



D08_DOCUMENTS ON EVALUATION SUSTAINABILITY OF THE STRATEGIES

To make a complete assessment of the benefits of a strategy of energy rehabilitation is appropriate to consider several indicators that go beyond the purely energetic results. Aspects such as embedded energy, CO₂ emissions, life cycle analysis, economic investments, duration of the rehabilitation works or evacuation needs are aspects that have been considered for a complete evaluation of the various strategies analyzed.

GOBIERNO DE EXTREMADURA

Consejería de Fomento, Vivienda,
Ordenación del Territorio y Turismo

Dirección General de Arquitectura y Vivienda



Proyecto Cofinanciado por el Programa **Life** de la Comunidad Europea





ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN	3
2.1.	Normativa utilizada.....	3
2.2.	Marco General	3
2.3.	Método de cálculo	4
2.3.1.	Especificación del equivalente funcional.....	4
2.3.2.	Periodo de estudio de referencia.....	5
2.3.3.	Justificación de los límites del sistema considerados	5
3.	INDICADORES: PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO, PUNTUACIÓN Y PONDERACIÓN	7
3.1.	Indicadores ambientales	7
3.1.1.	I.1: Consumo energético de fabricación de materiales	8
3.1.1.1.	I.2: Consumo energético del edificio.....	9
3.1.1.2.	I.3: Emisiones de CO ₂	10
3.2.	Indicadores económicos.....	11
3.2.1.	I.4: Coste de la inversión de rehabilitación.....	12
3.2.2.	I.5: Coste de la factura energética del edificio.....	13
3.2.3.	I.6: Coste del mantenimiento y reposición.....	14
3.3.	Indicadores sociales	15
3.3.1.	I.7: Comportamiento térmico del edificio	15
3.3.2.	I.8: Interferencia o desalojo.....	16
3.3.3.	I.9: Duración de las obras	17
	ANEXO 1: TABLA RESUMEN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD.....	18
	ANEXO 2: TABLA RESUMEN DE PARÁMETROS DE LAS ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN NECESARIOS PARA LA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD. ESTRATEGIAS PASIVAS.....	20
	ANEXO 3: TABLA RESUMEN DE PARÁMETROS DE LAS ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN NECESARIOS PARA LA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD. ESTRATEGIAS ACTIVAS	23
	ANEXO 4: PRECIOS DE LA ENERGÍA Y FACTORES DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA FINAL A EMISIONES DE CO ₂ ...	26

1. INTRODUCCIÓN

A la hora de evaluar las bondades de una estrategia de rehabilitación energética es conveniente tener en cuenta varios indicadores que van más allá de los resultados puramente energéticos. Aspectos como la energía embebida, emisiones de CO₂, análisis de ciclo de vida, inversiones económicas y de mantenimiento o duración de las obras de rehabilitación y necesidades de desalojo son aspectos que se han tenido en cuenta para obtener una valoración completa de las diferentes estrategias analizadas.

2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN

2.1. Normativa utilizada

- UNE-EN 15978 de mayo de 2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios. Métodos de cálculo.
- UNE-EN 15643-1 de noviembre de 2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 1: Marco general.
- UNE-EN 15643-2 de noviembre de 2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 2: Marco para la evaluación del comportamiento ambiental.
- UNE-EN 15643-3 de noviembre de 2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 3: Marco para la evaluación del comportamiento social.
- UNE-EN 15643-4 de noviembre de 2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 4: Marco para la evaluación del comportamiento económico.
- UNE-EN 15804 de febrero 2013. Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de productos básicas para productos de construcción.
- Código Técnico de la Edificación-CTE, Documento Básico de Ahorro Energético DB-HE1. Limitación de la demanda energética, modificado en septiembre de 2013 Evaluación de la sostenibilidad de estrategias pasivas

2.2. Marco General

La norma europea UNE-EN 15643-1 proporciona el marco general para realizar una evaluación de la sostenibilidad en edificios utilizando el enfoque de ciclo de vida. Siguiendo este "marco general" se establecen las bases sobre las que se asienta esta metodología, que supone: previa determinación del equivalente funcional; establecer el periodo de estudio; establecer cuales son los límites de la información y escenarios que permitirán la comparación de resultados.

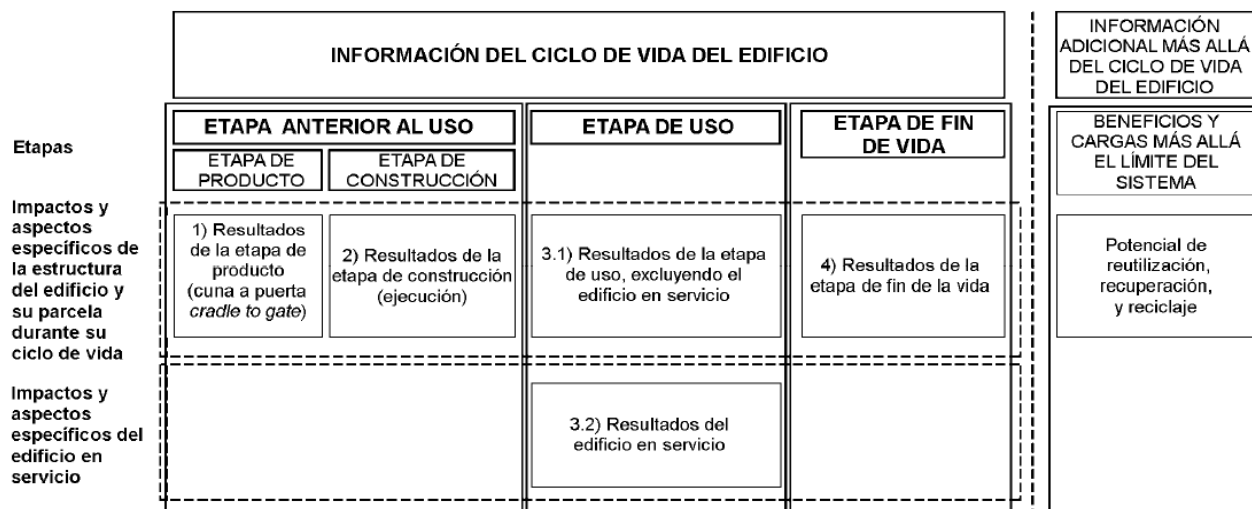


Figura 1. Organización del resultado de la evaluación en función de las fases del ciclo de vida y los grupos de información. (Norma UNE-EN 15643-1).

2.3. Método de cálculo

La norma UNE-EN 15978 establece el método de cálculo para realizar la evaluación de sostenibilidad del edificio en función cual sea el objeto de estudio. Teniendo en cuenta que el objeto de estudio es comparar la sostenibilidad de diferentes actuaciones de rehabilitación energética, se describen a continuación las consideraciones de partida:

2.3.1. Especificación del equivalente funcional

La evaluación de sostenibilidad debe usar la misma base de comparación o equivalente funcional.

En la metodología desarrollada se plantean dos niveles de equivalente funcional:

- A nivel de Estrategia: la base de comparación es el m² de envolvente rehabilitada, se comparan impactos asociados al m² de cada estrategia pasiva de rehabilitación.
- A nivel de Edificio: la base de comparación es el edificio objeto de la rehabilitación, se comparan impactos antes y después de la rehabilitación.

Teniendo en cuenta estos dos niveles, las especificaciones del equivalente funcional, o base de comparación, son:

- unidad de referencia: 1 m² superficie habitable acondicionada
- ubicación: Extremadura
- zona climática: C4
- tipo de edificio: residencial existente
- parte del edificio a evaluar: envolvente rehabilitada
- periodo de construcción: anterior al 2006

2.3.2. Periodo de estudio de referencia

La evaluación se lleva a cabo sobre la base de un periodo de estudio de referencia determinado. En los cálculos estructurales para obras de edificación el periodo contemplado debe ser mayor de 50 años. Sin embargo muchos de los edificios residenciales existentes han superado ya, o están próximos a superar ese periodo. Por lo tanto, e independientemente de la resistencia o estabilidad estructural del edificio, para esta evaluación centrada en la envolvente térmica el periodo de vida útil considerado es de 50 años.

- periodo de estudio: 50 años

2.3.3. Justificación de los límites del sistema considerados

El límite del sistema determina los procesos y etapas que se consideran para el objeto de la evaluación. Para un edificio nuevo, el límite del sistema incluiría el ciclo de vida completo del edificio, desde la etapa de fabricación de componentes, construcción, uso y fin de vida o demolición. Para un edificio existente (o una parte del mismo, como es su envolvente térmica), el límite del sistema incluye las etapas que representan la vida útil restante y la etapa de fin de vida.

En esta metodología se toma como criterio establecer un periodo de estudio común que represente la vida útil restante del edificio, de 50 años.

La siguiente figura ilustra la organización de diferentes módulos de información utilizados para la evaluación del edificio. Corresponde a la estructura modular de las Declaraciones Ambientales de Producto – DAP para los productos, procesos y servicios de construcción de acuerdo con la Norma EN 15804.

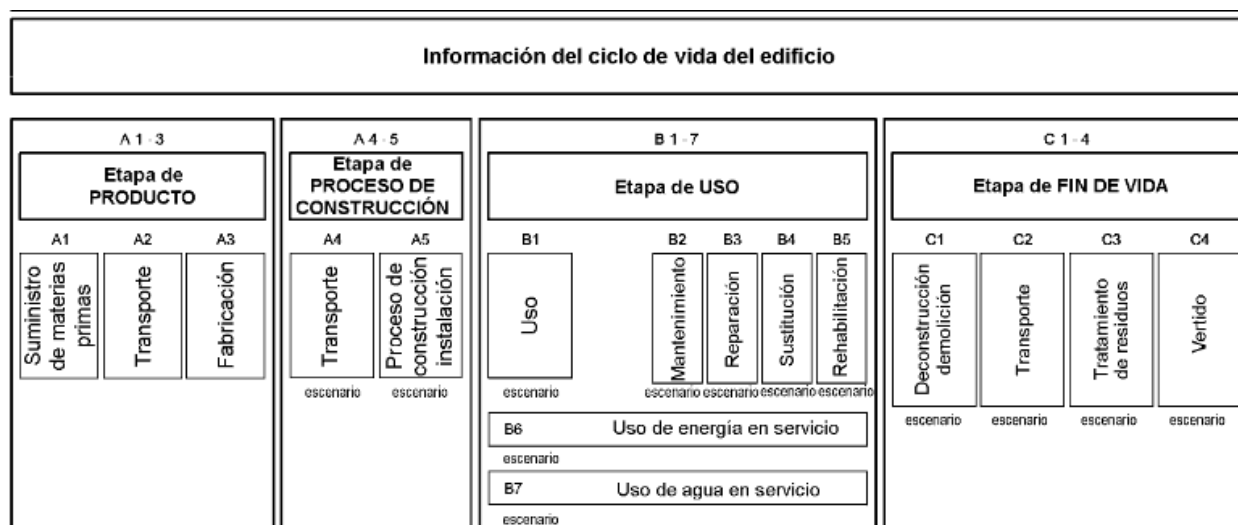


Figura 2. Esquema de los módulos de información para las diferentes etapas de la evaluación del edificio

Al tratarse de evaluar y comparar actuaciones de rehabilitación aplicadas a edificios residenciales ocupados, la evaluación analiza la etapa de uso y explotación del edificio. Los módulos de información incluidos en la fase de uso y explotación del edificio son los que van desde la etapa **B1** a la **B6**. Se describen a continuación los límites establecidos por la norma para cada uno de ellos. También se justifica si se han considerado o no en la metodología propuesta.

- Límite del Módulo B1: **Productos instalados en uso**

Según la norma, engloba los impactos generados por sustancias peligrosas o tóxicas presentes en componentes y productos instalados en el edificio (según las normas CEN/TC 351).

No se considera este módulo en la metodología simplificada porque no se incluyen sustancias tóxicas ni peligrosas en la rehabilitación.

- Límite del Módulo B2: **Mantenimiento**

Según la norma, engloba las actividades de producción y transporte de los componentes y productos auxiliares utilizados para el mantenimiento durante la vida útil del edificio (Ej.: barnizado de puertas, limpieza de canalones, pintado de carpinterías).

No se considera este módulo en la metodología simplificada porque el mantenimiento del edificio en su conjunto no es el objeto de la evaluación comparativa. Sí se considera dentro del Módulo B5. Rehabilitación, referido al mantenimiento asociado a la estrategia evaluada.

- Límite del Módulo B3: **Reparación**

Según la norma, engloba procesos de reparación de componentes durante la etapa de uso del edificio (Ej.: rotura de un vidrio, o de un toldo).

No se considera este módulo en la metodología simplificada porque la reparación de daños de componentes durante la vida útil del edificio en su conjunto no es objeto de la evaluación comparativa de estrategias pasivas.

- Límite para el Módulo B4: **Sustitución**

Según la norma, incluye la producción y transporte de componentes sustituidos, el proceso de sustitución y gestión de los residuos de componentes eliminados (Ej.: sustitución de una moqueta al final de su vida útil por otra moqueta nueva).

No se considera este módulo en la metodología simplificada porque la sustitución de componentes del edificio en su conjunto no es el objeto de la evaluación comparativa. Sí se considera dentro del Módulo B5. Rehabilitación, referido a la sustitución parcial de componentes asociados a la estrategia evaluada.

- Límite para el Módulo B5: **Rehabilitación**

Según la norma, este módulo incluye el mantenimiento, reparación y/o sustitución de una parte significativa del edificio:

- La etapa de fabricación de los componentes nuevos del edificio
- Su etapa de transporte de componentes a la obra
- La etapa de construcción / rehabilitación
- La etapa de gestión de los residuos generados como consecuencia de la rehabilitación
- La etapa de fin de vida de los componentes del edificio sustituidos

Sí se considera este módulo en la metodología. Los límites de los procesos asociados a la rehabilitación incluyen actividades y productos para el mantenimiento y/o sustitución de componentes de la estrategia pasiva a evaluar-comparar.

- Límite para el Módulo B6: **Uso de Energía para el funcionamiento del edificio**

Según la norma, incluye en uso de energía para el funcionamiento de los sistemas de calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación, ACS, y otros automatismos (seguridad, domótica, TIC, etc).

Sí se considera este módulo en la metodología. Concretamente se considera el consumo de energía para cubrir las necesidades de calefacción, refrigeración y ACS de edificios residenciales.

3. INDICADORES: PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO, PUNTUACIÓN Y PONDERACIÓN

En base a los límites de cálculo establecidos en el apartado anterior, se relacionan los indicadores ambientales, económicos y sociales considerados en la metodología desarrollada para la evaluación de estrategias:

- Descripción del indicador y de sus límites de información según los módulos descritos en el apartado anterior;
- Las fuentes de información y procedencia de los datos utilizados;
- Las unidades de medida que permiten cuantificar cada uno de estos indicadores;
- El procedimiento de cálculo según si la base de comparación (o equivalente funcional) es a nivel de estrategia (por m²) y a nivel de edificio (según el modelo a evaluar).
- Criterio de puntuación: La puntuación de los impactos será de 0-10 puntos.
- Ponderación del impacto: La evaluación de sostenibilidad ofrecerá tres puntuaciones, una para cada conjunto de impactos (ambientales, económicos y sociales). Los indicadores incluidos en cada conjunto se ponderarán de tal manera que la suma de todos ellos suponga un 100%.
 - Indicadores ambientales: El indicador con más peso en la ponderación es el de consumo energético del edificio, seguido de las emisiones de CO₂. La intención es valorar especialmente las reducciones importantes en el consumo energético y en las emisiones del edificio, indicadores que a su vez son los considerados en las certificaciones energéticas.
 - Indicadores económicos: El indicador con más peso en la ponderación es el relacionado con el gasto energético del edificio para valorar especialmente las disminuciones en el consumo energético del edificio tras su rehabilitación.
 - Indicadores sociales: Son indicadores con un carácter más cualitativo. En este caso se ha optado por una ponderación equitativa para los tres indicadores del grupo.

3.1. Indicadores ambientales

Los indicadores ambientales considerados en la metodología desarrollada tienen como objetivo: recopilar, cuantificar y evaluar los impactos potenciales que permitan comparar distintas actuaciones de rehabilitación de envolvente térmica de edificios residenciales, considerando la vida útil restante del edificio. Se han seleccionado de acuerdo a la norma *UNE-EN 15643-2 de noviembre de 2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 2: Marco para la evaluación del comportamiento ambiental.*

I.1: Consumo energético de fabricación de materiales

- **Descripción:** Incluye el consumo energético de fabricación de los nuevos componentes incorporados al edificio como consecuencia de la estrategia pasiva de rehabilitación. Este indicador evalúa el consumo energético necesario para producir los materiales necesarios en una determinada rehabilitación. Dentro del análisis de ciclo de vida de los materiales el consumo energético en la producción de los mismos es el más importante, si lo comparamos con la energía necesaria para su transporte o puesta en obra. Gracias a este indicador podemos hacernos una idea bastante aproximada a la realidad del consumo energético asociado a una rehabilitación en la etapa anterior al uso. Para este indicador, utilizamos la base de datos del BEDEC. Resulta extremadamente difícil obtener la energía embebida en los materiales de una instalación térmica (Estrategias activas) debido a la infinidad de fabricantes y modelos, además de las múltiples posibilidades de recorridos de instalaciones. Ante la imposibilidad de obtener unos datos mínimamente veraces de este indicador para estrategias activas, se opta por no considerarlo en este tipo de estrategias. Este indicador estaría dentro del módulo de información B5. Rehabilitación.
- **Fuentes:** Para cuantificar el valor de este indicador, y ante la inexistencia de una base de datos española que recopile información ambiental de fabricación de materiales, se toma como fuente de información la base de datos de materiales de construcción BEDEC, elaborada por el Instituto Tecnológico de la Construcción de Cataluña. Esta base de datos recopila información sobre el consumo energético de fabricación de materiales a partir de bases de datos europeas como Ecoinvent, Gabi y SimaPro. Está disponible en Internet en el enlace: <http://itec.cat/noubedec.e/bedec.aspx>
- **Procedimiento de cálculo:** El valor del indicador se obtiene de multiplicar la superficie total de envolvente rehabilitada por la energía en los materiales utilizados por m².

$$I_1 = S_{Treh} \cdot E_E$$

- S_{Treh} : Superficie Total Rehabilitada (m²)
- E_E : Energía embebida en materiales (kWh/m²)
- **Unidad:** kWh
- **Criterio de puntuación: 0-10 ptos.** El proyecto Edea-Renov ha analizado un conjunto de estrategias de rehabilitación energética de las que ha obtenido unos resultados de energía embebida que son necesarios para el cálculo de este indicador. Para poder ofrecer una puntuación a este indicador nos centraremos en el conjunto de estrategias analizado por el proyecto. Así, la estrategia con un valor más elevado de este indicador obtendrá 0 puntos y la estrategia con el menor valor obtendrá 10 puntos. Para puntuar el resto de estrategias se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Puntuación } I_1 = [(I_{1\text{mayor}} - I_{1\text{estrategia}}) / (I_{1\text{mayor}} - I_{1\text{menor}})] \cdot 10$$

- **Ponderación del indicador: 20%**

3.1.1. I.2: Consumo energético del edificio

- **Descripción:** Incluye el consumo energético anual que se requiere para calefactar el edificio en invierno y refrigerarlo en verano como consecuencia de la estrategia pasiva de rehabilitación. También incluye el consumo energético de iluminación. Este indicador estaría dentro del módulo de información B6. Uso durante el funcionamiento del edificio.
- **Fuentes:** Para cuantificar el valor de este indicador, se utilizan los resultados de consumos energéticos de energía final, obtenidos mediante software para la realización de simulaciones energéticas a partir del modelado del edificio, antes y después de la rehabilitación.
- **Unidad:** kWh
- **Procedimiento de cálculo:** El valor del indicador se obtiene de sumar los consumos de energía final de calefacción, refrigeración, ACS e iluminación. El valor obtenido se multiplicará por 50 (años de vida útil del edificio).

$$I_2 = (C_{EF\text{ Cal}} + C_{EF\text{ Ref}} + C_{EF\text{ ACS}} + C_{EF\text{ Ilu}}) \cdot S_U \cdot 50$$

- $C_{EF\text{ Cal}}$: Consumo de energía final de Calefacción (kWh/m²año)
 - $C_{EF\text{ Ref}}$: Consumo de energía final de Refrigeración (kWh/m²año)
 - $C_{EF\text{ ACS}}$: Consumo de energía final de Agua Caliente Sanitaria (kWh/m²año)
 - $C_{EF\text{ Ilu}}$: Consumo de energía final de Iluminación (kWh/m²año)
 - S_U : Superficie útil de la vivienda (m²)
- **Criterio de puntuación: 0-10 pts.** Este indicador analiza el consumo de energía final obtenido con la estrategia de rehabilitación. Para puntuar las estrategias será necesario conocer el consumo de energía de la vivienda en su estado inicial y un valor de consumo de energía óptimo que se ha fijado en 0kWh/m² ($I_{2\text{ Óptimo}} = 0$). Para calcular la puntuación se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Puntuación } I_2 = [(I_{2\text{ Estado Inicial}} - I_{2\text{ Estrategia}}) / (I_{2\text{ Estado Inicial}} - I_{2\text{ Óptimo}})] \cdot 10$$

- **Ponderación del indicador: 45%**

3.1.2. I.3: Emisiones de CO₂

- **Descripción:** Este indicador se fija en las emisiones de CO₂ debidas a los consumos energéticos del edificio durante su vida útil después de la rehabilitación. Este indicador estaría dentro del módulo de información B6. Uso durante el funcionamiento del edificio.
- **Fuentes:** Para cuantificar este indicador utilizaremos los resultados de consumo energético de energía final obtenidos mediante simulación energética, multiplicados por los factores de conversión de energía final a emisiones de CO₂ actualizados periódicamente por el Instituto para la diversificación y ahorro de energía (IDAE).
- **Unidad:** kg CO₂
- **Procedimiento de cálculo:** El valor del indicador se obtiene multiplicando cada uno de los consumos de energía final calculados (Calefacción, refrigeración, ACS e iluminación) por sus factores de conversión correspondiente que depende del combustible utilizado por cada equipo generador. El resultado se multiplicará por 50 (años de vida útil del edificio).

$$I_3 = [(C_{EF\ Cal} \cdot FC_{CO_2\ cal} + C_{EF\ Ref} \cdot FC_{CO_2\ Ref} + C_{EF\ ACS} \cdot FC_{CO_2\ ACS} + C_{EF\ Ilu} \cdot FC_{CO_2\ Ilu})] \cdot 50$$

- FC_{CO₂ Cal}: Factor de conversión a emisiones de CO₂ (Calefacción)
 - FC_{CO₂ Ref}: Factor de conversión a emisiones de CO₂ (Refrigeración)
 - FC_{CO₂ ACS}: Factor de conversión a emisiones de CO₂ (Agua Caliente Sanitaria)
 - FC_{CO₂ Ilu}: Factor de conversión a emisiones de CO₂ (Iluminación)
- **Criterio de puntuación: 0-10 ptos.** Este indicador analiza las emisiones de CO₂ asociadas con la estrategia de rehabilitación. Para puntuar las estrategias será necesario conocer las emisiones de CO₂ de la vivienda en su estado inicial y un valor de emisiones de CO₂ óptimo que se ha fijado en 0 kg de CO₂ (I₃ Óptimo = 0). Para calcular la puntuación se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Puntuación } I_3 = [(I_3 \text{ Estado Inicial} - I_3 \text{ Estrategia}) / (I_3 \text{ Estado Inicial} - I_3 \text{ Óptimo})] \cdot 10$$

- **Ponderación del indicador: 35%**



3.2. Indicadores económicos

Los indicadores económicos considerados en la metodología desarrollada tienen como objetivo: recopilar, cuantificar y evaluar los impactos potenciales que permitan comparar distintas actuaciones de rehabilitación de envolvente térmica de edificios residenciales, considerando la vida útil restante del edificio. Se han seleccionado de acuerdo a la norma *UNE-EN 15643-4 de noviembre de 2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 4: Marco para la evaluación del comportamiento económico.*

3.2.1. I.4: Coste de la inversión de rehabilitación

- **Descripción:** Este indicador incluye el coste económico que supone la implementación constructiva de la estrategia de rehabilitación en el edificio. Este indicador estaría dentro del módulo de información B5. Rehabilitación.
- **Fuente:** Incluye la valoración de las posibles actuaciones previas necesarias (Ej.: levantamiento de carpintería existente), el precio de los nuevos componentes de la estrategia y su puesta en obra. La principal fuente de información considerada para la obtención de este dato es la Base de Precios elaborada por el Gobierno de Extremadura de 2012. A la hora de cuantificar económicamente algunas estrategias (tanto activas como pasivas) ha sido necesario la utilización de otras fuentes como el generador de precios de la construcción de CYPE. Se han tenido en cuenta también precios de mercado de obras reales llevadas a cabo dentro del proyecto Edea-Renov.
- **Unidad:** Euro (€)

Procedimiento de cálculo: El valor del indicador se obtiene de multiplicar la superficie total de envolvente rehabilitada por el precio de las estrategias pasivas obtenido por m^2 sin IVA. Para el cálculo de precios de las estrategias activas se ha tenido en cuenta dos parámetros:

- Precio de los equipos generadores de energía: en función de diferentes escalones de potencia. Los precios no incluirán IVA.
- Precio de las unidades terminales que en su caso haya que implementar: en función de los m^2 de vivienda acondicionados. Los precios no incluirán IVA.

$$I_4 = [S_{Treh} \cdot P_D] + [(P_E + (P_U \cdot S_U))]$$

- P_D : Precio Descompuesto (€/m²)
 - P_E : Precio Equipos (€/m²) (solo estrategias activas)
 - P_U : Precio Unidades terminales (€/m²)
 - S_U : Superficie útil de la vivienda (m²)
 - S_{Treh} : Superficie Total Rehabilitada (m²)
- **Criterio de puntuación: 0-10 pts.** Para poder ofrecer una puntuación a este indicador nos centraremos en el conjunto de estrategias analizado por el proyecto. Así, la estrategia con un valor más elevado de este indicador obtendrá 0 puntos y la estrategia con el menor valor obtendrá 10 puntos. Para puntuar el resto de estrategias se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Puntuación } I_4 = [(I_{4 \text{ mayor}} - I_{4 \text{ estrategia}}) / (I_{4 \text{ mayor}} - I_{4 \text{ menor}})] \cdot 10$$

- **Ponderación del indicador: 35%**

3.2.2. I.5: Coste de la factura energética del edificio

- **Descripción:** Este indicador incluye el coste que tendrá la factura energética de calefacción, refrigeración, ACS e iluminación durante la vida útil del edificio una vez se haya implementado la estrategia de rehabilitación. Este indicador estaría dentro del módulo de información B6. Uso durante el funcionamiento del edificio.
- **Fuente:** Informe de precios energéticos: combustibles y carburantes: Marzo de 2014. IDAE Secretaria General. Departamento de Planificación y Estudios.
- **Unidad:** Euro (€)
- **Procedimiento de cálculo:** Los valores de consumo energético obtenidos para calefacción, refrigeración, ACS e iluminación se multiplicarán por los respectivos precios de la energía en función del combustible utilizado. El valor obtenido se multiplicará por 50 (años de vida útil del edificio). Los precios no incluirán IVA.

$$I_5 = [(C_{EF\ Cal} \cdot P_{cal} + C_{EF\ Ref} \cdot P_{Ref} + C_{EF\ ACS} \cdot P_{ACS} + C_{EF\ Ilu} \cdot P_{Ilu})] \cdot 50$$

- P_{Cal} : Precio del consumo energético de calefacción (€/kWh) (Depende del combustible)
 - P_{Ref} : Precio del consumo energético de refrigeración (€/kWh) (Depende del combustible)
 - P_{ACS} : Precio del consumo energético de ACS (€/kWh) (Depende del combustible)
 - P_{Ilu} : Precio del consumo energético de iluminación (€/kWh) (Electricidad)
- **Criterio de puntuación: 0-10 ptos.** Este indicador analiza los costes económicos debidos a consumo de energía después de la rehabilitación. Para puntuar las estrategias será necesario conocer los consumos energéticos de la vivienda en su estado inicial y un valor de costes de consumo energético óptimos que se ha fijado en 0 € ($I_5\ Óptimo = 0$). Para calcular la puntuación se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Puntuación } I_5 = [(I_5\ \text{Estado Inicial} - I_5\ \text{Estrategia}) / (I_5\ \text{Estado Inicial} - I_5\ \text{Óptimo})] \cdot 10$$

- **Ponderación del indicador: 50%**

3.2.3. I.6: Coste del mantenimiento y reposición

- **Descripción:** Este indicador incluye el coste económico que tendrán las actividades de mantenimiento y reposición de componentes necesaria durante la vida útil del edificio. Para cuantificar este indicador, se considera el coste de reposición y de las actividades de mantenimiento en función de la periodicidad del mantenimiento de cada sistema constructivo y la vida útil del edificio. Este indicador estaría dentro del módulo de información B5. Rehabilitación.
- **Fuente:**
 - “Fichas de Mantenimiento del Edificio. Elaborados por el ITEC, en 1991”.
 - Generador de precios de la construcción (CYPE)
- **Unidad:** Euro (€)
- **Procedimiento de cálculo:**
 - **Estrategias pasivas:** Se obtendrá sumando los valores de mantenimiento obtenidos para cada estrategia y multiplicando por las superficies rehabilitadas.
 - **Estrategias activas:** Será el resultado de la suma de los diferentes costes de mantenimiento obtenidos para cada estrategia activa implementada.

$$I_6 = [S_{Treh} \cdot C_M] + [C_{MEq} + (C_{MUT} \cdot S_U)]$$

- C_M : Coste de mantenimiento (€/m²) (Estrategias pasivas)
 - C_{MEq} : Coste de mantenimiento de equipos (€/m²) (Estrategias activas)
 - C_{MUT} : Coste de mantenimiento de unidades terminales (€/m²) (Estrategias activas)
 - S_U : Superficie útil de la vivienda (m²)
 - S_{Treh} : Superficie Total Rehabilitada (m²)
- **Criterio de puntuación: 0-10 ptos.** El proyecto Edea-Renov ha analizado un conjunto de estrategias de rehabilitación energética de las que ha obtenidos los costes de mantenimiento y reposición necesarios. Para poder ofrecer una puntuación a este indicador nos centraremos en el conjunto de estrategias analizado por el proyecto. Así, la estrategia con un valor más elevado de este indicador obtendrá 0 puntos y la estrategia con el menor valor obtendrá 10 puntos. Para puntuar el resto de estrategias se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Puntuación } I_6 = [(I_6 \text{ mayor} - I_6 \text{ estrategia}) / (I_6 \text{ mayor} - I_6 \text{ menor})] \cdot 10$$

- **Ponderación del indicador: 15%**

3.3. Indicadores sociales

Los indicadores sociales considerados en la metodología desarrollada tienen como objetivo: evaluar los impactos potenciales que permitan comparar distintas actuaciones de rehabilitación de envolvente térmica de edificios residenciales, considerando la vida útil restante del edificio. Se han seleccionado de acuerdo a la norma *UNE-EN 15643-3 de noviembre de 2012. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 4: Marco para la evaluación del comportamiento social.*

La evaluación social, se diferencia de la ambiental o económica en que requiere un enfoque a la vez cualitativo y cuantitativo. Al no disponer de datos cuantitativos que permitan evaluar cada estrategia, se utilizarán criterios que hagan que el enfoque cualitativo sea cuantificable.

3.3.1. I.7: Comportamiento térmico del edificio

- **Descripción:** Este indicador refleja la mejora en el confort de la vivienda gracias a la reducción de la demanda energética del edificio, lo cual influirá en el confort y salud de los usuarios. Este indicador depende del tipo de edificio y su estado previo a la rehabilitación (año de construcción, tamaño de huecos, etc.). Este indicador estaría dentro del módulo de información B6. Uso durante el funcionamiento del edificio.
- **Fuente:** Se utilizarán datos de demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio obtenidos mediante simulación energética.
- **Unidad:** % de mejora respecto a la situación inicial
- **Procedimiento de cálculo:** Se obtendrá el porcentaje de mejora en demanda energética total respecto a la situación inicial obtenida con la rehabilitación energética.

$$I_7 = [(D_{Ti} - D_{Tf}) / D_{Ti}] \cdot 100$$

- D_{Ti} : Demanda energética total del estado inicial de la vivienda (kWh/m²)
- D_{Tf} : Demanda energética total del estado final de la vivienda (kWh/m²)
- **Criterio de puntuación: 0-10 ptos.** Se fija un intervalo de porcentajes de ahorro para dar la puntuación máxima y mínima:
 - **0% ahorro** —————> **0 ptos**
 - **>80% ahorro** —————> **10 ptos**

Partiendo de este intervalo, para obtener la puntuación del indicador se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Puntuación } I_7 = [(I_{7 \text{ estrategia}} \cdot 10) / 80]$$

- **Ponderación del indicador: 33,3%**

3.3.2. I.8: Interferencia o desalojo

- **Descripción:** Este indicador refleja si la puesta en obra de la estrategia de rehabilitación requiere o no intervenir desde el interior de la vivienda, lo cual afectaría al funcionamiento normal de la misma ocasionando cargas a los usuarios. Este indicador estaría dentro del módulo de información B5. Rehabilitación.
 - **Fuente:** Elaboración propia
 - **Unidad:** Indicador cualitativo adimensional.
 - **Procedimiento de cálculo:** Se establecen tres niveles de interferencia en la vivienda sobre la que se actuará.
 - **Nivel 1:** Obras por el exterior de la vivienda
 - **Nivel 2:** Obras por el interior de la vivienda
 - **Nivel 3:** Obras que suponen desalojo de la vivienda
 - **Criterio de puntuación: 0-10 ptos.** La puntuación se obtiene según los niveles anteriormente descritos:
 - **Nivel 1:** 10 ptos
 - **Nivel 2:** 5 ptos
 - **Nivel 3:** 0 ptos
 - **Ponderación del indicador: 33,3%**
-

3.3.3. I.9: Duración de las obras

- **Descripción:** Este indicador refleja la duración de la puesta en obra de la estrategia de rehabilitación, lo cual afectará al funcionamiento normal de la vivienda ocasionando cargas a los usuarios. Este indicador estaría dentro del módulo de información B5. Rehabilitación.
- **Fuente:** A la hora de cuantificar el tiempo necesario para ejecutar algunas estrategias (tanto activas como pasivas) se ha optado por usar la base de precios de Extremadura, aunque también ha sido necesario la utilización de otras fuentes como el generador de precios de la construcción de CYPE.
- **Unidad:** nº de horas
- **Procedimiento de cálculo:** Para calcular este indicador se utilizarán los precios descompuestos de los diferentes trabajos necesarios para llevar a cabo una estrategia de rehabilitación. En los precios descompuestos aparece el número de horas necesarias para llevar a cabo una determinada estrategia. Teniendo en cuenta que habitualmente pueden estar trabajando varios operarios a la vez, se considera el número de horas más altos de los diferentes operarios que participan en cada estrategia de rehabilitación.

$$I_9 = [(D_{Ti} - D_{Tf}) / D_{Ti}] \cdot 100$$

- **Criterio de puntuación: 0-10 pts.** El proyecto Edea-Renov ha analizado un conjunto de estrategias de rehabilitación energética de las que ha obtenidos los tiempos necesarios para la ejecución de las mismas. Para poder ofrecer una puntuación a este indicador nos centraremos en el conjunto de estrategias analizado por el proyecto. Así, la estrategia con un valor más elevado de este indicador obtendrá 0 puntos y la estrategia con el menor valor obtendrá 10 puntos. Para puntuar el resto de estrategias se utilizará la siguiente fórmula:

$$I_9 = S_{Treh} \cdot T_{obra}$$

- S_{Treh} : Superficie Total Rehabilitada (m^2)
 - T_{obra} : Tiempo de duración de la obra (horas/ m^2)
- **Ponderación del indicador: 33,3%**



ANEXO 1: TABLA RESUMEN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

Se adjunta tabla resumen de indicadores de sostenibilidad que incluye:

- Grupo de indicadores
- Nombre del indicador
- Unidad de medida
- Fórmula de cálculo
- Datos necesarios para el cálculo
- Fuentes necesarias
- Puntuación
- Ponderación
- Comentarios

TIPO	Nº	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	FÓRMULA	DATOS NECESARIOS	FUENTES	PUNTUACIÓN	PONDERACIÓN	COMENTARIOS
INDICADORES AMBIENTALES	1	Consumo energético de fabricación de materiales	kWh	$I_1 = S_{Treh} \cdot E_E$	S_{Treh} : Superficie Total rehabilitada (m ²) E_E : Energía embebida en los materiales utilizados (kWh/m ²)	Simulación energética BEDEC	0-10 pts $[(I_{1mayor} - I_{1estrategia}) / (I_{1mayor} - I_{1menor})] \cdot 10$	20%	Para este indicador, utilizaremos la base de datos del BEDEC. Resulta difícil obtener la energía embebida en los materiales de una instalación térmica (Estrategias activas) debido a la infinidad de fabricantes y modelos, además de las múltiples posibilidades de recorridos de instalaciones.
	2	Consumo Energético del edificio	kWh	$I_2 = (C_{EF\ cal} + C_{EF\ Ref} + C_{EF\ ACS} + C_{EF\ Ilu}) \cdot S_U \cdot 50 \text{ años}$	$C_{EF\ ref}$: Consumo de energía final de refrigeración (kWh/m ² año) $C_{EF\ cal}$: Consumo de energía final de calefacción (kWh/m ² año) $C_{EF\ ACS}$: Consumo de energía final de ACS (kWh/m ² año) $C_{EF\ Ilu}$: Consumo de energía final de iluminación (kWh/m ² año) S_U : Superficie útil de la vivienda (m ²)	Simulación energética Simulación energética Simulación energética Simulación energética	0-10 pts $[(I_{2Estado\ Inicial} - I_{2estrategia}) / (I_{2Estado\ Inicial} - I_{2Optimo})] \cdot 10$	45%	Los datos de consumos de energía final se obtienen mediante simulaciones energética. $I_{2Estado\ Inicial}$: Utilizar los valores de consumo de energía final obtenidos para el estado inicial del edificio $I_{2Optimo}$: 0 kWh
	3	Emissiones de CO ₂	Kg CO ₂	$I_3 = [(C_{EF\ cal} \cdot FC_{CO2\ cal}) + (C_{EF\ ref} \cdot FC_{CO2\ Ref}) + (C_{EF\ ACS} \cdot FC_{CO2\ ACS}) + (C_{EF\ Ilu} \cdot FC_{CO2\ Ilu})] \cdot 50 \text{ años}$	$C_{EF\ ref}$: Consumo de energía final de refrigeración (kWh/m ² año) $C_{EF\ cal}$: Consumo de energía final de calefacción (kWh/m ² año) $C_{EF\ ACS}$: Consumo de energía final de ACS (kWh/m ² año) $C_{EF\ Ilu}$: Consumo de energía final de iluminación (kWh/m ² año) $FC_{CO2\ Ref}$: Factor de conversión a emisiones de CO ₂ (Combustible de refrigeración) $FC_{CO2\ cal}$: Factor de conversión a emisiones de CO ₂ (Combustible de calefacción)	Simulación energética Simulación energética Simulación energética Simulación energética Factores de conversión IDAE Factores de conversión IDAE	0-10 pts $[(I_{3Estado\ Inicial} - I_{3estrategia}) / (I_{3Estado\ Inicial} - I_{3Optimo})] \cdot 10$	35%	Utilizaremos los factores de conversión de emisiones de CO ₂ de IDAE $I_{3Estado\ Inicial}$: Utilizar los valores de consumo de energía final obtenidos para el estado inicial del edificio $I_{3Optimo}$: 0 kgCO ₂
INDICADORES ECONÓMICOS	4	Coste de la inversión de rehabilitación	€	$I_4 = S_{Treh} \cdot P_D$	S_{Treh} : Superficie Total rehabilitada (m ²) P_D : Precio descompuesto (€/m ²)	Simulación energética Base de precios Gobierno de Extremadura	0-10 pts $[(I_{4mayor} - I_{4estrategia}) / (I_{4mayor} - I_{4menor})] \cdot 10$	35%	Se utiliza principalmente la base de precios de GOBEX. También se han usado otras fuentes como el Generador de Precios de CYPE y precios reales de obras del proyecto EDEA-Renov
	5	Coste de la factura energética del edificio	€	$I_5 = [(C_{EF\ ref} \cdot P_{ref}) + (C_{EF\ cal} \cdot P_{cal}) + (C_{EF\ ACS} \cdot P_{ACS}) + (C_{EF\ Ilu} \cdot P_{Ilu})] \cdot 50 \text{ años}$	$C_{EF\ ref}$: Consumo de energía final de refrigeración (kWh/m ² año) $C_{EF\ cal}$: Consumo de energía final de calefacción (kWh/m ² año) $C_{EF\ ACS}$: Consumo de energía final de ACS (kWh/m ² año) $C_{EF\ Ilu}$: Consumo de energía final de iluminación (kWh/m ² año) P_{ref} : Precio consumo de calefacción (€/kWh) P_{cal} : Precio consumo de refrigeración (€/kWh)	Simulación energética Simulación energética Simulación energética Simulación energética IDAE IDAE	0-10 pts $[(I_{5Estado\ Inicial} - I_{5estrategia}) / (I_{5Estado\ Inicial} - I_{5Optimo})] \cdot 10$	50%	Se utilizan los datos de precios de IDAE aportados por AGENEX. Sin impuestos. $I_{5Estado\ Inicial}$: Utilizar los valores de consumos de energía final obtenidos para el estado inicial del edificio $I_{5Optimo}$: 0 Euros
	6	Coste del mantenimiento y reposición	€	$I_6 = S_{Treh} \cdot C_M$	S_{Treh} : Superficie Total rehabilitada (m ²) C_M : Coste de mantenimiento (€/m ²)	Simulaciones Edeasim Fichas de mantenimiento del edificio ITEC Base de datos CYPE	0-10 pts $[(I_{6mayor} - I_{6estrategia}) / (I_{6mayor} - I_{6menor})] \cdot 10$	15%	Se utiliza principalmente el Generador de precios de CYPE. Tanto para activas como para pasivas.
INDICADORES SOCIALES	7	Comportamiento térmico del edificio	%	$I_7 = [(D_{Ti} - D_{Til}) / D_{il}] \cdot 100$	D_{Ti} : Demanda energética total del estado inicial del edificio (kWh/m ²) D_{Til} : Demanda energética total del edificio rehabilitado	Simulación energética	0-10 pts 0% → 0 >80% → 10	33%	Este indicador se basa en los datos de demanda energética extraídos de las simulaciones energéticas
	8	Interferencia o desalojo	-	$I_8 = \text{Nivel de interferencia}$	Establecer tres niveles de interferencia con el vecindario: Nivel 1: Obras por el exterior de la vivienda Nivel 2: Obras en el interior de la vivienda Nivel 3: Obras que suponen desalojo de la vivienda	Informes de elaboración propia	0-10 pts N1 → 10 N2 → 5 N3 → 0	33%	Se plantean tres niveles de intervención según la complejidad de la estrategia
	9	Duración de las obras	nº de horas	$I_9 = S_{Treh} \cdot T_{obra}$	S_{Treh} : Superficie Total rehabilitada (m ²) T_{obra} : Tiempo de duración de las obras (horas/m ²)	Simulación energética Base de precios Gobierno de Extremadura	0-10 pts $[(I_{9mayor} - I_{9estrategia}) / (I_{9mayor} - I_{9menor})] \cdot 10$	33%	Para el cálculo de la duración de las obras, utilizaremos la base de precios de GOBEX

ANEXO 2: TABLA RESUMEN DE PARÁMETROS DE LAS ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN NECESARIOS PARA LA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD. ESTRATEGIAS PASIVAS

Para realizar este anexo se ha utilizado el listado de estrategias pasivas estudiadas en el proyecto EEA-Renov. Para cada una de estas estrategias se han calculado los siguientes parámetros que son necesarios para elaborar la evaluación de sostenibilidad de dichas estrategias:

- Energía embebida
- Coste de inversión
- Coste de mantenimiento
- Nivel de intrusión
- Tiempo de duración de las obras

(*) Niveles de intrusión:

- 1: Nivel de intrusión 1
- 2: Nivel de intrusión 2
- 3: Nivel de intrusión 3

(**) Medidas de los elementos de sombreado de huecos

Voladizos: A/H

- A: Ancho del voladizo
- H: Altura de la ventana

Lamas: A/S

- A: Ancho de las lamas
- S: Separación entre lamas

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	CÓDIGO	ESTRATEGIAS	E _E Energía embebida (kWh/m ²)	P _D Precio descompuesto (€)	CM _{EP} Coste de mantenimiento Estrategias Pasivas (€/m ²)	N _I * Nivel de intrusión (adimensional)	T _{obra} Duración de las obras (horas/m ²)	
FACHADAS: AISLAMIENTO	P_1.1.1.A	SATE e=50mm	169,74	47,52	3,50	1	0,86	
	P_1.1.1.B	SATE e=80mm	329,66	64,85	4,00	1	0,86	
	P_1.1.2.A	Aislamiento en trasdosado interior. e=50 mm	58,07	27,85	1,50	2	0,38	
	P_1.1.2.B	Aislamiento en trasdosado interior. e=80 mm	65,49	32,63	2,50	2	0,38	
	P_1.1.3.A	Aislamiento reflexivo	91,15	44,19	0,00	2	0,31	
FACHADAS: SOMBREADO	P_1.2.1.	Vegetación de hoja caduca	37,45	3,49	4,00	1	0,40	
	P_1.2.2.A	P_1.2.2.A		50,46	5,00	1	0,25	
	P_1.2.2.B	P_1.2.2.B		50,46	5,00	1	0,25	
	P_1.2.2.C	P_1.2.2.C		50,46	5,00	1	0,25	
	P_1.2.2.D	P_1.2.2.D		50,46	5,00	1	0,25	
	P_1.2.3.	Fachada ventilada	283,24	107,28	17,00	1	1,5	
	P_1.2.4.	Fachada vegetal	282,39	362,24	84,00	1	1,55	
CUBIERTAS: AISLAMIENTO	P_2.1.1.A1	Aislamiento por el exterior en cubierta plana no transitable. e= 50 mm	69,33	49,48	17,00	1	0,42	
	P_2.1.1.A2	Aislamiento por el exterior en cubierta plana transitable. e= 50 mm	155,47	55,87	28,00	1	0,66	
	P_2.1.1.A3	Aislamiento por el exterior en Inclínada con espacio bajo-cubierta accesible. e= 50mm	51,19	4,43	0,00	2	0,05	
	P_2.1.1.A4	Aislamiento por el exterior en Inclínada con espacio bajo-cubierta no accesible. e= 50mm	420,62	42,54	0,00	1	0,47	
	P_2.1.1.A5	Aislamiento por el exterior en cubierta inclinada con forjado inclinado. e= 50 mm	252,72	52,73	0,00	1	1,15	
	P_2.1.1.B1	Aislamiento por el exterior en cubierta plana no transitable. e= 80 mm	100,04	61,00	17,00	1	0,42	
	P_2.1.1.B2	Aislamiento por el exterior en cubierta plana transitable. e= 80 mm	186,19	67,53	0,28	1	0,66	
	P_2.1.1.B3	Aislamiento por el exterior en Inclínada con espacio bajo-cubierta accesible. e= 80mm	81,90	5,89	0,00	2	0,05	
	P_2.1.1.B4	Aislamiento por el exterior en Inclínada con espacio bajo-cubierta no accesible. e= 80mm	451,33	44,00	0,00	1	0,47	
	P_2.1.1.B5	Aislamiento por el exterior en cubierta inclinada con forjado inclinado. e= 80 mm	283,43	61,61	0,00	1	1,15	
	P_2.1.2.A	Aislamiento reflexivo	313,73	62,27	29,36	2	0,79	
	P_2.1.3.A	Aislamiento interior en falso techo e=50mm	68,45	29,50	1,50	2	0,26	
	P_2.1.3.B	Aislamiento interior en falso techo e=80mm	75,87	47,00	2,50	2	0,26	
	CUBIERTAS: SOMBREADO	P_2.2.1	Cubierta Ventilada	317,38	130,50	0,45	1	0,788
		P_2.2.2.	Toldo de lona	111,53	173,98	43,50	1	0,10

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	CÓDIGO	ESTRATEGIAS	E_E Energía embebida (kWh/m ²)	P_D Precio descompuesto (€)	CM_{EP} Coste de mantenimiento Estrategias Pasivas (€/m ²)	N_I^* Nivel de intrusión (adimensional)	T_{obra} Duración de las obras (horas/m ²)
HUECOS: SUSTITUCIÓN DE VENTANAS	P_3.1.1.A	Marco RPT 4mm Vidrio doble 4/12/4	1593,42	438,49	52,92	2	3,83
	P_3.1.1.B	Marco RPT 12mm Vidrio doble 4/12/4	1593,42	510,49	66,01	2	3,83
	P_3.1.1.C	Marco RPT 12mm Vidrio doble 4/12/4 Bajo emisivo	1623,95	528,79	92,00	2	3,83
HUECOS: DOBLE VENTANA	P_3.1.2.A	Ventana exterior: Marco RPT 4 mm Vidrio sencillo (6mm)	1481,16	313,27	52,46	2	3,83
	P_3.1.2.B	Ventana exterior: Marco RPT 4 mm Vidrio doble 4/12/4	1515,64	319,48	66,01	2	3,83
	P_3.1.2.C	Ventana exterior: Marco RPT 12 mm Vidrio doble 4/12/4	1515,64	444,01	92,00	2	3,83
	P_3.1.2.D	Ventana exterior: Marco RPT 4 mm Vidrio doble 4/12/4 Bajo emisivo	1546,17	462,31	101,00	2	3,83
HUECOS: SOMBREADO	P_3.2.1.A	VOLADIZO A/H =0,5 (**)	1212,93	137,90	5,00	1	0,25
	P_3.2.1.B	VOLADIZO A/H =1 (**)	1212,93	137,90	5,00	1	0,25
	P_3.2.1.C	LAMAS VERTICALES A/S =0,2 (**)	1212,93	137,90	5,00	1	0,25
	P_3.2.1.D	LAMAS VERTICALES A/S =0,5 (**)	1212,93	137,90	5,00	1	0,25
	P_3.2.3.A	Toldo lineal 1,5m	345,82	356,50 ud.	89,00	1	1,5
	P_3.2.3.B	Toldo lineal 3m	691,63	473,89 ud.	118,50	1	1,5
	P_3.2.4.	Persianas	408,37	79,02	4,40	1	0,5
SUELOS	P_4.1.1.A	Aislamiento térmico por el exterior (bajo forjado sanitario) e=50mm	28,31	11,13	0,00	1	0,101
	P_4.1.1.B	Aislamiento térmico por el exterior (bajo forjado sanitario) e=80mm	39,36	15,76	0,00	1	0,101
	P_4.1.2.A	Aislamiento térmico por el interior e=50mm	132,41	57,73	0,00	3	0,611
	P_4.1.2.B	Aislamiento térmico por el interior e=80mm	163,13	62,52	0,00	3	0,611
	P_4.1.3.A	Aislamiento perimetral e= 50mm	132,41	18,48	0,00	1	0,151
	P_4.1.3.B	Aislamiento perimetral e= 80mm	163,13	26,84	0,00	1	0,151
OTROS	P_5.1.	Invernadero en huecos al sur	-	1300,00 ud.	19,50	2	-
	P_5.2	Chimenea solar	1807,85	6932,58 ud.	347,50	2	-

ANEXO 3: TABLA RESUMEN DE PARÁMETROS DE LAS ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN NECESARIOS PARA LA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD. ESTRATEGIAS ACTIVAS

Para realizar este anexo se ha utilizado el listado de estrategias activas estudiadas en el proyecto EEA-Renov. Para cada una de estas estrategias se han calculado los siguientes parámetros que son necesarios para elaborar la evaluación de sostenibilidad de dichas estrategias:

- Coste de inversión de equipos generadores
- Coste de mantenimiento de equipos generadores
- Coste de inversión de unidades terminales
- Coste de mantenimiento de unidades terminales
- Nivel de intrusión
- Tiempo de duración de las obras



COMBUSTIBLE	CÓDIGO	ESTRATEGIA	P _{EQUIPO}		CM _{Equipos} Coste de mantenimiento Equipos generadores (€)	Unidad Terminal	P _{U.T} Precio Unidades terminales y de distribución (€/m ²)	CM _{U.T} Coste de mantenimiento Unidades Terminales y de distribución (€/m ²)	N _I * Nivel de intrusión (adimensional)	T _{obra} Duración de las obras (horas/m ²)	
			Precio equipos generadores (€)								
BIOMASA (CALEFACCIÓN + ACS)	AC_1.1.1	Caldera de biomasa de rendimiento Standar	21	kW	11.519,51	5.183,78	AC_1.1.1.A (radiadores)	49,29	0,49	2	0,84
			60		16.849,35	7.582,21					
			80		27.500,39	12.375,18					
			101		29.515,25	13.281,86					
	AC_1.1.2	Caldera de biomasa de baja temperatura	24,9	kW	15.928,50	7.156,70	AC_1.1.2.A (radiadores)	49,29	0,49	2	0,84
						AC_1.1.2.B (fancoils)	81,60	1,79	2	1,31	
AC_1.1.3	Caldera de biomasa de condensación	25	kW	15.808,98	7.114,10	AC_1.1.3.A (radiadores)	49,29	0,49	2	0,84	
						AC_1.1.3.B (fancoils)	81,60	1,79	2	1,31	
GAS NATURAL (CALEFACCIÓN + ACS)	AC_1.2.1	Caldera de gas natural de rendimiento estándar	23,6	kW	1.434,75	1.363,01	AC_1.2.1.A (radiadores)	49,29	0,49	2	0,84
							AC_1.2.1.B (fancoils)	81,60	1,79	2	1,30
	AC_1.2.2	Caldera de gas natural de condensación	25	kW	4.486,69	4.262,36	AC_1.2.2.A (radiadores)	49,29	0,49	2	0,84
							AC_1.2.2.B (fancoils)	81,60	1,79	2	1,30
	AC_1.2.3	Caldera de gas natural de baja temperatura	52	kW	4.904,43	4.659,00	AC_1.2.3.A (radiadores)	49,29	0,49	2	0,84
AC_1.2.3.B (fancoils)							81,60	1,79	2	1,30	
GASOLEO (CALEFACCIÓN + ACS)	AC_1.3.1	Caldera de gasoleo rendimiento estándar	25	kW	2.059,34	2.265,27	AC_1.3.1.A (radiadores)	49,29	0,49	2	0,87
							AC_1.3.1.B (fancoils)	81,60	1,79	2	1,34
	AC_1.3.2	Caldera de gasoleo de condensación	22	kW	6.640,21	7.304,23	AC_1.3.2.A (radiadores)	49,29	0,49	2	0,88
							AC_1.3.2.B (fancoils)	81,60	1,79	2	1,35
	AC_1.3.3	Caldera de gasoleo de baja temperatura	21	kW	5.216,98	5.738,68	AC_1.3.3.A (radiadores)	49,29	0,49	2	0,88
AC_1.3.3.B (fancoils)							81,60	1,79	2	1,34	
GLP CALEFACCIÓN + ACS)	AC_1.4.1	Caldera de GLP de rendimiento estándar	23,6	kW	1.434,63	1.363,01	AC_1.4.1.A (radiadores)	49,29	0,49	2	0,84
							AC_1.4.1.B (fancoils)	81,60	1,79	2	1,30
	AC_1.4.2	Caldera de GLP de baja temperatura	52	kW	4.904,43	4.659,00	AC_1.4.2.A (radiadores)	49,29	0,49	2	0,84
							AC_1.4.2.B (fancoils)	81,60	1,79	2	1,30
	AC_1.4.3	Caldera de GLP de condensación	25	kW	2.437,63	2.315,75	AC_1.4.3.A (radiadores)	49,29	0,49	2	0,84
AC_1.4.3.B (fancoils)							81,60	1,79	2	1,30	

COMBUSTIBLE	CÓDIGO	ESTRATEGIA	P _{EQUIPO} Precio equipos generadores (€)		CM _{Equipos} Coste de mantenimiento Equipos generadores (€)	Unidad Terminal	P _{U.T} Precio Unidades terminales y de distribución (€/m ²)	CM _{U.T} Coste de mantenimiento Unidades Terminales y de distribución (€/m ²)	N _I * Nivel de intrusión (adimensional)	T _{obra} Duración de las obras (horas/m ²)	
ELECTRICIDAD (CALEFACCIÓN + ACS)	AC_1.5.2	Bomba de calor geotérmica Tierra-Agua (Calefacción)	38,1	11.423,57	7.311,10	AC_1.5.2.A (radiadores)	49,29	0,49	3	2,56	
			49,9	15.742,05	10.074,10						
			66,6	20.846,75	13.341,90	AC_1.5.2.B (fancoils)	81,60	1,79	3	3,03	
			76,8	23.481,71	15.028,30						
			100	30.997,42	19.838,40						
	AC_1.5.3	Bomba de calor Aire-Aire (Calefacción)	2,7	971,04	271,90	AC_1.5.3.A (split y multisplit)	0,00	0,00	1	0,07	
			5,8	1.795,62	502,80						
			9	3.373,89	944,70						
			6,8	3.068,76	989,90						
			9,3	4.739,93	1.546,80						
	AC_1.5.4	Bomba de calor Aie-Agua (Calefacción)	21,8	6.795,49	4.349,10	AC_1.5.4.A (radiadores)	49,29	0,49	2	1,23	
			43	9.628,23	6.162,10	AC_1.5.4.B (radiadores)					
			63,4	14.389,41	9.209,20	AC_1.5.4.D (fancoils)	81,60	1,79	3	3,03	
			90	25.000,75	16.000,50						
			130,1	28.762,16	18.407,80						
			160,3	35.960,45	2.301,47						AC_1.5.4.D (fancoils)
	ELECTRICIDAD (REFRIGERACIÓN)	AC_2.1.1	Bomba de calor geotérmica Tierra-Agua (Refrigeración)	28,9	11.423,57	7.311,10	AC_2.1.1.A (fancoils)	81,60	1,79	3	3,03
				37,6	15.742,05	10.074,10					
50,3				20.846,75	13.341,90						
58,8				23.481,71	15.028,30						
76,6				30.997,42	19.838,40						
AC_2.1.2		Bomba de calor Aire-Aire (Refrigeración)	2	971,04	271,90	AC_2.1.2.A (split y multisplit)	0,00	0,00	1	0,07	
			5	1.795,62	502,80						
			8	3.373,89	944,70	AC_2.1.2.B (split y multisplit)	0,00	0,00	1	0,07	
			6	3.068,76	989,90						
			8	4.739,93	1.546,80						
			12,5	6.422,84	2.079,10						
AC_2.1.3		Bomba de calor Aire-Agua (Refrigeración)	19,5	6.795,49	4.349,10	AC_2.1.3.A (fancoils)	81,60	1,79	2	1,69	
			39,7	9.628,23	6.162,10						
			59,1	14.389,41	9.209,20	AC_2.1.3.B (fancoils)	81,60	1,79	2	1,69	
			86,9	25.000,75	16.000,50						
			118,5	28.762,16	18.407,80						
			151,3	35.960,45	23.014,70						

ANEXO 4: PRECIOS DE LA ENERGÍA Y FACTORES DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA FINAL A EMISIONES DE CO₂

Para el cálculo de algunos indicadores de sostenibilidad resulta necesario conocer los precios de la energía final que pagarán los usuarios. Para obtener estos datos se han consultado diversas fuentes que se indican en el siguiente cuadro:



Combustible	Precio sin Impuestos (€/kWh)	Precio con Impuestos (€/kWh)	Fuente
<i>Electricidad *</i>	0,1824	0,2318	Informe de precios energéticos regulados IDAE 2014
			Estudio sobre Consumo Energético del Sector Residencial en España, publicado por el IDAE, como resultado del proyecto SECH-SPAHOUSEC: Análisis del consumo energético del sector residencial en España, de 2011
<i>Gasóleo C</i>	0,0595	0,0818	Informe de precios energéticos:combustibles y carburantes. IDAE 2013-14
<i>GLP (Butano)</i>	0,0912	0,1103	Informe de precios energéticos:combustibles y carburantes. IDAE 2013-14
<i>Gas Natural *</i>	0,0743	0,0899	Informe de precios energéticos regulados IDAE 2014
			Encuesta de Presupuestos Familiares - Instituto Nacional de Estadística (INE)
<i>Biomasa *</i>	0,0592	0,0716	Precios publicados por AVEVION - 1er trimestre 2014
			Factores de Conversión Energía Final - Energía Primaria, IDAE
<i>Biodiesel *</i>	0,118	0,1428	Media del precio de todos los vendedores de biodiesel de España - Mayo 2014. Fuente MINETUR
			Factores de Conversión Energía Final - Energía Primaria, IDAE

Partiendo de las fuentes indicadas se han realizado los siguientes cálculos para la obtención de los precios de la energía para distintos combustibles.

Calculos para Electricidad (PVPC sin discriminación horaria)

		Coste Anual (€)	
Pot Contratada (kW)	4,6	193,40	
Consumo medio (kWh/año)	3487	432,76	Consumo medio obtenido del Estudio sobre Consumo Energético del Sector Residencial en España, publicado por el IDAE.
Alquiler eq. medida (€/mes)	0,81	9,72	
Impuesto eléctrico (%)	4,864	32,01	
IVA (%)	21	140,26	
	Total	808,15	
	Precio sin Impuestos (€/kWh)	0,1824	
	Precio con Impuestos (€/kWh)	0,2318	

Calculos para Gas Natural (TUR.2)

		Coste Anual (€)	
Coste Fijo mensual (€)	8,8	105,60	
Consumo medio (kWh/año)	5050	254,44	consumo medio obtenido de la Encuesta de Presupuestos Familiares - Instituto Nacional de Estadística (INE)
Alquiler eq. medida (€/mes)	1,25	15,00	
IVA (%)	21	78,76	
	Total	453,80	
	Precio sin Impuestos (€/kWh)	0,0743	
	Precio con Impuestos (€/kWh)	0,0899	

Calculos para Biodiesel

Calculo de kWh/litro	en 1,24 tep hay 14,42 MWh en 1 tep hay 1.267 litros	
	MWh/tep	11,6290
	MWh/litro	0,0092
	kWh/litro	9,1784
	Precio medio sin Impuestos (€/litro)	1,0833
	Precio sin Impuestos (€/kWh)	0,1180
	Precio con Impuestos (€/kWh)	0,1428

Calculos para Biomasa

Calculo de kWh/tn	en 1,25 tep hay 14,53 MWh en 1 tep hay 2,87 tn precio con IVA: 4,35 por 15 kg	
	MWh/tep	11,6240
	MWh/tn	4,0502
	kWh/tn	4050,1742
	Precio medio sin Impuestos (€/tn)	239,67
	Precio sin Impuestos (€/kWh)	0,0592
	Precio con Impuestos (€/kWh)	0,0716

Los factores de conversión de energía final a emisiones de CO₂ también son necesarios para el cálculo de algunos indicadores. Los factores utilizados se especifican en la siguiente tabla:

COMBUSTIBLE	FC_{CO2} Cal Factor de conversión a CO ₂ (combustible de calefacción)	FC_{CO2} Ref Factor de conversión a CO ₂ (combustible de refrigeración)	FC_{CO2} ACS Factor de conversión a CO ₂ (combustible de la instalación de ACS)	FC_{CO2} Ilu Factor de conversión a CO ₂ (combustible de iluminación)
ELECTRICIDAD	0,372	0,372	2,082	0,372
GASOLEO	0,311	0,311	1,179	-
GLP	0,254	0,254	1,201	-
GAS NATURAL	0,252	0,252	1,190	-
BIOMASA	0,018	0,018	0,034	-
BIODIESEL	0,018	0,018	0,034	-

La fuente utilizada es el documento "FACTORES DE CONVERSIÓN ENERGÍA FINAL-ENERGÍA PRIMARIA y FACTORES DE EMISIÓN DE CO₂" disponible en la página web de IDAE.