure - Post renovation (€/year)	Maintenance Saving (€/year)	Savings (Energy and Maintenance) (€/year)	Savings € (Energy and Maintenance) % yearly	PayBackPeriod (Energy and Maintenance)
42.500	43.098	-598	54.943	53%	14

Financial structure hypothesis							Results			
Equity	Senior Debt (*)	VAT Facility (**)	Subsided Funds (***)	Public Grant	Duration EPC Contract	Duration Subsides Fund	Project Payback period	Project IRR	Equity payback perod	ESCo IRR (SPV)
10%	0%	12%	19%	59%	25	15	> D	<0%	20	5%

(*) Interest rate= 5,93%, the sources are available in the previous paragraph; Duration= 12 y
(**) Interest rate= 4,70%; Duration= 2 y
(***) interest rate = 1,5%
"> D" the pay back is longer than analysed period

ALIMOS, GRECIA

Ayuntamiento

Cost Efficient Options and Financi
for nearly Zero Energy Renovation
of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

AYUNTAMIENTO – ALIMOS (GRECIA)

ESTADO ACTUAL DEL EDIFICO - PROBLEMAS TÉCNICOS Y DE OTRO TIPO DETECTADOS

Es un edificio independiente. Solo la parte noroeste de la caja de la escalera se encuentra en contacto con las áreas calefactadas del edificio colindante Cada planta se encuentra dividida en dos zonas: la zona de oficinas y el hall de entrada; se encuentran separadas por paredes aisladas, ya que el hall de entrada es una zona sin calefacción

Las paredes son de ladrillo con aislamiento de poliestireno extruido y las ventanas son de doble acristalamiento con marco de aluminio. En general, la envolvente del edificio no presenta ningún problema con respecto a su estanqueidad.

En cuanto al sistema de climatización, hay dos tipos de sistemas de aire acondicionado: a) pequeños sistemas split; y b) unidades de techo y de suelo con entradas y salidas de aire que proporcionan calefacción y refrigeración mediante electricidad.

La iluminación está mayormente compuesta por tubos fluorescentes T8 con balasto magnético.

LIMITACIONES ECONÓMICAS, FINANCIERAS Y LEGISLATIVAS

Riesgos Económicos/Financieros

El edificio alberga varios servicios y muchos empleados, pero la situación actual puede cambiar dependiendo de las necesidades del municipio. El potencial incremento del número de servicios o empleados en el Ayuntamiento aumentará el consumo de

DESCRIPCIÓN BREVE

El Ayuntamiento de Alimos está cerca de la costa y tiene unas buenas vistas al mar desde las plantas superiores. Consta de cinco plantas y un sótano. Las dos primeras plantas y el sótano se construyeron en

energía y el periodo de amortización de la inversión.

La inversión requerida para simultáneamente implementar todas las medidas energéticas previstas es bastante alta, y esto se presenta como una gran complicación para el municipio. Por lo tanto, se requieren fondos de terceros para que el municipio pueda proceder a realizar el plan de renovación propuesto.

Obstáculos Legislativos

No se identificó ningún obstáculo legal en el diseño de renovación. En Grecia, la ley que define los niveles de nZEB y la aportación esperada de la RES se encuentran en desarrollo. Por lo que, tal y como se especifica en la Directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios (EPBD) es importante que la zonas cercanas se definan de la forma más flexible posible con el fin de facilitar la integración de RES y conseguir que los niveles de nZEB sean alcanzables.

PLAN DE RENOVACIÓN

Envolvente del Edificio

Envolvente Opaca: La opción más adecuada es añadir 5 cm de aislamiento exterior con un valor de 0,032 W/m2K.

Acristalamiento: La elección óptima sería un revestimiento de baja emisión y una ventana de Valor-U de 1,80 W/m2K.

Sombra: Se han seleccionado sistemas de persianas retráctiles para todas las fachadas excepto la norte. Las dimensiones de las persianas se han dimensionado para proporcionar un sombreado total durante el verano.

Ventilación nocturna/natural: Se instalarán rendijas de ventilación con reguladores de aire en las fachadas norte y sur del edificio con el fin de conseguir una ventilación cruzada en cada planta.

Sistema solar pasivo: Para evitar el sobrecalentamiento de las oficinas en la parte sur del edificio, se proporcionarán aberturas en las paredes que ayudará a la circulación del calor generado por la radiación solar.

Sistema de climatización

El nuevo sistema de climatización será un sistema VRV multizona con tres unidades externas y cuarenta y cuatro internas. Además, el Sistema de Ventilación con Recuperación de Calor (HRV, por sus siglas en inglés) regulará la temperatura y la humedad de aire fresco entrante para que se iguale a las

1986 y los otros tres en 1996.

El edificio formado por las dos primeras plantas es de forma alargada orientada de norte a sur. La ampliación de 5 plantas, en su parte trasera, tiene forma rectangular y consiste de dos bloques adosados. El complejo completo tiene una orientación de sur a oeste con una desviación de 30º.

Todas las plantas se encuentran ocupadas de 7:30 a 15:30 los días de semana, excepto la planta 4ª (la oficina del alcalde) que se encuentra ocupada de 7:30 a 17:30. Hay 78 empleados en el Ayuntamiento y recibe alrededor de 130 visitantes al día.

condiciones internas.

Iluminación

Se sustituirán todas las lámparas del edificio por lámparas LED nuevas. También se instalarán sensores diurnos en las luminarias que se encuentran cerca de las ventanas de los 3 pisos superiores.

RES

Se instalará un sistema fotovoltaico de 15,26 kWp sobre el tejado, llegando a una producción anual de energía de 20.900 kWh.

Sistema de Gestión Energética de Edificios

El BEMS controlará, monitorizará y grabará datos tales como la temperatura del aire, horas de funcionamiento y de consumo de energía de cada cassette VRV. También controlará, monitorizará y grabará el consumo de energía de iluminación de cada planta por separado y el funcionamiento de cada sensor de luz. En todas las puertas y ventanas se instalará un sensor de encendido/apagado conectado al cassette VRV.

INFORMACIÓN GENERAL

Año de construcción

1986

Superficie / Volumen

1.302 m^2 / 3.612 m^3

Uso del Edificio:

Ayuntamiento

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.1.
- ✓ D2.3.
- ✓ D6.2 Guía o D6.3 Maxi Catálogo

Cost Efficient Options and Financi
for nearly Zero Energy Renovation
of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

AYUNTAMIENTO – ALIMOS (GRECIA)

EVALUACIÓN DEL PLAN DE RENOVACIÓN

Se diseñaron tres opciones de renovación alternativas con el fin de establecer un periodo amortización de la inversión de renovación más bajo y aumentar el potencial de atraer financiación privada. La Opción A solo excluye el aislamiento interior, la Opción B solo excluye la sustitución del acristalamiento y la Opción C excluye ambas intervenciones. La

PARÁMETROS DEL PLAN DE RENOVACIÓN - TOTAL

	TODAS LAS	OPCI

opción más atractiva desde un punto de vista económico fue la Opción C.

Como se puede ver, el ahorro en las dos opciones es similar, pero el coste y el periodo de amortización simple varían considerablemente. Por esta razón se eligió implementar la Opción C.

Ahorro Energético

El consumo energético (para calefacción, refrigeración e iluminación) antes de la renovación equivalía a 111.965 kWh/año, y el consumo de energía por metro cuadrado era de 102 kWh/m2. Tras la renovación (Opción C) el consumo se ha reducido a 8.795 kWh/año o 8 kWh/m2.

Concretamente, las intervenciones de eficiencia energética, excluyendo la electricidad generada por el sistema fotovoltaico, reducen el consumo de energía a 27 kWh/m2, generando un ahorro de 82.270 kWh/año. Estos ahorros representan el 73% de la energía consumida antes de la renovación. Esta demanda residual es cubierta en un 70% por el sistema fotovoltaico, el cual produce 20.900 kWh/año.

Ahorro CO_2

El ahorro de CO2 resultante de implementar la Opción C es de 102,02 toneladas/año.

	INTERVENCIONES	ÓN C
Ahorro Energético kWh/año	104.537	103.170
Coste (€)	310.943	172.088
Ahorro €/año	17.988	17.790
Amortización Simple	17,2	9,7
Ahorro CO_2 toneladas/año	103,37	102,02

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Costes de renovación

El coste de las intervenciones que se han excluido son 83.505 € para aislamiento interior y 55.350 € para las ventanas.

Ahorro Económico

Los ahorros económicos totales anuales son de 17.790 € y consiste en ahorros en gasto energético y de mantenimiento de 14.354 € y 3.436 €, respectivamente.

PLAN DE FINANCIACIÓN

Bajo las condiciones actuales de ajuste económico, el Municipio de Alimos ha limitado los recursos de financiación para la remodelación energética. El modelo de financiación más

adecuado es el de asignar el proyecto a una Empresa de Servicios Energéticos (ESCO). La ESCO es responsable de conseguir el coste total de inversión, implementar el proyecto, realizar el mantenimiento durante el periodo del contrato y garantizar el rendimiento energético de las soluciones pactadas. Los ahorros económicos corresponden a ahorros energéticos, que se compartirán entre la ESCO y el Municipio, de acuerdo al modelo de contrato "Ahorros Compartidos".

Estructura de Financiación del Proyecto

La fuente de financiación más eficiente en el mercado para implementar el proyecto son los fondos de mercado (capital privado, préstamo bancario), seguido de un Préstamo Bonificado. El menos favorable son las Subvenciones, ya que tienen un efecto retorno nulo. Aun así, en muchas renovaciones de nZEB, las Subvenciones son necesarias para convertir un proyecto en atractivo para el mercado y, por lo tanto, vendible. La estructura de financiación óptima debería incluir la provisión de suficientes préstamos bonificados, ya que estos últimos hacen el proyecto más atractivo y vendible.

La estructura de financiación óptima consiste en:

- Inversión de capital por la ESCO - 24%
- Préstamo Bonificado - 65%
- Financiación del IVA - 11%

El periodo esperado de amortización del proyecto es de aproximadamente 10 años, mientras que la duración del EPC es de 15, lo cual todavía es aceptable en el mercado.

Otras consideraciones

EL EPC tiene en cuenta que los ahorros económicos importantes se asignan a la amortización de la inversión, proporcionando anualmente al Municipio, que no contribuye al coste de capital, un 5% del ahorro económico. Una vez que el EPC venza, todo el ahorro económico se entregará al Municipio.

INVERSIÓN PARA RENOVACIÓN - TOTAL

INVERSIONES	€
Sistema de climatización	80.336
Sistema de iluminación	18.905
Energía renovable	25.707
Sombra	25.000
Sistema Solar Pasivo	1.230
Sistema de control	20.910
Inversión para Renovación	172.088

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.5.pdf
- ✓ D3.6.pdf
- ✓ D3.7.pdf

EJEMPLOS CERtuS DE EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE RENOVACIONES nZEB

(*) Tabla resumen de evaluación económica (extracto de D2.5)

Project			Size			Country Specific Factors		
Country	Municipality	Building	Square meter (m2)	Cost of the investment (€)	Investment/m2 (€/m2)	Inflation rate	VAT rate	Electric energy price - incl. VAT 23% (€/kWh)
Greece	Alimos	Municipal City Hall	1.302	252.799	194,2	2,00%	23%	0,180

Energy Expenditure pre e post renovation						Results		
Energy expenditure - Before renovation (€/year)	Energy consumption - Before renovation (kWh/year)	Energy consumption before/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy expenditure - Post renovation (€/year)	Energy consumption - Post renovation (kWh/year)	Energy consumption post renovation/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy Savings (€/year)	Energy Savings (kWh/year)	Energy PayBack Period
16.347	111.965	86	1.084	7.428	6	15.263	104.537	17

Maintenance Expenditure pre e post renovation		Results			
Maintenance Expenditure - Before renovation (€/year)	Maintenance Expenditure - Post renovation (€/year)	Maintenance Saving (€/year)	Savings (Energy and Maintenance) (€/year)	Savings € (Energy and Maintenance) % yearly	PayBackPeriod (Energy and Maintenance)
6.500	3.064	3.436	18.698	82%	14

Financial structure hypothesis							Results			
Equity	Senior Debt (*)	VAT Facility (**)	Subsided Funds (***)	Public Grant	Duration EPC Contract	Duration Subsides Fund	Project Payback period	Project IRR	Equity payback perod	ESCo IRR (SPV)
9%	0%	11%	38%	43%	25	14	23	1%	18	8%

(*) Interest rate= 7,16%; Duration= 12 y
(**) Interest rate= 4,70%; Duration= 2 y
(***) interest rate = 1,5%

Biblioteca Municipal

Cost Efficient Options and Financi
for nearly Zero Energy Renovation
of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

BIBLIOTECA MUNICIPAL – ALIMOS (GRECIA)

ESTADO ACTUAL DEL EDIFICO - PROBLEMAS TÉCNICOS Y DE OTRO TIPO DETECTADOS

Es un edificio independiente y la construcción es típica del periodo y la región.

La estructura portante es de pared de doble ladrillo y hormigón armado. Las paredes están aisladas con aislamiento de poliestireno de 5 cm, instalado entre las dos capas. La losa de cubierta está aislada con aislamiento de poliestireno de 8 cm Las ventanas son de doble acristalamiento con un marco de aluminio.

La envolvente tiene puentes térmicos debido al tipo de construcción de la pared, y estos problemas no se han abordado de forma adecuada en el estudio térmico. La envolvente no presenta ningún problema con respecto a su estanqueidad.

Para calentar y refrigerar el edificio se usan sistemas de aire acondicionado split y de techo mediante energía eléctrica. Se usan radiadores de aceite para calefactar el sótano y el primer piso.

La iluminación está mayormente compuesta por tubos fluorescentes T8 con balasto magnético.

LIMITACIONES ECONÓMICAS, FINANCIERAS Y LEGISLATIVAS

Riesgos Económicos/Financieros

El hecho de que el municipio alquile este edificio, supone el riesgo de un posible traslado de la biblioteca antes del periodo de amortización. Sin embargo, esto se considera un riesgo del tipo medio-bajo.

El coste total del consumo de energía es bajo y esto afecta al

DESCRIPCIÓN BREVE

El edificio de la Biblioteca Municipal se construyó en 1984. Consta de cinco plantas y un sótano. El Municipio alquila las tres primeras plantas y el sótano y alberga la Biblioteca Municipal, oficinas, actividades escolares y cursos de baile. El resto del edificio es residencial.

periodo de amortización de la inversión, que es bastante largo para algunas intervenciones. Esto ocurre porque su funcionamiento diario es corto y la demanda de energía de los servicios/actividades es modesta.

Obstáculos Legislativos

En edificios con sistema de calefacción central no siempre es fácil eliminar y/o reemplazarlo por un sistema más flexible. Este obstáculo aparece cuando hay más de un propietario y no todos están de acuerdo con este cambio. En este caso, la normativa relativa a edificios con varios propietarios requiere un voto unánime o mayoritario. Por ello, la opción más viable es mejorar el sistema de calefacción central existente. Además, la instalación de placas fotovoltaicas en el tejado tiene que ser aprobado por todos los propietarios del edificio.

PLAN DE RENOVACIÓN

Envolvente del Edificio

Envolvente Opaca: La opción más adecuada es añadir 5 cm de aislamiento exterior con un valor de 0.032 W/m2K.

Acristalamiento: La elección óptima sería un revestimiento de baja emisión y una ventana de Valor-U de 1,80 W/m2K.

Ventilación nocturna/natural: Se instalarán rendijas de ventilación con reguladores de aire en las fachadas norte y sur del edificio con el fin de conseguir una ventilación cruzada en cada planta.

Sistema de climatización

Los sistemas de refrigeración existentes se sustituirán por sistemas de aire acondicionado nuevos y más eficientes [EER 3–4.4], y se usarán solo por refrigeración.

En cuanto a la calefacción del edificio, se consideró que la elección óptima es reemplazar la vieja caldera por una nueva de Pellets, que es más ecológica. Además, las tuberías del sistema de calefacción central se aislarán y la bomba de agua de la calefacción central se reemplazará por una nueva equipada con tecnología inverter para reducir aún más el consumo.

Iluminación

Se sustituirán todas las lámparas del edificio por lámparas LED nuevas. También se instalarán sensores diurnos en las luminarias que se encuentran cerca de las ventanas de los 3

El edificio es de forma alargada y se extiende de norte a sur. Tiene una orientación de sur a oeste con una desviación de 53º.

El perfil de ocupación en todas las plantas es de 07:30 a 15:30 los días entre semana. Hay 13 empleados en la Biblioteca Municipal y se reciben alrededor de 70 visitantes al día.

pisos superiores.

RES

Se instalará un sistema fotovoltaico de 5,73 kWp sobre el tejado, llegando a una producción anual de energía de 8.040 kWh.

Termostatos y contador de energía

El uso de un termostato en cada habitación del edificio asegurará que la temperatura interior de la zona deseada se mantenga estable y prevendrá un consumo excesivo de energía. Además, con el fin de grabar el consumo de energía de los sistemas de aire acondicionado, iluminación y los ordenadores, se instalarán contadores de energía en el cuadro eléctrico de cada piso.

INFORMACIÓN GENERAL

Año de construcción

1984

Superficie / Volumen

611 m^2 / 2.185 m^3

Uso del Edificio:

Biblioteca-Oficinas

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.1.
- ✓ D2.3.
- ✓ D6.2 Guía o D6.3 Maxi Catálogo

Cost Efficient Options and Financi for nearly Zero Energy Renovation of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

BIBLIOTECA MUNICIPAL – ALIMOS (GRECIA)

EVALUACIÓN DEL PLAN DE RENOVACIÓN

Se diseñaron tres opciones de renovación alternativas, sin incluir la mejora de la envolvente, con el fin de establecer un periodo de amortización de la inversión de renovación más bajo y aumentar el potencial de atraer financiación privada. La Opción A solo excluye el aislamiento interior, la Opción B solo excluye la sustitución del acristalamiento y la Opción C excluye ambas intervenciones. De entre todas las opciones solo la A alcanza los objetivos CERtuS, pero la más atractiva económicamente es la Opción C. Como se puede ver, el ahorro en las dos opciones es similar, pero el coste y el periodo de amortización simple varían considerablemente. Por esta razón se eligió implementar la Opción C.

PARÁMETROS DEL PLAN DE RENOVACIÓN - TOTAL

	TODAS LAS INTERVENCIONES	OPCIÓN C
Ahorro Energético Primario kWh/año	108.614	107.047
Coste (€)	127.994	39.98

Ahorro Energético

El consumo de energía primaria (para calefacción, refrigeración e iluminación) antes de la renovación era de 122.195 kWh/año, y el consumo de energía primaria por metro cuadrado era de 241 kWh/m2. Tras la renovación (Opción C) el consumo se ha reducido a 15.148 kWh/año o 29,9 kWh/m2.

Concretamente, las intervenciones de eficiencia energética, excluyendo la electricidad generada por el sistema fotovoltaico, reducen el consumo de energía primaria a 75,8 kWh/m2, generando un ahorro de 83.728 kWh/año. Estos ahorros representan el 68,5% de la energía consumida antes de la renovación. Esta demanda residual de electricidad es cubierta en un 63% por el sistema fotovoltaico, el cual produce 8.041 kWh/año. Además, el consumo de energía para la calefacción está cubierto por energía biomasa, por lo que, el 90% de la demanda de energía del edificio está cubierta por fuentes de energía renovable.

Ahorro CO_2

El ahorro de CO2 resultante de implementar la Opción C es de 39,73 toneladas/año.

		8
Ahorro €/año	4.764	4.667
Amortización Simple	26,9	8,6
Ahorro CO_2 toneladas/año	40,31	39,73

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Costes de renovación

El coste de las intervenciones que se han excluido son 38.007 € para aislamiento interior y 50.000 € para las ventanas.

Ahorro Económico

Los ahorros económicos totales anuales son de 4.667 €. El ahorro en gasto energético son 6.167 €, pero el ahorro de mantenimiento después de la renovación es mayor (1.500 euros/año).

PLAN DE FINANCIACIÓN

Bajo las condiciones actuales de ajuste económico, el Municipio de Alimos ha limitado los recursos de financiación para la remodelación energética de los edificios seleccionados. El modelo de financiación más adecuado es el de asignar el proyecto a una Empresa de Servicios Energéticos (ESCO). La ESCO es responsable de conseguir el coste total de inversión, implementar el proyecto, realizar el mantenimiento durante el periodo del contrato y garantizar el rendimiento energético de las soluciones pactadas. Los ahorros económicos corresponden a ahorros energéticos, que se compartirán entre la ESCO y el

INVERSIÓN PARA RENOVACIÓN - TOTAL

INVERSIONES	€
Sistema de climatización	18.881
Sistema de iluminación	2.645
Energía renovable	9.840

Municipio de Alimos, de acuerdo al modelo de contrato "Ahorros Compartidos".

Estructura de Financiación del Proyecto

La fuente de financiación más eficiente en el mercado para implementar el proyecto son los fondos de mercado (capital privado, préstamo bancario), seguido de un Préstamo Bonificado. El menos favorable son las Subvenciones, ya que tienen un efecto retorno nulo. Una vez que se usan los fondos de las Subvenciones, nunca vuelven al mercado. Aun así, en muchas renovaciones de nZEB, las Subvenciones son necesarias para convertir un proyecto en atractivo para el mercado y, por lo tanto, vendible. La estructura de financiación óptima debería incluir la provisión de suficientes préstamos bonificados, ya que estos últimos hacen el proyecto más atractivo y vendible. De acuerdo al estudio, la estructura de financiación óptima consiste en:

- Inversión de capital por la ESCO - 24%
- Préstamo Bonificado - 65%
- Financiación del IVA - 11%

El periodo esperado de amortización del proyecto es de aproximadamente 15 años, mientras que la duración del EPC es de 15, lo cual no es favorable pero todavía aceptable en el mercado.

Otras consideraciones

EL EPC tiene en cuenta que los ahorros económicos importantes se asignan a la amortización de la inversión, proporcionando anualmente al Municipio, que no contribuye al coste de capital, un 10% del ahorro económico. Una vez que el EPC venza, todo el ahorro económico se entregará al Municipio.

Ventilación nocturna	4.920
Sistema de control	3.702
Inversión Total	39.988

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.5.pdf
- ✓ D3.6.pdf
- ✓ D3.7.pdf

EJEMPLOS CERtuS DE EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE RENOVACIONES nZEB

(*) Tabla resumen de evaluación económica (extracto de D2.5)

Project			Size			Country Specific Factors		
Country	Municipality	Building	Square meter (m2)	Cost of the investment (€)	Investment/m2 (€/m2)	Inflation rate	VAT rate	Electric energy price - incl. VAT 23% (€/kWh)
Greece	Alimos	Municipal Library	611	104.060	170,3	2,00%	23%	0,180

Energy Expenditure pre e post renovation						Results		
Energy expenditure - Before renovation (€/year)	Energy consumption - Before renovation (kWh/year)	Energy consumption before/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy expenditure - Post renovation (€/year)	Energy consumption - Post renovation (kWh/year)	Energy consumption post renovation/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy Savings (€/year)	Energy Savings (kWh/year)	Energy PayBack Period
6.152	42.136	69	1.383	11.543	19	4.769	30.593	22

Maintenance Expenditure pre e post renovation		Results			
Maintenance Expenditure - Before renovation (€/year)	Maintenance Expenditure - Post renovation (€/year)	Maintenance Saving (€/year)	Savings (Energy and Maintenance) (€/year)	Savings € (Energy and Maintenance) % yearly	PayBackPeriod (Energy and Maintenance)
0	1.500	-1.500	3.269	53%	32

Financial structure hypothesis							Results			
Equity	Senior Debt (*)	VAT Facility (**)	Subsided Funds (***)	Public Grant	Duration EPC Contract	Duration Subsides Fund	Project Payback period	Project IRR	Equity payback perod	ESCo IRR (SPV)
9%	0%	8%	24%	59%	25	15	>D	<0%	19	6%

(*) Interest rate= 7,16%; Duration= 12 y
(**) Interest rate= 4,70%; Duration= 2 y
(***) interest rate = 1,5%
"> D" the pay back is longer than analysed period

Oficinas Municipales

Cost Efficient Options and Financing M
for nearly Zero Energy Renovation
of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

OFICINAS MUNICIPALES – ALIMOS (GRECIA)

ESTADO ACTUAL DEL EDIFICO - PROBLEMAS TÉCNICOS Y DE OTRO TIPO DETECTADOS

Es un edificio independiente y el sistema de construcción es típico del periodo y la región.

Las paredes están aisladas con aislamiento de poliestireno de 5 cm, instalado entre las dos capas. La losa de cubierta está aislada con aislamiento de poliestireno de 6 cm y hay un falso techo de fibra mineral en la zona de oficinas. Las ventanas son de doble acristalamiento con un marco de aluminio.

La envolvente tiene puentes térmicos debido al tipo de construcción de la pared.

Para calentar y refrigerar el edificio se usan sistemas de aire acondicionado split.

La iluminación está mayormente compuesta por tubos fluorescentes T8 con balasto magnético.

LIMITACIONES ECONÓMICAS, FINANCIERAS Y LEGISLATIVAS

Riesgos Económicos/Financieros

Como el edificio solo funciona durante el día, el consumo de energía es bajo comparado con el de edificios que funcionan las 24 horas del día. Esto afecta el periodo de amortización de la inversión, el cual es bastante largo, llegando a 23 años en algunas de las intervenciones, como el aislamiento térmico y la sustitución de ventanas.

El coste de sistemas más innovadores (refrigeración solar, geotérmica, etc.) se considera demasiado alto, por lo que su integración en el edificio no es una solución viable a no ser que se

DESCRIPCIÓN BREVE

El edificio alberga los servicios de higiene y medioambiente del municipio. Es un edificio de una planta que está rodeado por una zona amplia y abierta con un aparcamiento y unas instalaciones de reparación de vehículos. Se completó su construcción en 1986.

Los edificios colindantes están a una distancia suficiente para que no existan

cuenten con subsidios públicos o fondos de otras fuentes.

Obstáculos Legislativos

Existe una restricción respecto a la potencia total del sistema fotovoltaico que se puede instalar en edificios. Para los edificios públicos, la capacidad instalada puede ser del 100% de la capacidad máxima acordada con la empresa de servicio público. Esto limita el tamaño del sistema fotovoltaico aunque haya espacio para uno más grande.

PLAN DE RENOVACIÓN

Envolvente del Edificio

Envolvente Opaca: La opción más adecuada es añadir 5 cm de aislamiento exterior con un valor de 0.032 W/m2K.

Acristalamiento: La elección óptima sería un revestimiento de baja emisión y una ventana de Valor-U de 1,80 W/m2K.

Ventilación nocturna/natural: Se instalarán rendijas de ventilación con reguladores de aire en las fachadas norte y sur del edificio con el fin de conseguir una ventilación cruzada en cada planta.

Sistema de climatización

El nuevo sistema de climatización será un sistema VRV multizona con tres unidades externas y cuarenta y cuatro internas. Además, el Sistema de Ventilación con Recuperación de Calor (HRV, por sus siglas en inglés) regulará la temperatura y la humedad de aire fresco entrante para que se iguale a las condiciones internas.

Iluminación

Se sustituirán todas las lámparas del edificio por lámparas LED nuevas. También se instalarán sensores diurnos en las luminarias que se encuentran cerca de las ventanas de los 3 pisos superiores.

RES

Se instalará un sistema fotovoltaico de 26,7 kWp sobre el tejado, llegando a una producción anual de energía de 20.900 kWh.

Sistema de Gestión Energética de Edificios

El BEMS controlará, monitorizará y grabará datos tales como la temperatura del aire, y las horas de funcionamiento y de consumo de

zonas de sombra significantes, y el edificio recibe toda la luz solar posible.

El edificio tiene forma ortogonal y se extiende de este a oeste. Tiene una orientación de norte a este con una desviación de 33º.

El perfil de ocupación es de 07:30 a 15:30 de lunes a viernes. Hay 20 empleados y se reciben alrededor de 10 visitantes al día.

INFORMACIÓN GENERAL

Año de construcción

1986

Superficie / Volumen

446 m^2 / 1.518 m^3

energía de cada cassette VRV por separado. También controlará, monitorizará y grabará el consumo de energía de iluminación de cada planta por separado y el funcionamiento de cada sensor de luz. En todas las puertas y ventanas se instalará un sensor de encendido/apagado conectado al cassette VRV.	**Uso del Edificio:** Oficinas

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068	**MÁS INFORMACIÓN** ✓ D2.1. ✓ D2.3. ✓ D6.2 Guía o D6.3 Maxi Catálogo

Cost Efficient Options and Financi
for nearly Zero Energy Renovation
of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

OFICINAS MUNICIPALES – ALIMOS (GRECIA)

EVALUACIÓN DEL PLAN DE RENOVACIÓN

Se diseñaron tres opciones de renovación alternativas, sin incluir la mejora de la envolvente, con el fin de establecer un periodo de amortización de la inversión de renovación más bajo y aumentar el potencial de atraer financiación privada. La Opción A solo excluye el aislamiento interior, la Opción B solo excluye la sustitución del acristalamiento y la Opción C excluye ambas intervenciones. La más atractiva económicamente es la Opción C. Como se puede ver, el ahorro en las dos opciones es similar, pero el coste y el periodo de amortización simple varían considerablemente. Por esta razón se eligió implementar la Opción C.

Ahorro Energético

El consumo energético (para calefacción, refrigeración e iluminación) antes de la renovación equivalía a 30.160 kWh/año, y el consumo de energía por metro cuadrado era de 97 kWh/m2. Tras la renovación (Opción C) el consumo se ha reducido a 0 kWh/año. Concretamente, las intervenciones de eficiencia energética, excluyendo la electricidad generada por el sistema fotovoltaico, reducen el consumo de energía a 25 kWh/m2, generando un ahorro de 21.278 kWh/año. Estos ahorros representan el 71% de la energía consumida antes de la renovación. Esta demanda residual es cubierta en un 100% por el sistema fotovoltaico, el cual produce 37.300 kWh/año. El excedente de energía de 28.428 kWh/año se destinará a otros usos, tal y como se ha mencionado anteriormente.

Ahorro CO_2

El ahorro de CO2 resultante de implementar la Opción C es de 57,9 toneladas/año.

PARÁMETROS DEL PLAN DE RENOVACIÓN - TOTAL

	TODAS LAS INTERVENCIONES	OPCIÓN C
Ahorro Energético kWh/año	59.543	58.578
Coste (€)	124.396	86.266
Ahorro €/año	7.454	7.205
Amortización Simple	16,7	12,0
Ahorro CO2 toneladas/año	58,9	57,9

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Costes de renovación

El coste de las intervenciones que se han excluido son 25.830 € para aislamiento interior y 12.300 € para las ventanas.

Ahorro Económico

Los ahorros económicos totales anuales son de 7205 €. Siendo más específico, el ahorro en gasto energético son 4.031, pero el ahorro de mantenimiento después de la renovación es 970 euros/año mayor, por lo que los ahorros económicos de energía y mantenimiento conjuntamente son de 3.061 euros/año. Además, los gastos energéticos del edificio se redujeron en 4.144 €/año debido al uso de excedente de energía del sistema fotovoltaico.

PLAN DE FINANCIACIÓN

Bajo las condiciones actuales de ajuste económico, el Municipio de Alimos ha limitado los recursos de financiación para la remodelación energética de los edificios seleccionados. El modelo de financiación más adecuado es el de asignar el proyecto a una Empresa de Servicios Energéticos (ESCO). La ESCO es responsable de conseguir el coste total de inversión, implementar el proyecto, realizar el mantenimiento durante el periodo del contrato y garantizar el rendimiento energético de las soluciones pactadas. Los ahorros económicos corresponden a ahorros energéticos, que se compartirán entre la ESCO y el Municipio de Alimos, de acuerdo al modelo de contrato "Ahorros Compartidos".

Estructura de Financiación del Proyecto

La fuente de financiación más eficiente en el mercado para implementar el proyecto son los fondos de mercado (capital privado, préstamo bancario), seguido de un Préstamo Bonificado. El menos favorable son las Subvenciones, ya que tienen un efecto retorno nulo. Una vez que se usan los fondos de las Subvenciones, nunca vuelven al mercado. Aun así, en muchas renovaciones de nZEB, las Subvenciones son necesarias para convertir un proyecto en atractivo para el mercado y, por lo tanto, vendible. La estructura de financiación óptima debería incluir la provisión de suficientes préstamos bonificados, ya que estos últimos hacen el proyecto más atractivo y vendible. De acuerdo al estudio, la estructura de financiación óptima consiste en:

- Inversión de capital por la ESCO - 14%
- Préstamo Bonificado - 75%
- Financiación del IVA - 11%

El periodo esperado de amortización del proyecto es de aproximadamente 13 años, mientras que la duración del EPC es de 15, lo cual no es favorable pero todavía aceptable en el

INVERSIÓN PARA RENOVACIÓN - TOTAL

INVERSIONES	€
Sistema de climatización	21.550
Sistema de iluminación	4.041
Energía renovable	45.977
Ventilación nocturna	3.874
Sistema de control	10.824
Inversión Total	86.266

mercado.

Otras consideraciones

EL EPC tiene en cuenta que los ahorros económicos importantes se asignan a la amortización de la inversión, proporcionando anualmente al Municipio, que no contribuye al coste de capital, un 5% del ahorro económico. Una vez que el EPC venza, todo el ahorro económico se entregará al Municipio.

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.5.pdf
- ✓ D3.6.pdf
- ✓ D3.7.pdf

(*) Tabla resumen de evaluación económica (extracto de D2.5)

Project			Size			Country Specific Factors		
Country	Municipality	Building	Square meter (m2)	Cost of the investment (€)	Investment/m2 (€/m2)	Inflation rate	VAT rate	Electric energy price - incl. VAT 23% (€/kWh)
Greece	Alimos	Municipal Offices	446	101.135	226,8	2,00%	23%	0,180

Energy Expenditure pre e post renovation						Results		
Energy expenditure - Before renovation (€/year)	Energy consumption - Before renovation (kWh/year)	Energy consumption before/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy expenditure - Post renovation (€/year)	Energy consumption - Post renovation (kWh/year)	Energy consumption post renovation/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy Savings (€/year)	Energy Savings (kWh/year)	Energy PayBack Period
4.403	30.160	68	0	0	0	4.403	30.160	23

Maintenance Expenditure pre e post renovation		Results			
Maintenance Expenditure - Before renovation (€/year)	Maintenance Expenditure - Post renovation (€/year)	Maintenance Saving (€/year)	Savings (Energy and Maintenance) (€/year)	Savings € (Energy and Maintenance) % yearly	PayBackPeriod (Energy and Maintenance)
600	1.570	-970	3.433	69%	29

Financial structure hypothesis							Results			
Equity	Senior Debt (*)	VAT Facility (**)	Subsided Funds (***)	Public Grant	Duration EPC Contract	Duration Subsides Fund	Project Payback period	Project IRR	Equity payback perod	ESCo IRR (SPV)
9%	0%	3%	37%	49%	25	15	>D	<0%	19	6%

(*) Interest rate= 7,16%; Duration= 12 y
(**) Interest rate= 4,70%; Duration= 2 y
(***) interest rate = 1,5%
"> D" the pay back is longer than analysed period

COIMBRA, PORTUGAL

Ayuntamiento

Cost Efficient Options and Financing for nearly Zero Energy Renovation of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

AYUNTAMIENTO - COIMBRA (PORTUGAL)

ESTADO ACTUAL DEL EDIFICO - PROBLEMAS TÉCNICOS Y DE OTRO TIPO DETECTADOS

El edificio consta de tres plantas y dos intermedias, y su fachada principal está orientada al oeste con una desviación de 10º.

Las paredes exteriores están hechas de mampostería de piedra con un grosor variable entre 90 a 145 cm. Todas las ventanas y puertas del balcón son de acristalamiento simple con marcos de madera. Una medición térmica realizada en el interior del edificio evidenció que las paredes tienen un buen rendimiento térmico pero las ventanas, con acristalamiento simple y marcos de madera, evidencian problemas de aislamiento, que se encuentran agravadas por su envejecimiento, contribuyendo a las altas pérdidas de calor en invierno.

El edificio no presenta patologías importantes, tales como condensación o crecimiento de moho.

LIMITACIONES ECONÓMICAS, FINANCIERAS Y LEGISLATIVAS

Riesgos Económicos/Financieros

El Municipio no tiene ningún plan de financiación para mejorar este edificio en particular, excepto para el tejado, cuya intervención ya estaba prevista. El municipio está intentando obtener fondos de programas de financiación nacionales y regionales.

Obstáculos Legislativos

Coimbra -con su parte vieja, universidades y edificios antiguos y otras estructuras urbanas- está inscrita en la Lista del Patrimonio

DESCRIPCIÓN BREVE

El edificio se encuentra en el centro urbano de Coimbra y se construyó tras la demolición de parte del antiguo Monasterio de Santa Cruz. Los trabajos de demolición y construcción se realizaron mayormente entre 1876 y 1879, pero algunas obras de construcción se desarrollaron paulatinamente hasta principios del siglo XX. El edificio se usa como el ayuntamiento del Municipio de Coimbra,

Mundial de la UNESCO desde el 22 de junio de 2013. El inmueble se llama Universidad de Coimbra — Alta y Sofia (http://worldheritage.uc.pt/) El Ayuntamiento de Coimbra se encuentra en esta zona, y por lo tanto hay fuertes restricciones para la renovación de este edificio debido a las normas de protección. En consecuencia, no se puede ejecutar ningún cambio en la envolvente del edificio que tenga un impacto visual.

PLAN DE RENOVACIÓN

Envolvente del Edificio

En cuanto al aislamiento, las paredes tienen un buen rendimiento térmico. Está previsto realizar una renovación del tejado en breve. Por lo tanto, no se consideró ninguna mejora de la envolvente opaca en el plan de renovación.

Las ventanas tienen grandes pérdidas térmicas. Sin embargo, debido a que el edificio es parte del inmueble "Universidad de Coimbra — Alta y Sofia" inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO, existen varias restricciones para la renovación de este edificio a causa de las normas de restricción, y no se puede ejecutar ningún cambio en la envolvente del edificio que tenga un impacto visual. Por lo tanto, no es posible sustituir las ventanas por ventanas de doble acristalamiento mediante soluciones estándar, ya que se tiene que mantener el marco original.

Sistema de climatización

El sistema de climatización está compuesto por 8 unidades multisplit y 21 monosplit con una potencia de refrigeración total de 273,02 kW. La mayoría de los sistemas son antiguos y lo más probable es que tengan bajos niveles de eficiencia. No se consideró la sustitución de sistemas monosplit por multisplit y una concentración menor de sistemas multisplit, ya que el impacto del proceso de instalación sobre el uso del edificio sería mayor. Por lo tanto, siempre se consideró la sustitución de sistemas del mismo tipo pero de mayor eficiencia y manteniendo la misma potencia total.

Iluminación

La iluminación existente se compone de distintos tipos de lámparas y luminarias, incluyendo tubos lineales fluorescentes T8 y T5, distintos tipos de tubos fluorescentes compactos, tubos incandescentes, proyectores y focos halógenos, y lámparas de halogenuros metálicos. La acción prevista es reemplazar todas las lámparas por lámparas LED nuevas.

RES

y está compuesta mayormente de oficinas y zonas de almacenaje.

Vídeo de presentación breve: https://www.youtube.com/watch?v=IrsS95cpta4

El edificio normalmente se encuentra ocupado entre las 7:30 y 19:30 de lunes a viernes. Sin embargo, solo está abierto al público entre las 9:00 y 17:00. El edificio cuenta con 220 empleados, y es frecuentado por más de 25.000 usuarios/año.

INFORMACIÓN GENERAL

Debido a que el edificio es parte del inmueble "Universidad de Coimbra — Alta y Sofia" inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO, existen varias restricciones para la renovación de este edificio a causa de las normas de restricción. Por lo tanto, no se consideró el uso de paneles fotovoltaicos tradicionales por su alto impacto visual. Se consideró el uso de tejas solares para sustituir el tejado actual. También se consideró la instalación de 2,102 m2 (debido a las distintas inclinaciones del tejado) de paneles fotovoltaicos de película fina, asegurando una potencia de instalación de 126,1 kWp. Esto garantizará una generación de 143,3 MWh/año.

Año de construcción

1876-1879

Superficie / Volumen

5.880 m^2 / 40.575 m^3

Uso del Edificio:

Ayuntamiento / Edificio multifuncional de uso público

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.1.
- ✓ D2.3.
- ✓ D6.2 Guía o D6.3 Maxi Catálogo

Cost Efficient Options and Financing for nearly Zero Energy Renovation of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

AYUNTAMIENTO - COIMBRA (PORTUGAL)

EVALUACIÓN DEL PLAN DE RENOVACIÓN

Ahorro Energético

El consumo energético antes de la renovación considerada como base equivalía a 305.107 kWh/año (electricidad), y el consumo de energía por metro cuadrado era de alrededor de 51,9 kWh/m2 Tras la renovación, el consumo energético se redujo a 55.508 kWh/año (solo electricidad), y el consumo de energía por metro cuadrado es de 9,4 kWh/m2. Esto implica unos ahorros de 42,739 euros/año. Esta renovación conseguirá en el edificio un 72.1% de ahorro.

Ahorro CO_2

Los ahorros que resultan del sistema fotovoltaico y de la

PARÁMETROS DEL PLAN DE RENOVACIÓN - TOTAL

Ahorro Energético	249.599 kWh
Coste	723.949 €
Ahorro	42.739 €/año
Amortización Simple	16,94 años
Ahorro CO_2	34,92 toneladas/año

sustitución de lámparas y el sistema de climatización por otros de mayor eficiencia equivalen a 34,92 toneladas/año.

Integración RES

En la evaluación de la generación fotovoltaica se consideró un consumo propio del 90% de la energía. RES asegurará el 72.1% del total de energía consumida.

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Periodo Amortización Proyecto

El periodo de amortización del proyecto es de casi 17 años. Este periodo de amortización del proyecto se ha calculado sin considerar el Plan de Financiación.

Coste Total

El coste técnico de la inversión es de 632.068 euros (sin IVA), lo que se traduce en un coste de inversión por metro cuadrado de 107,5 euros/m2.

Ahorro Económico

El ahorro de gasto energético es de 34.880 euros/año.

INVERSIÓN PARA RENOVACIÓN - TOTAL

INVERSIONES	€
Sistema de climatización	80.209
Sistema de iluminación (interno)	16.917
Energía renovable - PV	534.942
Envolvente del Edificio	0
Sistema de control	0
Inversión para Renovación	632.068

PLAN DE FINANCIACIÓN

Contrato de Rendimiento Energético (EPC)

En base al Entregable D3.5, se eligió implementar el contrato EPC de "Ahorros Compartidos" (considerado el más usado entre los cuatro países CERtuS). La ESCO debe invertir a través de una sociedad instrumental tipo SPV (una sociedad vehículo).

Duración del EPC

Duración del EPC: 25 años

Fuentes de Financiación

INVERSIONES (ESCOs)	€
Inversión para renovación	632.068
Liquidez inicial	0
Comisiones bancarias e intereses	8.927
Total inversión sin IVA	640.995
IVA	91.881

Dado el Plan de Renovación que se ha elegido y las características del proyecto, la participación de la ESCO es posible en las condiciones de mercado actuales, pero necesita de una mezcla de fuentes de financiación, en particular el uso de Fondos Subvencionados.

- El capital es alrededor del 26% de la fuente de financiación total
- Deuda principal es alrededor del 61% de la fuente de financiación total
- Financiación del IVA es alrededor del 13%

Periodo de Amortización del Capital

El periodo de recuperación del capital es de 18 años.

Otras consideraciones

En este caso, el proyecto genera los suficientes flujos de efectivo como para pagar la deuda, pero no es capaz de remunerar suficientemente el capital invertido por la ESCO. En consecuencia, se considerará sostenible la participación de una ESCO en condiciones de mercado, pero no lo suficientemente rentable.

INVERSIÓN TOTAL	**732.876**

RECURSOS FINANCIEROS (ESCOs)	€	%
Capital	192.299	26
Deuda principal	448.697	61
Subvención	0	0
Fondos Subvencionados	0	0
Total Recursos Financieros sin IVA	640.995	87
IVA	91.881	13
Total Recursos Financieros	401.959	100

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.5.pdf
- ✓ D3.6.pdf
- ✓ D3.7.pdf

(*) Tabla resumen de evaluación económica (extracto de D2.5)

Project			Size			Country Specific Factors		
Country	Municipality	Building	Square meter (m2)	Cost of the investment (€)	Investment/m2 (€/m2)	Inflation rate	VAT rate	Electric energy price - incl. VAT 23% (€/kWh)
Portugal	Coimbra	Town Hall	5.880	632.068	107,5	2,00%	23%	0,164

Energy Expenditure pre e post renovation						Results		
Energy expenditure - Before renovation (€/year)	Energy consumption - Before renovation (kWh/year)	Energy consumption before/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy expenditure - Post renovation (€/year)	Energy consumption - Post renovation (kWh/year)	Energy consumption post renovation/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy Savings (€/year)	Energy Savings (kWh/year)	Energy PayBack Period
46.568	350.206	60	11.688	100.606	17	34.880	249.600	18

Maintenance Expenditure pre e post renovation		Results			
Maintenance Expenditure - Before renovation (€/year)	Maintenance Expenditure - Post renovation (€/year)	Maintenance Saving (€/year)	Savings (Energy and Maintenance) (€/year)	Savings € (Energy and Maintenance) % yearly	PayBackPeriod (Energy and Maintenance)
869	1.479	-610	34.270	72%	18

Financial structure hypothesis							Results			
Equity	Senior Debt (*)	VAT Facility (**)	Subsided Funds (***)	Public Grant	Duration EPC Contract	Duration Subsides Fund	Project Payback period	Project IRR	Equity payback perod	ESCo IRR (SPV)
9%	0%	11%	38%	43%	25	15	23	1%	18	8%

(*) Interest rate= 6,22%; Duration= 12 y
(**) Interest rate= 4,70%; Duration= 2 y
(***) interest rate = 1,5%

Casa de la Cultura

Cost Efficient Options and Financing for nearly Zero Energy Renovation of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

CASA DE LA CULTURA – COIMBRA (PORTUGAL)

ESTADO ACTUAL DEL EDIFICO - PROBLEMAS TÉCNICOS Y DE OTRO TIPO DETECTADOS

La fachada principal del edificio está orientada al este con una desviación de 200º. Su orientación no es óptima, pero es posible instalar sistemas solares con poca desviación del sur.

Existen dos zonas del edificio que se encuentran arrendadas a otros organismos:

- Parte de la planta 2ª es un refectorio usado por la Universidad de Coimbra
- Parte de la plata 3ª es usada por el CAPC (Círculo de Artes Plásticas de Coimbra)

Estos espacios son gestionados por dichos organismos, pero reciben electricidad del cuadro general del edificio, y el consumo eléctrico lo paga el municipio.

Las paredes exteriores están hechos de bloque de hormigón y ladrillo y tienen un grosor variable de entre 20 a 55 cm. Todas las ventanas del edificio son de acristalamiento simple con marcos de aluminio. Casi todas las ventanas tienen contraventanas interiores. La excepción es la fachada delantera de la planta baja, donde hay ventanas oscuras. Las puertas tienen las mismas características que las ventanas.

La fachada trasera presenta condensaciones, mayormente en zonas cubiertas con vegetación.

LIMITACIONES ECONÓMICAS, FINANCIERAS Y LEGISLATIVAS

Riesgos Económicos/Financieros

El Municipio no tiene ningún plan de financiación para mejorar este edificio en particular, excepto para el tejado, cuya intervención se

DESCRIPCIÓN BREVE

El edificio se construyó entre 1991 y 1993, y se abrió el 26 de octubre de 1993.

está realizando. El municipio está intentando obtener fondos de programas de financiación nacionales y regionales.

Obstáculos Legislativos

No existen obstáculos legislativos importantes para renovar este edificio.

PLAN DE RENOVACIÓN

Envolvente del Edificio

Se ha renovado el tejado, sustituyendo las losas de cemento-amianto por paneles sandwich compuestos de dos placas metálicas termolacadas con 80 mm de aislamiento de poliuretano.

Se consideraron otras opciones de renovación que requerían obras en la fachada. Sin embargo, se evitaron las opciones de renovación que requerían realizar grandes obras que fuesen incompatibles con las actividades de uso normales del edificio.

Todas las ventanas en el edificio son de acristalamiento simple con marcos de aluminio. No se consideró la sustitución de las ventanas por ventanas de doble acristalamiento en este plan, ya que la opción de sustituir el sistema de climatización tiene una mejor relación coste y eficacia, y se puede evaluar y monitorizar más fácilmente. Sin embargo, esta sustitución se considerará en futuras renovaciones del edificio.

Sistema de climatización

El sistema de climatización del edificio consta de sistemas monosplit con bombas de calor instaladas en la pared del tejado con una potencia total de 239,27 kW. No se consideró la sustitución de los sistemas monosplit por sistemas multisplit, ya que a pesar del coste potencial inferior de la compra de sistemas multisplit, los costes de instalación serían superiores y el impacto del proceso de instalación sobre el funcionamiento del edificio sería mucho mayor. Por lo tanto, se consideró la sustitución por otros sistemas monosplit de mayor eficiencia, manteniendo la misma potencia total. En el plan de renovación se consideró la sustitución de dichos sistemas por sistemas nuevos de mayor eficiencia, y se optó por un sistema con un COP de 5,74 y un EER de 5,2.

Iluminación

La iluminación actual está mayormente compuesta por tubos lineales fluorescentes T8 con balasto electromagnético. La acción prevista es reemplazar todas las lámparas por lámparas LED

Se encuentra cerca del centro de la ciudad y de la universidad.

Se usa como Casa Municipal de Cultural y alberga distintos elementos culturales, como la biblioteca, el auditorio y la galería de arte, además de varias oficinas. El edificio tiene 8 plantas, con 3 plantas debajo de la planta baja y 4 encima.

El edificio cuenta con 80 empleados, y es frecuentado por 17.500 usuarios/año.

Del 15 de julio al 15 de septiembre:

Lunes a viernes: 9:00 a 18:30

Del 16 de septiembre al 14 de julio:

Lunes a viernes: 9:00 a 19:30

Sábados: 11:00 a 13:00 y 14:00 a 19:00.

Los usuarios solo tienen acceso a las habitaciones de uso público después de las 10:00.

INFORMACIÓN GENERAL

Año de construcción

1991-1993

nuevas.

RES

El plan de renovación incluyó la instalación de paneles fotovoltaicos orientados hacia el sur, pero siguiendo la orientación del edificio (azimut de 20º) con el fin de minimizar su impacto visual. Por ello, se consideró la instalación de 770 paneles fotovoltaicos, asegurando una potencia instalada de 181 kWp. Esto garantizará una generación de 254,2 MWh/año.

Superficie / Volumen

13.225 m^2 / 39.944 m^3

Uso del Edificio:

Se usa como Casa Municipal de Cultural y alberga distintos elementos culturales, como la biblioteca, el auditorio y la galería de arte.

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.1.
- ✓ D2.3.
- ✓ D6.2 Guía o D6.3 Maxi Catálogo

Cost Efficient Options and Financing Mec
for nearly Zero Energy Renovation
of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

CASA DE LA CULTURA – COIMBRA (PORTUGAL)

EVALUACIÓN DEL PLAN DE RENOVACIÓN

Ahorro Energético

El consumo energético antes de la renovación considerada como base equivalía a 487.229 kWh/año, y el consumo de energía por metro cuadrado era de alrededor de 49,4 kWh/m2. Tras la renovación, el consumo energético se redujo a 13.479 kWh/año (solo electricidad), y el consumo de energía por metro cuadrado es de 1,4 kWh/m2. Esto implica unos ahorros de 65.742 euros/año. Esta renovación conseguirá en el edificio un 97.2% de ahorro.

Ahorro CO_2

Los ahorros que resultan del sistema fotovoltaico y de la sustitución de lámparas y el sistema de climatización por otros de mayor eficiencia equivalen a 66,27 toneladas/año.

Integración RES

En la evaluación de la generación fotovoltaica se consideró un consumo propio del 90% de la energía. RES asegurará el 95.1% del total de energía consumida.

PARÁMETROS DEL PLAN DE RENOVACIÓN - TOTAL

Ahorro Energético	473.750 kWh
Coste	396.656 €
Ahorro	65.742 €/año
Amortización Simple	6,03 años
Ahorro CO_2	66,27 toneladas/año

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Periodo Amortización Proyecto

El periodo de amortización del proyecto energético y de mantenimiento es de 6 años. Este periodo de amortización se ha calculado sin considerar el Plan de Financiación.

Coste Total

INVERSIÓN PARA RENOVACIÓN - TOTAL

INVERSIONES	€
Sistema de climatización	126.945
Sistema de	17.121

El coste técnico de la inversión es de 338.274 euros (sin IVA), lo que se traduce en un coste de inversión por metro cuadrado de 26,6 euros/m2.

Ahorro Económico

El ahorro de gasto energético es de 53.081 euros/año.

iluminación (interno)	
Energía renovable	194.208
Envolvente del Edificio	0
Sistema de control	0
Inversión para Renovación	338.274

PLAN DE FINANCIACIÓN

Contrato de Rendimiento Energético (EPC)

En base al Entregable D3.5, se eligió implementar el contrato EPC de "Ahorros Compartidos" (considerado el más usado entre los cuatro países CERtuS). La ESCO debe invertir a través de una sociedad instrumental tipo SPV (una sociedad vehículo).

Duración del EPC

Duración del EPC: 15 años

Fuentes de Financiación

Dado el Plan de Renovación que se ha elegido y las características del proyecto, la participación de la ESCO es posible en las condiciones de mercado actuales, ya que es capaz de generar los suficientes flujos de efectivo para amortizar el préstamo y remunerar el capital invertido por la ESCO.

- El capital es alrededor del 26% de la fuente de financiación total
- Deuda principal es alrededor del 60% de la fuente de financiación total
- Financiación del IVA es alrededor del 14%

Periodo de Amortización del Capital

El periodo de amortización del capital es de 13 años.

Otras consideraciones

Con esta estructura de financiación, la participación de una ESCO es posible y la remuneración del capital invertido, en términos de TIR, se considera adecuado para este tipo de proyectos.

INVERSIONES (ESCOs)	€
Inversión para renovación	338.274
Liquidez inicial	500
Comisiones bancarias e intereses	4.803
Total inversión sin IVA	343.577
IVA	58.382
INVERSIÓN TOTAL	**401.959**

RECURSOS FINANCIEROS (ESCOs)	€	%
Capital	106.073	26
Deuda principal	240.504	60
Subvención	0	0
Fondos Subvencionados	0	0
Total Recursos Financieros sin IVA	343.577	85
IVA	58.382	14
Total Recursos Financieros	401.959	100

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.5.pdf
- ✓ D3.6.pdf
- ✓ D3.7.pdf

EJEMPLOS CERtuS DE EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE RENOVACIONES nZEB

(*) Tabla resumen de evaluación económica (extracto de D2.5)

Project			Size			Country Specific Factors		
Country	Municipality	Building	Square meter (m2)	Cost of the investment (€)	Investment/m2 (€/m2)	Inflation rate	VAT rate	Electric energy price - incl. VAT 23% (€/kWh)
Portugal	Coimbra	Municipal House of Culture	13.225	338.274	25,6	2,00%	23%	0,164

Energy Expenditure pre e post renovation						Results		
Energy expenditure - Before renovation (€/year)	Energy consumption - Before renovation (kWh/year)	Energy consumption before/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy expenditure - Post renovation (€/year)	Energy consumption - Post renovation (kWh/year)	Energy consumption post renovation/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy Savings (€/year)	Energy Savings (kWh/year)	Energy PayBack Period
63.492	565.980	43	10.411	92.230	7	53.081	473.750	6

Maintenance Expenditure pre e post renovation		Results			
Maintenance Expenditure - Before renovation (€/year)	Maintenance Expenditure - Post renovation (€/year)	Maintenance Saving (€/year)	Savings (Energy and Maintenance) (€/year)	Savings € (Energy and Maintenance) % yearly	PayBackPeriod (Energy and Maintenance)
591	991	-400	52.681	82%	6

Financial structure hypothesis							Results			
Equity	Senior Debt (*)	VAT Facility (**)	Subsided Funds (***)	Public Grant	Duration EPC Contract	Duration Subsides Fund	Project Payback period	Project IRR	Equity payback perod	ESCo IRR (SPV)
26%	60%	15%	0%	0%	15	0	9	10%	13	9%

(*) Interest rate= 6,22%; Duration= 12 y
(**) Interest rate= 4,70%; Duration= 2 y
(***) interest rate = 1.5%

Centro Escolar Solum

Cost Efficient Options and Financing for nearly Zero Energy Renovation of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

CENTRO ESCOLAR SOLUM - COIMBRA (PORTUGAL)

ESTADO ACTUAL DEL EDIFICO - PROBLEMAS TÉCNICOS Y DE OTRO TIPO DETECTADOS

La orientación del edificio es óptima, extendiéndose de este a oeste con la fachada principal orientada al norte. La fachada trasera se encuentra orientada al sur y es donde se encuentra instalado el sistema fotovoltaico.

Las paredes exteriores están hechas de bloque de hormigón y ladrillo y tienen un grosor de 55 a 66 cm en los dos edificios y de 35 a 55 cm en el refectorio.

Todos los marcos de ventana son de aluminio con buena estanqueidad, excepto 2 ventanas, los cuales tienen marcos de madera. Todas las ventanas son de doble acristalamiento, excepto 4 ventanas. Todas las ventanas están orientadas al oeste y al sur, y tienen contraventanas interiores. Algo de sombra también está garantizado por otro edificio (fachada sur) y los árboles (sur, este y oeste).

Las puertas de entrada principales de los dos edificios no son estancas y existen infiltraciones de flujos de aire. Sin embargo, las zonas de circulación no cuentan con un sistema de climatización. El edificio no presenta ninguna patología relevante.

LIMITACIONES ECONÓMICAS, FINANCIERAS Y LEGISLATIVAS

Riesgos Económicos/Financieros

El Municipio no tiene ningún plan de financiación para mejorar

DESCRIPCIÓN BREVE

EL Centro Escolar Solum (Escola Básica do 1º Ciclo da Solum) se

este edificio en particular. El municipio está intentando obtener fondos de programas de financiación nacionales y regionales.

Obstáculos Legislativos

No existen obstáculos legislativos importantes para renovar este edificio.

PLAN DE RENOVACIÓN

Envolvente del Edificio

No se consideró ninguna mejora de la envolvente opaca en el plan de renovación. El edificio se renovó recientemente y, por lo tanto, la envolvente del edificio no presenta problemas significantes. Además, dado que el edificio no tiene un sistema de climatización centralizado, una mejora de la envolvente no conseguirá una reducción del consumo de energía para calefacción y refrigeración. Por lo tanto, no se consideró ninguna mejora de la envolvente opaca en el plan de renovación.

Sistema de climatización

El edificio solo tiene calefacción central en el refectorio. Las demás zonas del edificio no tienen calefacción central, y en los días más fríos se usa un radiador de aceite en las clases como sistema de calefacción. Sin embargo, la opción de sustituir estos radiadores de aceite por bombas de calor no sería efectiva. En el refectorio se consideró sustituir la actual caldera de gas por una bomba de calor.

Iluminación

La iluminación actual está mayormente compuesta por tubos lineales fluorescentes T8 con balasto electromagnético. La acción prevista es reemplazar todas las lámparas T8 con balasto electromagnético por lámparas T5 con balasto electrónico

RES

El edificio tiene un pequeño sistema fotovoltaico (18 paneles) Por ello, se planea incrementar el sistema fotovoltaico a 72 paneles fotovoltaicos, asegurando una potencia instalada de 16.92 kWp. Esto garantizará una generación de 23,32

construyó en la década de los cincuenta. Y hasta la década de los setenta fue un colegio anexo a las academias de formación de profesores que se dedicaban a la formación pedagógica. En los años 90 se transformó en un centro escolar de educación básica. Hace 10 años se construyó el refectorio y se renovó parcialmente el edificio.

EL Centro Escolar Solum (Escola Básica do 1º Ciclo da Solum) se encuentra en el este de la ciudad, cerca del Estadio y la zona comercial.

El colegio consiste de 2 edificios de 39,8 x 9,5 m cada uno y 1 edificio (refectorio) con 2 zonas de 9,73 x 6,5 m por un lado y 7,15 x 2,15 m por otro. Los edificios más grandes tienen dos plantas y el edificio refectorio solo uno.

El colegio tiene alrededor de 300 estudiantes.

El horario de las actividades diarias (lunes a viernes) es el siguiente:

- Clases – 9:00 a 12:30 y 14:00 a 16:00
- Comida - 12:30 a 14:00
- Actividades extraescolares - 16:30 a 17:30
- Apoyo familiar - 7:30 a 9:00 y 17:30 a 19:00

INFORMACIÓN GENERAL

Año de construcción

MWh/año. **Otros** Las TICs y otros aparatos (mayormente PCs, monitores e impresoras) no representan individualmente una cuota importante del consumo de energía y, por lo tanto, los ahorros conseguidos con dichos aparatos no tendrían un impacto significativo sobre el consumo total de energía. La sustitución de estos aparatos por aparatos nuevos no es rentable desde un punto de vista de ahorro energético y, por lo tanto, no se ha considerado en el plan de renovación. Sin embargo, a lo hora de sustituir TICs se recomienda instalar únicamente TICs con bajo consumo energético.	Construido en la década de los cincuenta **Superficie / Volumen** 1.655 m^2 / 6.269,21 m^3 **Uso del Edificio:** Centro Escolar

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068	**MÁS INFORMACIÓN** ✓ D2.1. ✓ D2.3. ✓ D6.2 Guía o D6.3 Maxi Catálogo

Cost Efficient Options and Financing Mech
for nearly Zero Energy Renovation
of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

CENTRO ESCOLAR SOLUM - COIMBRA (PORTUGAL)

EVALUACIÓN DEL PLAN DE RENOVACIÓN

Ahorro Energético

El consumo energético antes de la renovación equivale a 39.291 kWh/año (electricidad y gas natural), y el consumo de energía por metro cuadrado era de 23,74 kWh/m2. Tras la renovación, el consumo energético se redujo a 928 kWh/año (solo electricidad, no se usa gas tras la renovación), y el consumo de energía por metro cuadrado es de 0,56 kWh/m2. Esto se traduce en un gasto energético de energía de 5.082 euros/año. Esta renovación conseguirá en el edificio un 97.6% de ahorro.

Ahorro CO_2

Los ahorros que resultan de la ampliación del sistema fotovoltaico y de la sustitución de lámparas, balastos y la caldera de gas equivalen a 5,54 toneladas/año.

Integración RES

En la evaluación de la generación fotovoltaica se consideró un consumo propio del 90% de la energía. RES asegurará el 96.2% del total de energía consumida.

PARÁMETROS DEL PLAN DE RENOVACIÓN - TOTAL

Ahorro Energético	32.191 kWh
Coste	31.469 €
Ahorro	5.082 €/año
Amortización Simple	6,19 años
Ahorro CO_2	5,54 toneladas/año

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Periodo Amortización Proyecto

El periodo de amortización del proyecto es de 6.19 años.

Coste Total

El coste total de la inversión es de 31.469 euros, lo que se traduce en un coste de inversión por metro cuadrado de 19,12 euros/m2.

INVERSIÓN PARA RENOVACIÓN - TOTAL

INVERSIONES	€
Sistema de climatización	6.556
Sistema de	2.920

Ahorro Económico

El ahorro de gasto energético es de 5.082 euros/año.

iluminación (interno)	
Energía renovable - PV	21.993
Envolvente del Edificio	0
Sistema de control	0
Inversión para Renovación	31.649

PLAN DE FINANCIACIÓN

Contrato de Rendimiento Energético (EPC)

En base al Entregable D3.5, se eligió implementar el contrato EPC de "Ahorros Compartidos" (considerado el más usado entre los cuatro países CERtuS). La ESCO debe invertir a través de una sociedad instrumental tipo SPV (una sociedad vehículo).

INVERSIONES (ESCOs)	€
Inversión para renovación	27.167
Liquidez inicial	0
Comisiones bancarias e intereses	384
Total inversión sin IVA	27.551
IVA	4.302
INVERSIÓN TOTAL	**31.853**

Duración del EPC

Duración del EPC: 15 años

Fuentes de Financiación

Dado el Plan de Renovación que se ha elegido y las características del proyecto, la participación de la ESCO es posible en las condiciones de mercado actuales, pero necesita de una mezcla de fuentes de financiación, en particular el uso de Fondos Subvencionados.

- El capital es alrededor del 33% de la fuente de financiación total
- Deuda principal es alrededor del 22% de la fuente de financiación total
- Fondos Subvencionados 31%
- Financiación del IVA es alrededor del 14%

RECURSOS FINANCIEROS (ESCOs)	€	%
Capital	10.447	33
Deuda principal	6.964	22
Subvención	0	0
Fondos Subvencionados	9.900	31
Total Recursos Financieros sin IVA	27.311	86
IVA	4.302	14
Total Recursos Financieros	31.613	100

Periodo de Amortización del Capital

El periodo de amortización del capital es de 14 años.

Otras consideraciones

Con esta estructura de financiación, la participación de una ESCO es posible y la remuneración del capital invertido, en términos de TIR, se considera adecuado para este tipo de proyectos.

EJEMPLOS CERtuS DE EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE RENOVACIONES nZEB

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068	**MÁS INFORMACIÓN** ✓ D2.5.pdf ✓ D3.6.pdf ✓ D3.7.pdf

(*) Tabla resumen de evaluación económica (extracto de D2.5)

Project			Size			Country Specific Factors		
Country	Municipality	Building	Square meter (m2)	Cost of the investment (€)	Investment/m2 (€/m2)	Inflation rate	VAT rate	Electric energy price - incl. VAT 23% (€/kWh)
Portugal	Coimbra	Elementary school of Solum	1.655	27.167	16,4	2,00%	23%	0,164

Energy Expenditure pre e post renovation						Results		
Energy expenditure - Before renovation (€/year)	Energy consumption - Before renovation (kWh/year)	Energy consumption before/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy expenditure - Post renovation (€/year)	Energy consumption - Post renovation (kWh/year)	Energy consumption post renovation/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy Savings (€/year)	Energy Savings (kWh/year)	Energy PayBack Period
7.006	47.524	29	2.981	15.336	9	4.026	32.188	7

Maintenance Expenditure pre e post renovation		Results			
Maintenance Expenditure - Before renovation (€/year)	Maintenance Expenditure - Post renovation (€/year)	Maintenance Saving (€/year)	Savings (Energy and Maintenance) (€/year)	Savings € (Energy and Maintenance) % yearly	PayBackPeriod (Energy and Maintenance)
0	200	-200	3.826	55%	7

Financial structure hypothesis							Results			
Equity	Senior Debt (*)	VAT Facility (**)	Subsided Funds (***)	Public Grant	Duration EPC Contract	Duration Subsides Fund	Project Payback period	Project IRR	Equity payback perod	ESCo IRR (SPV)
33%	22%	14%	31%	0%	15	12	9	9%	14	8%

(*) Interest rate= 6,22%, the sources are available in the previous paragraph; Duration= 12 y
(**) Interest rate= 4,70%; Duration= 2 y
(***) interest rate = 1,5%
"> D" the pay back is longer than analysed period

EJEMPLOS CERtuS DE EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE RENOVACIONES nZEB

ERRENTERIA, ESPAÑA

Ayuntamiento

Cost Efficient Options and Financing for nearly Zero Energy Renovation of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

AYUNTAMIENTO – ERRENTERIA (ESPAÑA)

ESTADO ACTUAL DEL EDIFICO - PROBLEMAS TÉCNICOS Y DE OTRO TIPO DETECTADOS

El edificio se renovó profundamente en el año 2000, dificultando la consecución del equilibrio entre inversión y mejoras energéticas. La envolvente del edificio presenta una transmitancia térmica aceptable y los sistemas existentes son relativamente modernos El edificio no presenta ninguna infiltración de flujos de aire desde el exterior y se mantiene frecuentemente. En cuanto a los Sistemas de Energía Renovable (RES), la geometría y lugar del edificio son un gran obstáculo para su instalación. El edificio se encuentra en la Parte Vieja, que se caracteriza por sus calles estrechas y la densidad urbana, reduciendo la exposición al sol de los tejados. Además, el edificio original es un edificio protegido y su valor histórico no se puede alterar de forma considerable. No se puede instalar equipo adicional dentro del edificio, ya que cada habitación tiene un uso bien definido, limitando la elección de sistemas nuevos para instalar.

LIMITACIONES ECONÓMICAS, FINANCIERAS Y LEGISLATIVAS

Riesgos Económicos/Financieros

La falta de presupuesto público y la baja disponibilidad de programas de financiación pueden reducir las posibilidades de implementar el programa de renovación propuesto. El equipo instalado en el Ayuntamiento se puede considerar moderno y le queda todavía una larga vida útil. Su eficiencia se podría mejorar concienciando a los usuarios finales, que puede ser tan

DESCRIPCIÓN BREVE

El Ayuntamiento de Errenteria tiene una apreciable planta cuadrada que define uno de los laterales de la Plaza Herriko, donde convergen cinco de las siete calles del casco medieval. El edificio se comenzó a construir en 1603 y se inauguró en 1607. El

efectivo como la sustitución por un equipo caro. . Además, en España los sistemas fotovoltaicos de hasta 100 kW no pueden vender electricidad, y se requiere la donación de esta electricidad, aumentando los periodos de amortización.

Obstáculos Legislativos

El Ayuntamiento se declaró como Bien Cultural con la categoría de Conjunto Monumental mediante al Decreto 101/1996, de 7 de mayo, del Gobierno Vasco, que implica que no se pueden aplicar soluciones de alto impacto visual o que puedan dañar la integridad del edificio.

PLAN DE RENOVACIÓN

Envolvente del Edificio

Debido a que el edifico se renovó en el 2000, las paredes, el tejado y las ventanas presentan valores de transmitancia térmica que no justifican altas inversiones, ya que la reducción en la demanda de energía sería baja. La mejora de la transmitancia térmica requeriría grandes obras, lo que implicaría una temporal redistribución de funciones y empleados. La reducción de demanda de energía conseguida no justificaría la inversión.

Sistema de climatización

El sistema de calefacción es centralizado y se puede ajustar en distintos lugares del edificio. Está compuesto de radiadores que se calientan mediante agua caliente usando una caldera de gas, y suministra agua caliente a dos edificios: Kapitain Etxea y el Ayuntamiento. Dado que el sistema será independiente, la potencia total actual es demasiada alta. El sistema de calefacción se mejorará mediante una caldera de condensación con un alto Coeficiente de Rendimiento (COP). La caldera sugerida en el plan de renovación tiene un COP de 1,1 y una potencia total de 130 kW. El sistema de refrigeración se encuentra dividido en fases independientes. La primera fase refrigera la zona dedicada a la administración mediante un sistema aire/aire. La segunda fase es una solución Sistema de Volumen Refrigerante Variable (VRV) compuesto de 8 unidades condensadoras conectadas a 7 unidades evaporadoras. Cada unidad evaporadora es independiente y esta se controla manualmente mediante un mando a distancia Las unidades condensadoras se controlan mediante temporizadores que limitan su periodo de funcionamiento al

Ayuntamiento sufrió importantes daños, ya que Errentería fue incendiado por las tropas francesas en 1638. El saqueo y la destrucción fueron tales que se pensó en erigir un nuevo edificio. En 1654 se procedió a su restauración, cuyas obras se prolongaron hasta 1666. El Ayuntamiento responde a la típica estructura vasca, hecho en sillar de arenisca. Consta de planta baja y dos alturas, con un levante retranqueado de factura posterior. Lleva cuatro huecos por planta, dispuestos en eje y simétricamente. En el año 2000 se comenzó un proyecto de ampliación, que unió los tres edificios: el edificio original del siglo XVII y otros dos edificios de menos relevancia, pero que contribuyen a su uso práctico y al paisaje urbano.

El proyecto se realizó con el fin de mejorar la eficiencia del gobierno local, la circulación, la estabilidad estructural y garantizar el uso unificado en un único edificio. Esto supuso el levantamiento de una nueva estructura detrás de las fachadas originales en los dos edificios menos importantes. También se renovó el Ayuntamiento histórico. El patio interior se ha mantenido como elemento destacado del plan, aunque se ha cubierto con un lucernario. El patio proporciona luz diurna a las oficinas.

INFORMACIÓN GENERAL

Año de construcción

1603-2000

Superficie / Volumen

horario del Ayuntamiento. El sistema VRV ofrece niveles aceptables de eficiencia energética y responde a la flexibilidad de los usuarios, por lo que no se espera ninguna intervención. **Iluminación** En el plan de renovación propuesto, los tubos fluorescentes se sustituirán por lámparas LED. Donde sea posible, se instalarán controladores automáticos **RES** El programa de renovación incluye la instalación de paneles fotovoltaicos sobre el tejado del edificio. Teniendo en cuenta la superficie útil, se instalarán paneles en las cubiertas inclinadas. La planta, de 40,2 kWp, se compondrá de paneles fotovoltaicos monocristalinos y ocupará una superficie de 332 m2.	2.961 m2 /11.418 m3 **Uso del Edificio:** Ayuntamiento

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068	**MÁS INFORMACIÓN** ✓ D2.1. ✓ D2.3. ✓ D6.2 Guía o D6.3 Maxi Catálogo

Cost Efficient Options and Financing Mecha
for nearly Zero Energy Renovation
of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

AYUNTAMIENTO – ERRENTERIA (ESPAÑA)

EVALUACIÓN DEL PLAN DE RENOVACIÓN

Ahorro Energético

Actualmente, el edificio tiene un consumo de energía final de gas de 131.630 kWh y de electricidad de 147.530 kWh. El consumo de energía primaria total es de 517.999 kWh. El plan de renovación propuesto reduciría el consumo de energía final de gas a 127.040 kWh y el de electricidad a 60.783 kWh. El consumo de energía primaria total se reduciría a 286.954 kWh. El ahorro energético primario será por lo tanto de 231.045 kWh. Teniendo en cuenta los precios de electricidad y gas para el 2015 en España, los ahorros serán de 12.374 €/año.

Ahorro CO_2

El ahorro de CO_2 se estima en 57,36 toneladas/año.

Integración RES

El 39% de la energía será proporcionada por sistemas de energía renovable. La tecnología fotovoltaica garantizará una generación de 38.757 kWh/año.

PARÁMETROS DEL PLAN DE RENOVACIÓN - TOTAL

Ahorro Energético Primario	231.045 kWh
Coste	169.684 €
Ahorro Energético Energía y Mantenimiento	12.374 €/año 21.478 €/año
Amortización Simple	5,6 años
Ahorro CO_2	57,36 toneladas/año

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Periodo Amortización Proyecto

El periodo de amortización del proyecto es de 9 años. Desde el punto de vista de una ESCO, se considera alguna inversión adicional con el fin de proporcionar al proyecto la suficiente liquidez para pagar los intereses y gastos bancarios y para financiar el capital circulante inicial.

Coste Total

El coste total de la inversión es de 169.683 euros, lo que se traduce en un coste de inversión por metro cuadrado de 57,30 euros/m2.

INVERSIÓN PARA RENOVACIÓN - TOTAL

INVERSIONES	€
Sistema de climatización	9.760
Sistema de iluminación (interno)	10.493
Energía renovable	149.430
Inversión para Renovación	169.683

Ahorro Económico

El gasto energético es de 11.698 euros/año. El gasto de mantenimiento después de la renovación es menor (9.781 euros/año). Esto afecta positivamente, a nivel económico, a los ahorros totales que se pueden obtener por la intervención: el ahorro económico de energía y mantenimiento es de 21.478 euros/año.

PLAN DE FINANCIACIÓN

Contrato de Rendimiento Energético (EPC)

Aunque el proyecto tiene un periodo de amortización adecuado, los flujos de efectivo no hacen que sea un contrato atractivo para la ESCO en estas condiciones de mercado. Si se quiere conseguir que el proyecto sea más atractivo para una ESCO, se requiere un importante apoyo financiero y se debería aumentar la duración del contrato EPC. En este caso, se implementó una estructura de financiación específica de las siguientes características:

(a) Inversión de capital por la ESCO 9%;

(b) Fondos Subvencionados por 40%; y

(c) Subvención por 40%.

Implementar este contrato EPC genera una reducción de gasto para el Municipio de aproximadamente 10.365 euros/año, que resultan del 5% de ahorro energético compartido de 585 euros y la reducción en gastos de mantenimiento de 9.781 euros. Hay tres tipos de contratos que mejor se adaptan a las necesidades del Municipio: First In (Primero en Entrar), First Out (Primero en Salir) y Ahorros Compartidos. Los tres contratos transfieren más del 70% del riesgo a la ESCO, asegurando al Municipio, que ha declarado no tener experiencia en gestionar contratos EPC. El contrato que ofrece mayores garantías a la Ciudad es el First Out, con el 78% del riesgo transferido a la ESCO.

Duración del EPC

La duración del contrato EPC es de aproximadamente 20 años.

Fuentes de Financiación

La solución óptima podría ser el contrato de Ahorros Compartidos en el que: (i) El ahorro energético se comparte entre la ESCO y el Municipio (solo el 5%) con el fin de reducir la duración del contrato, que en este caso sería de aproximadamente 20 años; (ii) Todas las intervenciones serán realizadas por la ESCO, el cual asume el riesgo tecnológico y garantiza los ahorros; (iii) El Municipio financia directamente parte de

Otras consideraciones

Si se quiere conseguir que la inversión sea más atractiva para la ESCO, el proyecto podría considerar formas alternativas al contrato EPC estándar; por ejemplo, implementar otro tipo de contrato o un servicio global o una contratación directa por parte del Municipio. Además, dada la pequeña dimensión del proyecto, podría ser una buena opción añadir más de una iniciativa. Este añadido podría ser útil para conseguir rentabilidad, mayores ingresos y sinergias.

las intervenciones a través de fondos de los PAES y el uso de fondos de préstamo.	

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068	**MÁS INFORMACIÓN** ✓ D2.5.pdf ✓ D3.6.pdf ✓ D3.7.pdf

EJEMPLOS CERtuS DE EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE RENOVACIONES nZEB

(*) Tabla resumen de evaluación económica (extracto de D2.5)

Project			Size			Country Specific Factors			
Country	Municipality	Building	Square meter (m2)	Cost of the investment (€)	Investment/m2 (€/m2)	Inflation rate	VAT rate	GaS energy price (incl. VAT21%)	Electric energy price - incl. VAT 21% (€/kWh)
Spain	Errenteria	City Hall	2.961	169.683	57,3	2,00%	21%	0,058	0,160

Energy Expenditure pre e post renovation						Results		
Energy expenditure - Before renovation (€/year)	Energy consumption - Before renovation (kWh/year)	Energy consumption before/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy expenditure - Post renovation (€/year)	Energy consumption - Post renovation (kWh/year)	Energy consumption post renovation/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy Savings (€/year)	Energy Savings (kWh/year)	Energy PayBack Period
25.866	279.160	94	14.151	187.823	63	11.714	91.337	14

Maintenance Expenditure pre e post renovation		Results			
Maintenance Expenditure - Before renovation (€/year)	Maintenance Expenditure - Post renovation (€/year)	Maintenance Saving (€/year)	Savings (Energy and Maintenance) (€/year)	Savings € (Energy and Maintenance) % yearly	PayBackPeriod (Energy and Maintenance)
13.294	46.500	-33.206	-21.492	<0%	n.s.

Financial structure hypothesis							Results			
Equity	Senior Debt (*)	VAT Facility (**)	Subsided Funds (***)	Public Grant	Duration EPC Contract	Duration Subsides Fund	Project Payback period	Project IRR	Equity payback perod	ESCo IRR (SPV)
9%	0%	10%	40%	40%	20	15	>D	<0%	15	8%

(*) Interest rate= 5,64%; Duration= 12 y
(**) Interest rate= 4,70%; Duration= 2 y
(***) interest rate = 1,5%
"> D" the pay back is longer than analysed period

Kapitain Etxea

Cost Efficient Options and Financing Mecha
for nearly Zero Energy Renovation
of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

KAPITAIN ETXEA – ERRENTERIA (ESPAÑA)

ESTADO ACTUAL DEL EDIFICO - PROBLEMAS TÉCNICOS Y DE OTRO TIPO DETECTADOS

El Municipio ya ha definido un proyecto que consta de incluir un ascensor y una escalera nueva, mientras que las mejoras sobre el comportamiento energético de los edificios se abordan en el proyecto CERtuS. Debido al cambio en el uso del edificio y los sistemas ya instalados, es difícil estimar los valores antes y después de las intervenciones. El consumo real del edificio no se puede usar como valor fiable, ya que el archivo se usa esporádicamente y no se puede comparar con el Museo que abrirá al público de 10:00 a 20:00 todos los días. Por lo tanto, el rendimiento energético se ha calculado simulando el nuevo uso del edificio, tanto para condiciones actuales como futuras. Aun así, la iluminación y el sistema de climatización instalados en el edificio no son suficientes para garantizar el uso y disfrute del Museo por el público. Para conseguir unas mejores condiciones de confort, el sistema de climatización se debe aumentar en tamaño y se debe garantizar una iluminación adecuada. Esto también implicará un aumento de la demanda energética. Sin embargo, el uso continuo del edificio garantizará un mantenimiento adecuado, evitando así cualquier coste asociado con su abandono y permitiendo a los ciudadanos disfrutar de su patrimonio.

LIMITACIONES ECONÓMICAS, FINANCIERAS Y LEGISLATIVAS

Riesgos Económicos/Financieros

A pesar de que el edificio tiene dimensiones limitadas y no se requieren grandes inversiones, la falta de presupuesto público sigue siendo un límite. Mientras que la actualización de la envolvente del edificio mejorará considerablemente la eficiencia energética, el rendimiento y los beneficios de instalar paneles fotovoltaicos en este lugar específico son

DESCRIPCIÓN BREVE

Tras el incendio catastrófico en 1638, Errenteria empezó a reconstruir la ciudad. Las casas más destacadas en el centro histórico datan de este periodo. Una de las casas

limitados.

Obstáculos Legislativos

La Parte Vieja está catalogada debido a su valor histórico. En el caso de Kapitain Etxea, esto implica que las paredes exteriores se tienen que conservar sin modificaciones. No se pueden aplicar soluciones de alto impacto visual o que puedan dañar la integridad del edificio.

PLAN DE RENOVACIÓN

Envolvente del Edificio

El análisis de la demanda de energía en la situación actual evidencia que las ventanas y las paredes son los principales elementos débiles. Además, el tejado y el suelo contribuyen a las pérdidas térmicas

Envolvente Opaca: Las paredes delanteras y traseras se han construido en sillar de arenisca, con un Valor-U de 2,60 W/m2K. Las intervenciones solo son posibles en la superficie interior de las paredes y deberían de garantizar la reducción de superficie de suelo mínima Se utilizará aislamiento de lana mineral y enlucido de mortero con el objetivo de conseguir un Valor-U de 0,35 W/m2K. El tejado es de madera y se encuentra en mal estado de conservación y se va a sustituir por uno similar con mejores propiedades de estanqueidad y aislamiento. La intervención reducirá el Valor-U de 2,42 a 0,24 W/m2K. La losa de la planta baja también se mejorará, reduciendo el Valor-U de 2,42 a 0,22 W/m^2K.

Acristalamiento: El acristalamiento y marcos actuales serán reemplazados por ventanas rellenas de aire con revestimiento de baja emisión y marcos de madera con el fin de no cambiar la estética del edificio. El lucernario actual se eliminará con el fin de instalar paneles fotovoltaicos.

Sistema de climatización

Uno de los criterios de renovación del sistema era evitar radiadores y calefacción radiante La opción más viable fue un Central de Tratamiento de Aire (AHU, por sus siglas en inglés), que combina ventilación, calefacción y refrigeración. Además, si los conductos tienen un mayor tamaño, el sistema único solucionará el problema de falta de espacio. El AHU se proporcionará con un sistema de recuperación de calor.

Iluminación

Los sistemas actuales de iluminación se componen de distintos tipos de luminarias, que se encuentran distribuidas de forma irregular y tienen un

ancestrales es conocida actualmente como Kapitan Etxea (La Casa del Capitán, en vasco). Es un edificio ubicado entre medianeras, de planta rectangular y cubierta a dos aguas con el caballete paralelo a la fachada principal, que está realizado en aparejo de sillería arenisca. En principio presentaba planta baja y dos alturas, que quedaban separadas por platabandas. No obstante, la parte superior ha sufrido importantes alteraciones: los pisos quedan desplazados de su altura original y los huecos interrumpen las platabandas. En 1925 el edificio original estaba dividido en dos, y ahora solo es posible distinguir las diferencias entre los tejados. Presenta un único eje de vanos en la planta baja, y balcones volados con baranda de hierro forjado en las alturas primera y segunda. La parte derecha es una casa de viviendas, pero la izquierda, fue convertida en casa de cultura, limpiándose la fachada y transformándose totalmente el interior en 1984.

Actualmente, el edificio se usa como parte del Archivo Municipal, y presenta malas condiciones de accesibilidad con su entrada restringida solamente a los empleados municipales. El Municipio decidió renovar el edificio con el fin de albergar el Museo del Traje Vasco. Su nuevo uso por lo tanto requerirá intervenciones destinadas a mejorar las condiciones de

alto impacto visual alto. El nuevo sistema se diseñará siguiendo los valores estándar fijados. Si es sistema fuese más eficiente (los valores actuales se encuentran por debajo de la potencia recomendada), la potencia instalada se incrementaría, consiguiendo las condiciones de confort deseadas.

RES

El plan de renovación incluye la instalación de paneles fotovoltaicos. Debido a las pequeñas dimensiones del edificio, la potencia suministrada no será alta, siendo de 3.4 kWp. Se instalarán paneles fotovoltaicos monocristalinos, reemplazando el lucernario. A pesar de ser la mejor orientación, es la zona que se encuentra menos afectada por la sombra y el impacto visual será menor.

accesibilidad y confort.

INFORMACIÓN GENERAL

Año de construcción

1650 (aprox.)

Superficie / Volumen

395 m^2 / 1.362 m^3

Uso del Edificio:

Archivo municipal

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.5.pdf
- ✓ D3.6.pdf
- ✓ D3.7.pdf

Cost Efficient Options and Financing Mecha
for nearly Zero Energy Renovation
of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

KAPITAIN ETXEA – ERRENTERIA (ESPAÑA)

EVALUACIÓN DEL PLAN DE RENOVACIÓN

Ahorro Energético

Actualmente, el edificio tiene un consumo de energía final de gas de 54.383 kWh y de electricidad de 14.602 kWh. El consumo de energía primaria total es de 93.039 kWh. Según el plan de renovación propuesto no habrá consumo de gas, pero el consumo de energía final de electricidad aumentaría en 9.464 kWh. El ahorro energético primario será de 44.919 kWh. Teniendo en cuenta los precios de electricidad y gas para el 2015 en España, los ahorros serán de 4.971 € al año.

Ahorro CO_2

PARÁMETROS DEL PLAN DE RENOVACIÓN - TOTAL

Ahorro Energético	44.919 kWh
Coste	111.636 €
Ahorro	4.971 €/año
Amortización Simple	22 años
Ahorro CO_2	4,95 toneladas/a

El ahorro de CO_2 se estima en 4,95 toneladas/año.

Integración RES

El 12% de la energía será proporcionada por sistemas de energía renovable. La tecnología fotovoltaica garantizará una generación de 3.389 kWh/año.

	ño

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Periodo Amortización Proyecto

El periodo de amortización del proyecto es de 22 años si se tienen en cuenta los ahorros de mantenimiento.

Coste Total

El coste total de la inversión es de 111.636 euros, lo que se traduce en un coste de inversión por metro cuadrado de 295 euros/m2.

Ahorro Económico

El gasto energético es de 1,528 euros/año.

El gasto de mantenimiento después de la renovación es menor (3.455 euros/año). Por lo que, el ahorro económico de energía y mantenimiento es de aproximadamente 4,971 euros/año.

INVERSIÓN PARA RENOVACIÓN - TOTAL

INVERSIONES	€
Sistema de climatización	21.540
Sistema de iluminación (interno)	26.624
Energía renovable	12.602
Envolvente del edificio	50.870
Inversión para Renovación	111.636

PLAN DE FINANCIACIÓN

Contrato de Rendimiento Energético (EPC)

El proyecto implica un cambio de uso del edificio: de archivo a Museo del Traje Vasco. Por esta razón, una comparación con la situación anterior en cuanto a consumo de energía y ahorro no es posible. La inversión del proyecto no es amortizable en 15 años por sí sola, ya que los ahorros económicos son mínimos comparados con los costes de la inversión. Por lo tanto, es muy complicado implementar un contrato EPC. A pesar de todo, para implementar un contrato EPC, este debería tener las siguientes características: (a) Inversión de capital por la ESCO 10%; El análisis muestra que solo hay dos tipos de contratos mejor posicionados para cumplir con las necesidades de la Ciudad de Errentería: Ahorros Garantizados y Ahorros Compartidos Los Ahorros Compartidos transfieren más del 70% del riesgo a la ESCO, asegurando al Municipio, mientras que el contrato de Ahorros Garantizados transfiere aproximadamente el 60% de los riesgos.

Duración del EPC

Otras consideraciones

Si se quiere conseguir que la inversión sea más atractiva para la ESCO, el proyecto podría considerar formas alternativas al contrato EPC estándar; por ejemplo, implementar otro tipo de contrato o un servicio global o una contratación directa por parte del Municipio. Además, dada la pequeña dimensión del proyecto, podría ser una buena opción añadir más de una iniciativa. Este añadido podría ser útil para conseguir rentabilidad, mayores

La duración del contrato EPC es de aproximadamente 25 años, más alto de lo normal en el mercado.

Estructura de financiación

La solución óptima podría ser construir en base a una mezcla de ambos tipos, donde:

(i) todas las intervenciones son realizadas por la ESCO, el cual asume el riesgo tecnológico y garantiza los ahorros; (ii) la mayoría del trabajo lo financia la Ciudad, la cual asume el riesgo financiero, y una parte pequeña es financiada directamente por la ESCO; y (iii) la ESCO realiza el mantenimiento y comparte los ahorros en la parte que es medible. De hecho, como se ha comentado anteriormente, en estos dos casos, no es posible decir que sean situaciones distintas en cuanto al uso de los edificios antes y después de su renovación. El municipio debería considerar un contrato público / privado con la participación de la ESCO en las actividades relacionadas con la prestación de servicios destinados al nuevo uso de los edificios. La ESCO podría participar no solo en la construcción del sistema fotovoltaico, si no también, por ejemplo, en el mantenimiento de la estructura renovada y en la gestión de parte de los servicios necesarios.

ingresos y sinergias.

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.5.pdf
- ✓ D3.6.pdf
- ✓ D3.7.pdf

EJEMPLOS CERtuS DE EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE RENOVACIONES nZEB

(*) Tabla resumen de evaluación económica (extracto de D2.5)

Project			*Size*			*Country Specific Factors*			
Country	Municipality	Building	Square meter (m2)	Cost of the investment (€)	Investment/m2 (€/m2)	Inflation rate	VAT rate	Electric energy price - incl. VAT 21% (€/kWh)	GaS energy price (incl. VAT21%)
Spain	Errenteria	Building "Kapitain Etxea"	395	111.636	282,7	2,00%	21%	0,160	0,058

Energy Expenditure pre e post renovation						Results		
Energy expenditure - Before renovation (€/year)	Energy consumption - Before renovation (kWh/year)	Energy consumption before/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy expenditure - Post renovation (€/year)	Energy consumption - Post renovation (kWh/year)	Energy consumption post renovation/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy Savings (€/year)	Energy Savings (kWh/year)	Energy PayBack Period
5.249	68.985	175	3.721	24.067	61	1.528	44.919	73

Maintenance Expenditure pre e post renovation		Results			
Maintenance Expenditure - Before renovation (€/year)	Maintenance Expenditure - Post renovation (€/year)	Maintenance Saving (€/year)	Savings (Energy and Maintenance) (€/year)	Savings € (Energy and Maintenance) % yearly	PayBackPeriod (Energy and Maintenance)
3.800	4.750	-950	578	6%	193

Financial structure hypothesis							Results			
Equity	Senior Debt (*)	VAT Facility (**)	Subsided Funds (***)	Public Grant	Duration EPC Contract	Duration Subsides Fund	Project Payback period	Project IRR	Equity payback perod	ESCo IRR (SPV)
10%	0%	2%	0%	88%	25	12	>D	<0%	26	1%

(*) Interest rate= 5,64%; Duration= 12 y
(**) Interest rate= 4,70%; Duration= 2 y
(***) interest rate = 1,5%
"> D" the pay back is significantly longer than the analysed period

Lekuona

Cost Efficient Options and Financing for nearly Zero Energy Renovation of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

LEKUONA– ERRENTERIA (ESPAÑA)

ESTADO ACTUAL DEL EDIFICO - PROBLEMAS TÉCNICOS Y DE OTRO TIPO DETECTADOS

El Municipio de Errentería se ha embarcado en un proyecto ambicioso de transformar el antiguo edificio industrial en un centro cultural moderno. Este edificio se ha clasificado como Clase Energética A y se ha diseñado para conseguir un muy bajo consumo energético y unas muy bajas emisiones de CO2 en comparación con un edificio estándar. Desde el principio del proyecto, se han considerado tipos de envolvente adecuados, materiales apropiados para la envolvente, y el uso de RES o sistemas eficientes. Al ser un proyecto de renovación que ya se ha diseñado en profundidad, se considera que no hay posibilidades de incluir muchas mejoras adicionales. Sin embargo, se han detectado algunas acciones especialmente relacionadas con el uso de RES que se pueden implementar para conseguir mejores resultados. Además, si tenemos en cuenta la disposición del Municipio de mejorar la eficiencia de los edificios municipales, en un futuro cercano tendrán en cuenta las medidas que se proponen en el marco del proyecto CERtuS.

LIMITACIONES ECONÓMICAS, FINANCIERAS Y LEGISLATIVAS

Riesgos Económicos/Financieros

El Municipio de Errentería y el Gobierno Provincial ya ha realizado un considerable esfuerzo presupuestario de 6,5 millones € para financiar el programa de renovación. El riesgo de implementar nuevas medidas no debería de subestimarse, mayormente debido a la incertidumbre en el marco legal relativo al uso de paneles fotovoltaicos El uso de paneles fotovoltaicos se limita drásticamente por una serie de tasas que penalizan la rentabilidad económica del sistema instalado. Además, la

DESCRIPCIÓN BREVE

Lekuona es un apellido que se encuentra ligado a una tradición larga de panaderos. Con el paso del tiempo, la pequeña tienda se convirtió en una panadería industrial. La necesidad de adaptar el negocio a un entorno cambiante requería su desarrollo tecnológico. Por esta razón, la empresa decidió trasladarse a finales

electricidad producida y no consumida se deberá depositar en la red sin compensación alguna.

Obstáculos Legislativos

Parte del edificio está protegido por la Ley de Costas 22/88 (1988). Esta ley protege una distancia de 20 m de la costa del estuario. La parte del edificio incluido en esta zona por lo tanto se mantendrá y restaurará.

PLAN DE RENOVACIÓN

Envolvente del Edificio

Las nuevas tipologías constructivas de los elementos de la envolvente se encuentran en conformidad con la finalidad de los edificios nZEB. El proyecto presenta un buen equilibrio entre los elementos retenedores del edificio existente y el cumplimiento de los parámetros de la conservación de energía.

Envolvente Opaca: Las paredes originales, que se construyeron en dos capas de mampostería con una cámara de aire y sin aislamiento, serán aisladas por dentro usando lana mineral y Pladur con el fin de proteger la estética. Las nuevas paredes se harán de mampostería con un sistema de aislamiento similar. El tejado existente, construido con hormigón armado, se mejorará con paneles sandwich corrugados con lana mineral de alta densidad.

Acristalamiento: Todas las ventanas se reemplazarán por ventanas de doble acristalamiento con cámara de aire.

Sistema de climatización

El sistema de climatización se centralizará y contará con Centrales de Tratamiento de Aire, aunando todas las funciones. Varias Centrales de Tratamiento de Aire se instalarán sobre el tejado con el fin de distribuir el aire acondicionado a las salas y zonas designadas. El agua caliente sanitaria necesario para aportar calor al sistema será suministrado por una caldera de biomasa de pellets. Todos los requisitos para la elección de equipo eficiente y confort se han cumplido, y no se han propuesto modificaciones.

Iluminación

La iluminación se ha diseñado de acuerdo a los estándares españoles y europeos CTE – DB HE y UNE – EN 12464.1. Los

de los sesenta a un edificio industrial ubicado cerca del río, conocido como el "Edificio Lekuona". La panadería continuó con su actividad en este edificio hasta el año 2005. . El Edificio Lekuona, que actualmente se encuentra abandonada, es propiedad del Municipio de Errenteria, que es el responsable de su conservación, rehabilitación y su reutilización. Este edificio está protegido parcialmente por la Ley de Costas y su naturaleza industrial debe preservarse. El Municipio está llevando a cabo un ambicioso proyecto de transformar el edificio en una escuela de danza y centro cultural que llevará el nombre de “Dantzagune – Arteleku”, como parte del Plan Estratégico de la ciudad, con el fin de ser un centro creativo y cultural.

El edificio Lekuona se encuentra al lado del estuario Oiartzun, que está formado por una gran estructura central con dos edificios adyacentes sumando una superficie total de 2000 m2. El edificio tiene tres plantas y un sótano. Tiene forma rectangular con un trapezoide adyacente. La planta baja y el primer piso tienen parecida geometría, pero el segundo piso es una ampliación posterior del edificio. El proyecto de renovación, que ya se aprobó por el Municipio, tendrá una superficie mayor, ya que se construirá una nueva parte. El diseño propuesto se encuentra en línea con los estándares de eficiencia energética y será de clase A según el Código de Técnico de Edificación (CTE).

INFORMACIÓN GENERAL

Año de construcción

1963

parámetros de confort y eficiencia energética también se cumplen en este caso.

RES

El sistema de calefacción será alimentado por una caldera de biomasa de pellets de 201 kW de capacidad nominal. Todo el consumo de energía relacionado con el sistema de calefacción provendrá de una fuente renovable. Se instalarán 450 paneles fotovoltaicos en una superficie solar de 281 m2. Los paneles se instalarán según la orientación del edificio con el fin de minimizar el impacto visual. Los paneles se instalarán según la orientación del edificio con el fin de minimizar el impacto visual.

Superficie / Volumen

4.406 m^2 / 20.328 m^3

Uso del Edificio:

Industrial

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.5.pdf
- ✓ D3.6.pdf
- ✓ D3.7.pdf

Cost Efficient Options and Financing for nearly Zero Energy Renovation of existing Buildings Stock

EJEMPLOS DE DISEÑOS DE RENOVACIÓN

REALIZADOS EN EL PROYECTO CERtuS

LEKUONA– ERRENTERIA (ESPAÑA)

EVALUACIÓN DEL PLAN DE RENOVACIÓN

Ahorro Energético

La instalación de paneles fotovoltaicos permitirá conseguir unos ahorros de 35.745 kWh.

Ahorro CO_2

El ahorro de CO_2 se estima en 23,19 toneladas/año.

Integración RES

El 59% de la energía será proporcionada por sistemas de energía renovable, por el uso conjunto de paneles fotovoltaicos y la caldera de biomasa, que se estima en 194.568 kWh.

PARÁMETROS DEL PLAN DE RENOVACIÓN - TOTAL

Ahorro Energético	35.745 kWh
Coste	126.588 €
Ahorro	5.004 €/año
Amortización Simple	25 años
Ahorro CO_2	23,19 toneladas/año

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Periodo Amortización Proyecto

El periodo de amortización es de más de 30 años.

Coste Total

El coste total de la inversión es de 126.587 euros, lo que se traduce en un coste de inversión por metro cuadrado de 29 euros/m2.

Estos costes solo incluyen los costes de instalación del sistema fotovoltaico, que no se planificaron inicialmente en el proyecto de renovación.

Ahorro Económico

Teniendo en cuenta que el edificio estaba abandonado, los ahorros están representados por el menor coste de la compra de electricidad. El coste de fracaso se calcula en 3.704 € / año.

INVERSIÓN PARA RENOVACIÓN - TOTAL

INVERSIONES	€
Energía renovable	126.588
Inversión para Renovación	126.588

PLAN DE FINANCIACIÓN

Contrato de Rendimiento Energético (EPC)

El proyecto se concibió con el fin de restaurar unas instalaciones abandonadas y que no se usaban por la población y convertirlas en un centro cultural. Este proyecto, que ya se ha aprobado por el Municipio, se está ampliando a través de la introducción de un sistema fotovoltaico con el fin de convertirlo en un edificio nZEB. Estas condiciones no permiten una comparación con la situación anterior en cuanto a consumo de energía y ahorros relativos obtenidos después del plan de renovación, pero podemos decir que la variación generará ahorros económicos y energéticos en comparación con las condiciones iniciales. La intervención de una ESCO no es posible en las condiciones de mercado actuales, ya que los fondos que se requieren para endeudarse son mayores que los fondos generados por el proyecto. Si se quiere conseguir que el proyecto sea más atractivo para una ESCO, se requiere un importante apoyo financiero y se debería aumentar la duración del contrato EPC. En este caso, se implementó una estructura de financiación específica de las siguientes características: (a) Inversión de capital por la ESCO 9%; (b) Subvención del 59%; y (c) Fondos Subvencionados 25%. El análisis muestra que solo hay dos tipos de contratos mejor posicionados para cumplir con las necesidades de la Ciudad de Errentería: Ahorros Garantizados y Ahorros Compartidos Los Ahorros Compartidos transfieren más del 70%

Otras consideraciones

Si se quiere conseguir que la inversión sea más atractiva para la ESCO, el proyecto podría considerar formas alternativas al contrato EPC estándar; por ejemplo, implementar otro tipo de contrato o un servicio global o una contratación directa por parte del Municipio. Además, dada la pequeña dimensión del proyecto, podría ser una buena opción añadir más de una iniciativa. Este añadido podría ser útil para conseguir rentabilidad, mayores ingresos y sinergias.

del riesgo a la ESCO, asegurando al Municipio, mientras que el contrato de Ahorros Garantizados transfiere aproximadamente el 60% de los riesgos.

Duración del EPC

La duración del contrato EPC es de aproximadamente 25 años, más alto de lo normal en el mercado.

Estructura de financiación

La solución óptima podría ser construir en base a una mezcla de ambos tipos, donde:

(i) todas las intervenciones son realizadas por la ESCO, el cual asume el riesgo tecnológico y garantiza los ahorros; (ii) la mayoría del trabajo lo financia la Ciudad, la cual asume el riesgo financiero, y una parte pequeña es financiada directamente por la ESCO; y (iii) la ESCO realiza el mantenimiento y comparte los ahorros en la parte que es medible. De hecho, como se ha comentado anteriormente, en estos dos casos, no es posible decir que sean situaciones distintas en cuanto al uso de los edificios antes y después de su renovación. El municipio debería considerar un contrato público / privado con la participación de la ESCO en las actividades relacionadas con la prestación de servicios destinados al nuevo uso de los edificios.

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

CERtuS Grant Agreement Number IEE/13/906/SI2.675068

MÁS INFORMACIÓN

- ✓ D2.5.pdf
- ✓ D3.6.pdf
- ✓ D3.7.pdf

EJEMPLOS CERtuS DE EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE RENOVACIONES nZEB

(*) Tabla resumen de evaluación económica (extracto de D2.5)

Project			*Size*			*Country Specific Factors*			
			a	*b*	*b/a*				
Country	Municipality	Building	Square meter (m2)	Cost of the investment (€)	Investment/m2 (€/m2)	Inflation rate	VAT rate	Electric energy price - incl. VAT 21% (€/kWh)	GaS energy price (incl. VAT21%)
Spain	Errenteria	Building "Lekuona"	4.406	126.587	28,7	2,00%	21%	0,160	0,058

Energy Expenditure pre e post renovation						Results		
c	d	c/a	e	f	f/a	c-e	d-f	b/(c-e)
Energy expenditure - Before renovation (€/year)	Energy consumption - Before renovation (kWh/year)	Energy consumption before/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy expenditure - Post renovation (€/year)	Energy consumption - Post renovation (kWh/year)	Energy consumption post renovation/ m2 (kWh/m2 yearly)	Energy Savings (€/year)	Energy Savings (kWh/year)	Energy PayBack Period
42.798	332.279	75	38.194	296.534	67	4.604	35.745	27

Maintenance Expenditure pre e post renovation		Results			
g	h	g-h	(c-e)+(g-h)	[(c-e)+(g-h)] / (c+g)	b/[(c-e)+(g-h)]
Maintenance Expenditure - Before renovation (€/year)	Maintenance Expenditure - Post renovation (€/year)	Maintenance Saving (€/year)	Savings (Energy and Maintenance) (€/year)	Savings € (Energy and Maintenance) % yearly	PayBackPeriod (Energy and Maintenance)
20.000	35.000	-15.000	-10.396	<0%	n.s.

Financial structure hypothesis							Results			
Equity	Senior Debt (*)	VAT Facility (**)	Subsided Funds (***)	Public Grant	Duration EPC Contract	Duration Subsides Fund	Project Payback period	Project IRR	Equity payback perod	ESCo IRR (SPV)
9%	0%	7%	25%	59%	25	15	>D	<0%	19	6%

(*) Interest rate= 5,64%; Duration= 12 y
(**) Interest rate= 4,70%; Duration= 2 y
(***) interest rate = 1,5%
"> D" the pay back is longer than analysed period

INFORMACIÓN ADICIONAL

INFORMACIÓN ADICIONAL

Publicaciones internacionales y páginas web

- **BPIE,** *Scaling up deep energy renovations - unleashing the potential through innovation & industrialisation***,** published in October 2016.
  http://bpie.eu/wp-content/uploads/2016/11/BPIE_i24c_deepretrofits.pdf

- **BPIE,** *Renovation in practice,* published in December 2015.
  http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/12/Renovation-in-practice_08.pdf

- IEA Annex 61, *Business and Technical Concepts for Deep Energy Retrofit of Public Buildings,* completed project on 2016.
  http://www.iea-ebc.org/projects/ongoing-projects/ebc-annex-61/

- **ZEBRA 2020**- *nearly Zero-Energy Building Strategy 2020 – Strategies for a nearly Zero.Energy Building market transition in the European Union.*
  http://zebra2020.eu/