



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Análisis de alternativas para la rehabilitación  
Energética de una vivienda particular.

Analysis of options for the energy rehabilitation of a  
private home.

Memoria

Autor

**Alejandro Lomba Sachez**

Director

**Sergio Usón Gil**

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2018



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. Alejandro Lomba Sachez

con nº de DNI 77215465-A en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)  
Grado \_\_\_\_\_, (Título del Trabajo)

Análisis de alternativas para la rehabilitación energética de una vivienda particular.

---

---

---

---

---

---

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 27 de Junio de 2018

Fdo: Alejandro Lomba Sachez



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## Resumen

El objetivo principal de este proyecto es escoger una opción final para poder llevar a cabo una rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar situada en Zaragoza, en el barrio rural de Garrapinillos. Principalmente se desea obtener una reducción del consumo de energía y, a su vez, una reducción de las emisiones de  $CO_2$  hacia la atmósfera.

Para la obtención del certificado y demandas energéticas junto con las emisiones de  $CO_2$  se ha utilizado el programa informático CE3X. Para ello, se ha realizado un estudio previo sobre las diferentes peculiaridades y funciones necesarias para el correcto uso de dicho programa. La obtención de los diferentes datos a introducir se ha conseguido gracias a los desplazamientos realizados a la vivienda y a los cálculos pertinentes para definir las características actuales del edificio (geometría del inmueble, composición de la fachada, demanda de ACS, patrones de sombra, orientaciones, etc.).

El estudio y análisis de las medidas pasivas y activas que caracterizan el inmueble definen las posibles propuestas de mejora para llevar a cabo la rehabilitación. Así pues, con respecto a las medidas pasivas se ha profundizado en las demandas térmicas anuales de las diferentes partes de la envolvente térmica. Gracias a este análisis se han obtenido las partes a aislar de la envolvente: Huecos y fachadas. Mientras que para las medidas activas se propone la utilización de sistemas de energía térmica solar para las ACS y biomasa para la calefacción y el apoyo a la energía solar si fuese necesario.

Una vez obtenidas las diferentes medidas se procede a escoger los diferentes sistemas a utilizar para el aislamiento de la envolvente. El sistema escogido para la fachada es el sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE) debido a su gran relación aislamiento/precio. En los huecos se opta por la sustitución de los vidrios por unos con baja emisividad y doble acristalamiento ya que, los marcos actuales se encuentran en buenas condiciones. Gracias a los cálculos de dimensionado de los diferentes sistemas de obtención de energía, se escoge una caldera de biomasa de 12 kW y un sistema de energía solar con un captador de  $2.32 m^2$  de área y un acumulador de 200 litros.

Una vez introducidas las diferentes propuestas de mejora en CE3X, se observa que la mejor opción es la rehabilitación de la fachada y la instalación de un sistema de energía solar térmica. Gracias a esto, se obtiene una reducción de aproximadamente el 50% de emisiones a la atmósfera y de ahorro económico anual. Mientras que la amortización de la inversión sería de aproximadamente 9 años.



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## INDICE

Resumen .....	1
INDICE .....	2
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	4
INDICE DE TABLAS.....	6
1. Introducción .....	8
1.1. Objeto .....	12
1.2. Planteamiento del proyecto .....	13
2. Características de la vivienda .....	14
2.1. Situación geográfica.....	14
2.2. Clima de la Región.....	14
2.3. Descripción de la vivienda .....	15
3. Introducción a CE3X.....	17
4. Procedimiento de certificación .....	21
4.1. Datos administrativos .....	21
4.2. Datos generales .....	21
4.3. Definición del edificio .....	21
4.4. Envoltente térmica .....	22
4.5. Instalaciones .....	25
5. Calificación actual .....	26
5.1. Demanda y Consumo del edificio: .....	26
6. Análisis de los componentes de la envoltente térmica .....	31
7. Descripción de las mejoras del aislamiento de la envoltente térmica: .....	39
7.1. Fachada: .....	39
7.2. Huecos.....	42
8. Propuestas para la mejora de la envoltente térmica .....	43
8.1. Sistema para el aislamiento térmico por el exterior (SATE):.....	43
8.2. Fachada ventilada .....	45
8.3. Rehabilitación de huecos:.....	46



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

9.	Propuesta final Rehabilitación envolvente térmica: .....	51
10.	Descripción de los sistemas de obtención de energía: .....	53
10.1.	Caldera de biomasa:.....	53
10.2.	Energía Solar térmica: .....	53
11.	Obtención de las características de los sistemas de obtención de calor .....	54
11.1.	Carga térmica Máxima de calefacción: .....	54
11.2.	Carga térmica Máxima de ACS: .....	56
11.3.	Volumen del acumulador de ACS y Área de los captadores: .....	57
12.	Propuestas para variación de los sistemas de obtención de calor .....	59
12.1.	Instalación de energía solar térmica: .....	59
12.1.1.	Elección del sistema .....	59
12.1.2.	Resultados de la introducción del Sistema Térmico Solar.....	60
12.2.	Instalación de caldera de biomasa:.....	60
13.	Medidas finales.....	63
13.1.	Análisis Energético de las medidas finales.....	63
13.2.	Análisis económico de las propuestas finales.....	65
14.	Elección de la Opción final.....	67
15.	Conclusión final .....	68
16.	Bibliografía.....	70



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Clasificación de la época de construcción de edificios del sector residencial. Fuente: <a href="http://www.idae.es">www.idae.es</a> .....	9
Ilustración 2. Estructura de consumo (España 2011). Fuente: Fuente: <a href="http://www.idae.es">www.idae.es</a> .....	9
Ilustración 3. Modelo de etiqueta Calificación Energética. Fuente: <a href="http://www.adqando.com">http://www.adqando.com</a> .....	10
Ilustración 4. Numero de edificios certificados. Fuente: Informe de Certificación Energética de 2015 .....	11
Ilustración 5. Calificación emisiones edificios existentes. Fuente: Informe de Certificación Energética de 2015 .....	11
Ilustración 6. Calificación Consumo Edificios Existentes. Fuente: Informe de Certificación Energética de 2015 .....	12
Ilustración 7 Localización. Fuente: Google Maps .....	14
Ilustración 8. Tipos de edificio. Fuente: Programa CE3X.....	18
Ilustración 9. Datos administrativos. Fuente: CE3X .....	19
Ilustración 10. Datos Generales. Fuente: CE3X .....	19
Ilustración 11. Envolverte Térmica. Fuente: CE3X.....	20
Ilustración 12. Instalaciones del edificio. Fuente: CE3X .....	20
Ilustración 13. Características Hueco fachada SO. Fuente: Archivo CE3X propio.....	24
Ilustración 14. Características Huecos fachada SE. Fuente: Archivo CE3X propio .....	24
Ilustración 15. Valores de la instalación del inmueble. Fuente: Archivo CE3X propio ..	25
Ilustración 16. Calificación Vivienda actual. Fuente: Archivo CE3X propio.....	26
Ilustración 17. Valores Certificación Energética. Fuente: Archivo CE3X propio .....	27
Ilustración 18. Distribución mensual de las demandas. Fuente: Archivo CE3X propio ..	28
Ilustración 19. Consumo global y parcial de la vivienda. Fuente: Certificado energético del edificio (archivo propio) .....	29
Ilustración 20. Fuente: <a href="http://www.minetad.gob.es">http://www.minetad.gob.es</a> .....	30
Ilustración 21. Temperatura Terreno, Zaragoza. Fuente: Guía técnica: condiciones exteriores de proyecto .....	34
Ilustración 22. Distribución Demanda Térmica. Fuente: Archivo Excel propio.....	37
Ilustración 23. Distribuciones Envolverte térmica. Fuente: Archivo Excel Propio .....	37
Ilustración 24. Fachada Ventilada. Fuente Imagen: <a href="http://okoliarquitectos.es">http://okoliarquitectos.es</a> .....	40
Ilustración 25. Renovación de aire. Fuente: <a href="http://www.tempio.es/">http://www.tempio.es/</a> .....	41
Ilustración 26. Sistema SATE. Fuente: Fuente Imagen: <a href="https://instalacionesyeficienciaenergetica.com">https://instalacionesyeficienciaenergetica.com</a> .....	41
Ilustración 27. Detalle constructivo: Sistema ETICS. Fuente: Arquímedes .....	44
Ilustración 28. Descripción Sistema PLACOTHERM V. Fuente: Generador de precio "Arquímedes" .....	45



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Ilustración 29. Resultados Medidas de mejora de la Ref. 8. Fuente: Archivo CE3X propio .....	49
Ilustración 30. Resultados medidas de mejora de la Ref. 12. Fuente: Archivo CE3X propio .....	49
Ilustración 31. Distribución Envolvente Térmica.....	52
Ilustración 32. Temperaturas Instalaciones de calefacción. Fuente: RITE .....	54
Ilustración 33. Suplementos por Orientación. ....	55
Ilustración 34. % Contribución mínima solar. Fuente: DB-HE4 .....	57
Ilustración 35. Etiqueta de certificación del Sistema Térmico Solar. ....	60
Ilustración 36. Distribución de las emisiones. Fuente: Excel propio .....	64
Ilustración 37. Distribución de las demandas. Fuente: Excel propio .....	64
Ilustración 38. Valores económicos CE3X. Fuente: Archivo CE3X propio .....	66



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores Demanda ACS.....	28
Tabla 2. Transmitancias del Edificio sin rehabilitar. Fuente: Archivo CE3X propio.....	32
Tabla 3. Temperaturas interiores. Fuente: RITE.....	32
Tabla 4. Demanda Mensual De la envolvente. Fuente: Excel Propio.....	35
Tabla 5. Demanda de calefacción por intervalo de temperatura (kWh) .....	36
Tabla 6. Demanda anual de la envolvente. Fuente: Excel propio .....	36
Tabla 7. Transmitancias limite. Fuente: DB-HE .....	38
Tabla 8. Comparación de transmitancias. Fuente: Excel propio. ....	38
Tabla 9. Características de los aislantes analizados .....	44
Tabla 10. Resultado medidas con Sistema SATE .....	44
Tabla 11. Características Aislantes. Fuente: Generador de precios Arquímedes .....	46
Tabla 12. Características opciones fachada ventilada.....	46
Tabla 13. Acristalamiento: Propuestas Iniciales. Fuente: Propio .....	47
Tabla 14. Acristalamiento: 1º Reducción de Propuestas. Fuente: Propia.....	48
Tabla 15. Precio de las mejoras de vidrios. ....	48
Tabla 16. Acristalamiento: Propuestas finales. Fuente: Propia .....	49
Tabla 17. Características de las medidas de mejora de los huecos. Fuente: Propia.....	50
Tabla 18. Características Envolvente térmica. Fuente: Excel Propio .....	51
Tabla 19. Ventajas y desventajas de la biomasa. Fuente: Propia .....	53
Tabla 20. Temperaturas escogidas. ....	55
Tabla 21. Características Muro. Fuente: Excel Propio.....	55
Tabla 22. Características Huecos. Fuente: Excel Propio.....	56
Tabla 23. Características Tejado y suelo. Fuente: Excel Propio .....	56
Tabla 24. Volumen y Áreas del sistema de energía Solar térmica. ....	58
Tabla 25. Opciones de Sistemas de acumulación. Fuente: Manual de instalación Equipo DRAIN-BACK.....	59
Tabla 26. Tipos de captadores. Fuente: Manual de instalación Equipo DRAIN-BACK ...	60
Tabla 27. Características Finales Energía Solar térmica .....	60
Tabla 28. Características de las opciones finales. ....	61
Tabla 29. Ahorros en consumo, emisiones y demanda de la opción 1. Fuente: Archivo CE3X propio .....	61
Tabla 30. Ahorros en consumo, emisiones y demanda de la opción 2. Fuente: Archivo CE3X propio .....	61
Tabla 31. Característica Sistema de Biomasa.....	62
Tabla 32. Valores certificación energética. Fuente: Archivo CE3X propio .....	63
Tabla 33. Ahorros demanda y emisiones de las opciones finales. Fuente: Excel Propio	64





Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Tabla 34. Valores y ahorros de consumos de las opciones finales. Fuente Excel propio .....	65
Tabla 35. Características Económicas Opciones Finales. Fuente: Excel propio .....	66
Tabla 36. Comparación Caso Base - Medida Final. Fuente: Archivo propio CE3X .....	67

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 1. Introducción

Con el paso de los años se observa que el consumo energético ha aumentado de manera considerable. Debido en parte a un mayor desarrollo industrial y crecimiento de la población.

Se observó como el consumo de combustibles fósiles crecía de manera alarmante. Su utilización traía consigo varios problemas:

- Los combustibles fósiles no son ilimitados.
- Contaminación del medio ambiente: Debido a la alta producción de CO<sub>2</sub> (aumentando la temperatura media global).
- Problemas Económicos y Sociales: Los lugares donde se pueden encontrar los recursos necesarios para la obtención de estos combustibles se encuentran agrupados en pequeñas zonas con respecto al planeta. Por lo que la lucha por estos lugares hace que los diferentes países se enfrenten entre ellos para conseguir el control de estos yacimientos.

Tras observar dichos problemas se empezaron a estudiar diferentes maneras de obtener energía renovable. Para, de esta manera, poder reducir considerablemente el uso de la energía no renovable.

Aspectos como el consumo de energía y/o el consumo de agua, el impacto ecológico o el tipo de materiales usados se tienen en cuenta para que un edificio pase a ser considerado sostenible.

En España, tal y como muestra la siguiente figura, el 44% de los edificios del sector residencial se realizaron antes de 1979, el 49% entre 1979 y 2005 y el tanto por ciento restante se construyó entre 2006 y 2011. Esto quiere decir que gran parte de las viviendas españolas ya sean unifamiliares o en bloque necesitan una rehabilitación energética. El ahorro energético en España en las décadas de los 70, 80 y 90 no era primordial debido a que los combustibles no renovables eran mucho más baratos.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

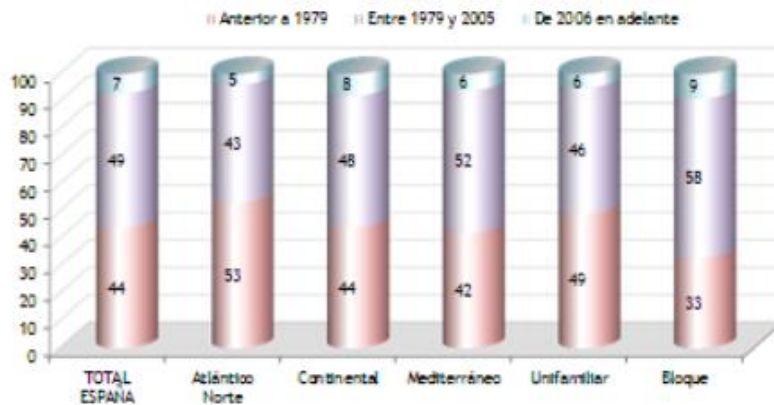


Ilustración 1. Clasificación de la época de construcción de edificios del sector residencial. Fuente: [www.idae.es](http://www.idae.es)

A día de hoy el principal gasto en una vivienda es la calefacción seguido de las ACS. Esto hace que tengan un gran peso a la hora de realizar la rehabilitación energética de una vivienda.

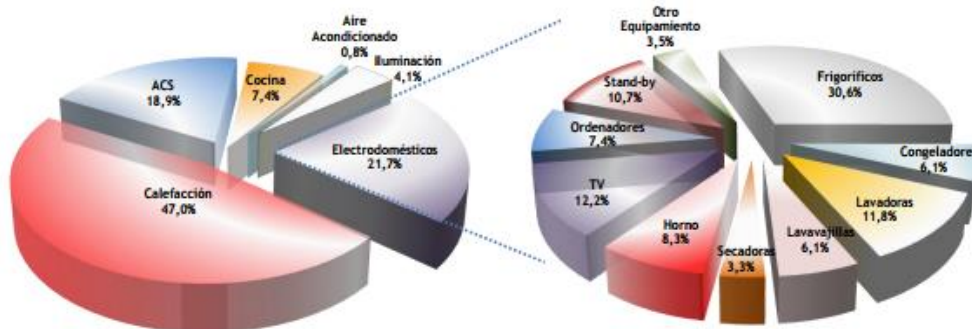



Ilustración 2. Estructura de consumo (España 2011). Fuente: [Fuente: www.idae.es](http://www.idae.es)

Por lo tanto, cada vez son más las personas que deciden rehabilitar la vivienda buscando un menor gasto en las facturas.

Una de las maneras más utilizadas para observar el antes y el después de una rehabilitación energética es el certificado energético. En dicho certificado se estudia el consumo de energía para lograr satisfacer las diferentes demandas del inmueble. Y dependiendo de la calificación obtenida se tendrá la información necesaria para poder desarrollar las propuestas correctas para una rehabilitación satisfactoria.

Los niveles para saber cuál es el resultado de la certificación se nombran con letras siguiendo el orden del abecedario siendo la letra “A” el nivel más elevado y la “G” el menor nivel posible.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular



**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EXISTENTE** ETIQUETA

**DATOS DEL EDIFICIO**

Normativa vigente construcción/rehabilitación:  Tipo de edificio:

Dirección:

Municipio:

Referencia catastral:  C.P.:

C. Autónoma:

**ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA**

	Consumo de energía kwh / m <sup>2</sup> año	Emissiones kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> año
<b>A</b> más eficiente		
<b>B</b>		
<b>C</b>		
<b>D</b>		
<b>E</b>		
<b>F</b>		
<b>G</b> menos eficiente		

REGISTRO

Válida hasta 31/12/2020

BORRAR TODO

ESPAÑA  
Directiva 2010/31 / UE

Ilustración 3. Modelo de etiqueta Calificación Energética. Fuente: <http://www.adqando.com>

Desde el 1 de julio de 2013 esta calificación es obligatoria para el alquiler y venta de inmuebles ya sea edificios nuevos o existentes. A continuación, se muestra quien debe tener estos certificados de manera obligatoria:

- Edificios de nueva construcción.
- Edificios donde se modifique el 25% de los cerramientos.
- Edificios o conjunto de edificios de la misma agrupación que ocupe una superficie útil de más de 250 m<sup>2</sup>.
- Propietarios que vayan a alquilar o vender el inmueble.

A continuación, se muestra una tabla con el número de edificios certificados y registrados por comunidad autónoma:

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

CCAA	Nº Certificados de Ed. Nuevos acabados	% Certificados de Ed. Nuevos acabados	Nº Certificados de Ed. Existentes	% Certificados de Ed. Existentes
ANDALUCIA	1.040	7,91%	147.204	12,98%
ARAGÓN	33	0,25%	8.863	0,78%
ASTURIAS	52	0,40%	8.474	0,75%
BALEARES	268	2,04%	28.464	2,51%
CANARIAS**	150	1,14%	16.900	1,49%
CATALUÑA**	2.030	15,44%	332.588	29,33%
C LEON	207	1,57%	42.912	3,78%
C MANCHA	35	0,27%	24.545	2,16%
EXTREMADURA*	3.015	22,94%	1.072	0,09%
GALICIA	150	1,14%	38.413	3,39%
MURCIA	221	1,68%	26.202	2,31%
NAVARRA	775	5,90%	16.737	1,48%
PAIS VASCO	285	2,17%	28.454	2,51%
RIOJA**	59	0,45%	8.847	0,78%
VALENCIA	4.578	34,83%	201.586	17,78%
MADRID	239	1,82%	197.332	17,40%
CANTABRIA	8	0,06%	5.372	0,47%
<b>TOTAL</b>	<b>13.145</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.133.965</b>	<b>100,00%</b>

Ilustración 4. Numero de edificios certificados. Fuente: Informe de Certificación Energética de 2015

Aunque la calificación energética se divide en niveles desde la A hasta la G, en España en el año 2015 la calificación por emisiones en edificios existentes que se encuentran entre el nivel A y B no llega al 2% mientras que casi la mitad de estos edificios se encuentran en el nivel E. En las siguientes imágenes se puede observar la calificación energética por emisiones en España:

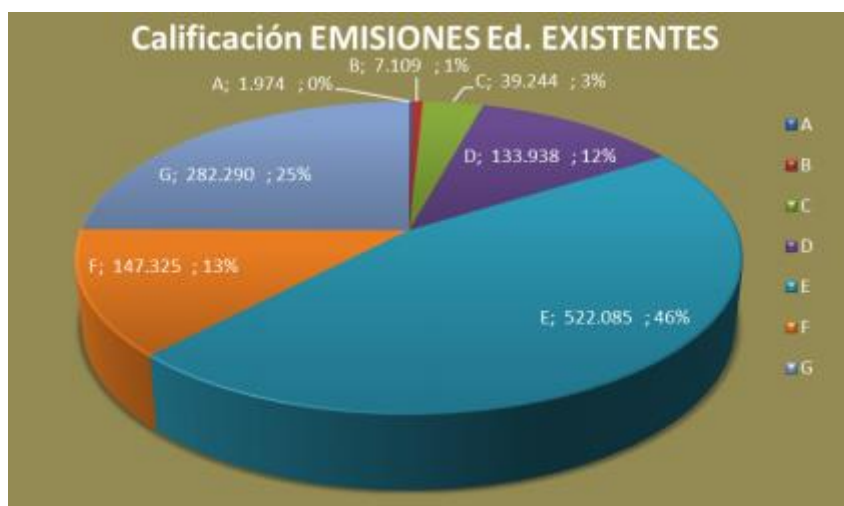


Ilustración 5. Calificación emisiones edificios existentes. Fuente: Informe de Certificación Energética de 2015

Por otro lado, los datos sobre la calificación por consumo en España no varían mucho con respecto a los obtenidos por emisiones.

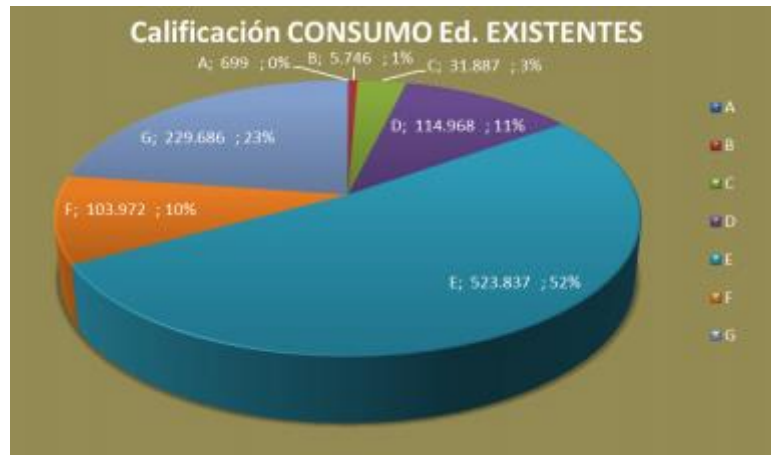
Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Ilustración 6. Calificación Consumo Edificios Existentes. Fuente: Informe de Certificación Energética de 2015

Así pues y como se puede observar en las ilustraciones 5 y 6 la media en 2015 de calificaciones en edificios existentes está en el Nivel E.

### 1.1. Objeto

Con el presente proyecto se pretende realizar un análisis y estudio en una vivienda unifamiliar de las características energéticas y los posibles cambios a realizar para poder lograr una mejora en la eficiencia energética del edificio.

Para conseguir dicha mejora se van a proponer y estudiar diferentes soluciones, ya sea, modificando la envolvente térmica o las instalaciones con el fin de obtener una calificación alta. Con la aplicación de estas soluciones se obtendrá una disminución en el consumo energético de la vivienda, lo que conllevará un ahorro económico.

Al tratarse de una rehabilitación energética es necesario concentrarse en varios aspectos de la vivienda. Existen dos variantes:

- Medidas pasivas: Afectan por completo a la demanda energética, es decir, variaciones en la envolvente térmica como pueden ser la modificación de fachadas, suelos o huecos.
- Medidas activas: Se trata de la modificación del rendimiento de los equipos de obtención de energía de la vivienda.

Se procederá a realizar un análisis de las características del edificio para poder observar si cumplen con la última actualización del Código técnico de edificación en 2013. Esta vivienda se construyó en el periodo en el que el Documento de Condiciones Térmicas del año 79 estaba en vigor, lo que hace que las características calculadas anteriormente no tengan por qué cumplir los límites de la documentación actual.



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Por lo tanto, a las propuestas que se van a realizar, para obtener una mejora en la eficiencia energética, se le añadirá que cumplan con los límites establecidos en 2013.

La obtención del Consumo Energético y de la demanda de calefacción, refrigeración y ACS se obtendrá primero mediante el programa informático CE3X.

Una vez se obtengan las diferentes ideas o propuestas sobre la variación de la vivienda y/o sus instalaciones se procederá a revisar su viabilidad económica, medio ambiental y técnica. Con esto se pretende escoger una o varias propuestas que permitan unos niveles de eficiencia aceptables y recuperar la inversión económica en un tiempo aceptable.

Para la obtención de los costes y características de las posibles rehabilitaciones se va a utilizar el programa generador de precios Arquímedes y un complemento del programa CE3X desarrollado por la empresa SALTOKI. Con este programa se pretenden obtener los diferentes desgloses de precios y las características de los diferentes materiales y/o instalaciones utilizadas.

Por último, se realizará el certificado energético de la vivienda con las medidas de mejora escogidas.

## **1.2. Planteamiento del proyecto**

- Obtención de las diferentes características del inmueble para los diferentes cálculos a realizar a lo largo del proyecto. Medidas del inmueble, características de la envolvente térmica e instalaciones actuales de la vivienda.
- Obtención de la demanda y del consumo de calefacción, refrigeración y de ACS mediante cálculos aproximados.
- Introducción de datos en CE3X, obtención de certificación energética actual y obtención de los consumos de calefacción, refrigeración y ACS.
- Estudio económico y energético de diferentes posibilidades de aislamiento de la fachada actual. Tipos a estudiar:
  - Sistema SATE-ETICS
  - Fachada Ventilada
- Estudio y elección de los materiales para los huecos existentes.
- Estudio económico y elección de sistemas para cubrir la demanda de calefacción, refrigeración y ACS.
- Comparación de las diferentes variantes estudiadas y posibles combinaciones entre estas.
- Elección de las medidas de mejora finales.
- Certificación energética final con las propuestas escogidas.





Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 2. Características de la vivienda

### 2.1. Situación geográfica

La residencia se encuentra en la Comunidad Autónoma de Aragón, en concreto en la ciudad de Zaragoza.

Situado en el Barrio de Garrapinillos, Camino de la Ribera (Diseminado Cr Madrid Almenareta), número 5, código postal 50190. Con una altura aproximada de unos 275 metros sobre la altura del nivel del mar.



Ilustración 7 Localización. Fuente: Google Maps

### 2.2. Clima de la Región

El clima existente en este territorio es mediterráneo, tiene una influencia continental muy marcada. Esta zona tiene escasas precipitaciones (unos 320 mm anuales) y una temperatura media de 15,3 °C.

Se observa la influencia continental en la gran diferencia que se encuentra entre un invierno frío (temperaturas medias en el mes de enero de 6,6 °C) y un cálido verano (en el mes de julio la temperatura media es de 24,9 °C). La realidad es que detrás de los datos anteriores existe un invierno donde se pueden encontrar días con heladas o situaciones en las que el termómetro se sitúa por debajo de los 0 °C. Por otro lado, existen días en julio y agosto donde la temperatura aumenta hasta los 35 °C y 40 °C.





Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Uno de los principales protagonistas en el clima de esta zona es el viento. Debido a la frecuencia con la que este actúa y a la intensidad (superior algunas veces a los 95 km/h). Esto se debe a el relieve de la zona, ya que, todos los vientos se canalizan en el corredor que existe entre el sistema Ibérico y el Pirineo.

En la ciudad de Zaragoza existe una gran diferencia entre los barrios del núcleo y los barrios rurales (la residencia a estudiar se sitúa en un barrio rural). Esta diferencia se puede observar en las temperaturas mínimas anuales. La temperatura de la ciudad es 1,1 °C más alta que la del aeropuerto y en invierno la diferencia suele ser entre 1.2 °C y 1.4 °C.

### 2.3. Descripción de la vivienda

El año en el que se realizó la edificación de la vivienda fue 1985, la cual, dispone de 183.95 m<sup>2</sup> habitables dentro de los 1500 m<sup>2</sup> que tiene el terreno al completo. No dispone de certificado, ya que su construcción se realizó antes de 2003.

Consta de una planta cuya cubierta es transitable. La distribución de la planta consta de:

- Salón, comedor y cocina: 92.8 m<sup>2</sup>
- Sala 1: 12.045 m<sup>2</sup>
- Sala 2: 8.235 m<sup>2</sup>
- Dormitorio 1: 8.235 m<sup>2</sup>
- Dormitorio 2: 11.6 m<sup>2</sup>
- Dormitorio 3: 11.6 m<sup>2</sup>
- Dormitorio 4: 15.66 m<sup>2</sup>
- Pasillo: 8.12 m<sup>2</sup>
- Baño: 15.66 m<sup>2</sup>

La composición de los cerramientos actuales son los siguientes:

- El Cerramiento de las fachadas consta de 2 cm de mortero o cal para albañilería y para revoco enlucido con d>2000, 30 cm de bloque de hormigón aligerado hueco y por ultimo un enlucido de yeso d<1000 con 3 cm de espesor.
- La composición del cerramiento del tejado se constituye de baldosa cerámica de 2 cm seguida de 4 cm de mortero de cemento, 7 cm de poliestireno extruido (XPS), mortero de cemento de 2 cm y por último, 30 cm de entrevigado de hormigón aligerado (Canto de 300mm), 2 cm de yeso de densidad baja y mortero de cemento o cal para albañilería con 0.04 m.
- El cerramiento del suelo está compuesto 40 cm de hormigón con áridos ligeros, poliestireno extruido (XPS) con un espesor de 8 cm, mortero de cemento con espesor 7 cm, y 3 cm de baldosa cerámica.



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Existen 2 huecos en los  $92.8 \text{ m}^2$  que tienen el salón, cocina y comedor cuyas longitudes son 1.5 m de largo por 1.2 m de alto. Mientras que en cada dormitorio existe un hueco cuyas dimensiones son de 0.95 m de largo por 1.2 m de alto. La composición de todos los huecos es la misma. El marco es metálico con RPT, un vidrio simple y un retranque de 0.1 m.



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

### 3. Introducción a CE3X

Varios son los programas oficiales, que se pueden utilizar para obtener una certificación energética, reconocidos por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y por el ministerio de Fomento.

En el presente proyecto se va a utilizar el Programa informático CE3X siendo este programa, desde el 14 de enero de 2016, uno de los pocos admitidos en realizar los certificados de eficiencia por los diferentes registros de las Comunidades Autónomas. Junto al CE3X se podrían haber utilizado:

- CE3
- CERMA
- LIDER-CALENER (HULC)

En España el Real decreto 235/2013 explica la obligatoriedad de la certificación y los diferentes requisitos que deben tener los programas informáticos que se deben emplear. Gracias a una metodología de cálculos a través de programas de simulación energética se podrá conseguir la certificación energética.

El programa se basa en la comparación del edificio a proyectar con una base de datos creada para los lugares más representativos de las zonas climáticas existentes. Una vez encuentra los datos de varios edificios referencia que se asemejan al edificio a proyectar se realiza una interpolación entre los diferentes datos y de esta manera se obtienen los resultados y la calificación.

Las diferentes variables utilizadas en CE3X y que definen la eficiencia energética de este proyecto son:

- Datos técnicos y geométricos del edificio.
- Transmitancia térmica y masas de los cerramientos.
- Transmitancia térmica lineal de los diferentes puentes térmicos de la vivienda
- Propiedades térmicas de los huecos: factor solar y transmitancia de los vidrios y la absorptividad del marco.
- Permeabilidad al aire de la ventana.
- Rendimiento estacional de los diferentes sistemas de obtención de calor y/o frío.
- Características de la ventilación.
- Factor de sombra de los huecos.
- Geometría del edificio.



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Por otro lado, existen varias variables que no se citan anteriormente debido a que las características de la vivienda unifamiliar proyectada no las requieren y/o no son aplicables debido a la inexistencia de estas. Son las siguientes:

- Características de los sistemas de iluminación y auxiliares de climatización. Esto es debido a que solo se introducen para edificios del sector terciario.
- Las contribuciones de los diferentes sistemas de energías renovables y cogeneración. No existen dichos sistemas en la vivienda actual.

La obtención de las diferentes variables, necesarias para definir la eficiencia energética del inmueble proyectado, puede ser mediante:

- Valores estimados: Se obtienen de un valor ya sea justificado y/o conocido y de valores más conservadores, los cuales se han definido a raíz de las características de los diferentes elementos.
- Valores por defecto: Valores obtenidos de la normativa que rige en el periodo de construcción o rehabilitación del edificio debido a la falta de información en la obtención de las variables.
- Valores conocidos o justificados: Se obtienen de cualquier documento, ensayo, prueba, etc. que justifique la elección de dicho parámetro.

Una vez se ha realizado la toma de datos del edificio se procede a realizar la introducción de datos en CE3X.

Lo primero para realizar dicha certificación es escoger el edificio correcto para el que se va a llevar a cabo el estudio.

### Certificación energética simplificada de edificios existentes

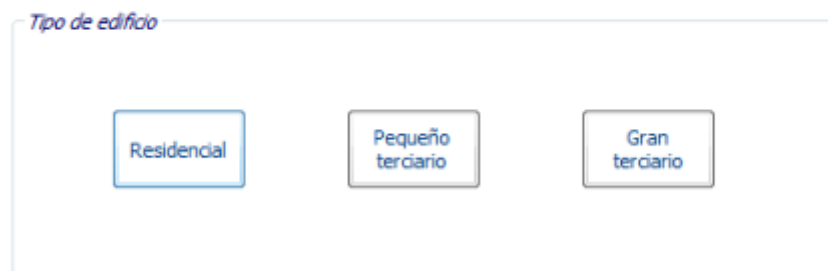


Ilustración 8. Tipos de edificio. Fuente: Programa CE3X

El programa se divide en cuatro pestañas que definirán las diferentes características de la vivienda a certificar. Como primera pestaña encontraremos la de datos administrativos seguida de datos generales, datos de la envolvente térmica y para finalizar se encuentra la pestaña de instalaciones.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

La pestaña de datos administrativos consta de diferentes casillas donde se introducirán datos como son localización e identificación del edificio, los datos del cliente y los datos del técnico certificador. El dato más relevante en dicha sección es el de localización ya que es el encargado de definir la situación climática del edificio a certificar.

**Localización e identificación del edificio**

Nombre del edificio

Dirección

Provincia/Ciudad autónoma  Localidad  Código Postal

Referencia Catastral  +

---

**Datos del cliente**

Nombre o razón social

Dirección

Provincia/Ciudad autónoma  Localidad  Código Postal

Teléfono  E-mail

---

**Datos del técnico certificador**

Nombre y Apellidos  NIF

Razón social  CIF

Dirección

Provincia/Ciudad autónoma  Localidad  Código Postal

Teléfono  E-mail

Titulación habilitante según normativa vigente

Ilustración 9. Datos administrativos. Fuente: CE3X

En la pestaña o sección de datos generales es necesario incluir el año de construcción y la normativa correspondiente, tipo de edificio, superficies, altura del edificio y otros datos como demanda d ACS, ventilación, masa de las particiones internas. En este apartado se define por defecto la zona climática del edificio (debido a su localización).

**Datos generales**

Normativa vigente  ? Año construcción

Tipo de edificio

Provincia/Ciudad autónoma  Localidad  Zona climática HE-1  HE-4

---

**Definición edificio**

Superficie útil habitable  m<sup>2</sup>

Altura libre de planta  m

Número de plantas habitables

Ventilación del inmueble  ren/h

Demanda diaria de ACS  l/día

Masa de las particiones internas

Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Ilustración 10. Datos Generales. Fuente: CE3X

Los datos sobre la envolvente térmica se encuentran en la tercera pestaña. Aquí se introducirán los datos y/o variables que tengan que ver en las fachadas, cubiertas, muros, huecos, soleras y puentes térmicos.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Ilustración 11. Envoltura Térmica. Fuente: CE3X

Por último, se encuentra la sección donde se deben introducir todas las características de las instalaciones de obtención de energía que tiene el edificio.

Ilustración 12. Instalaciones del edificio. Fuente: CE3X

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 4. Procedimiento de certificación

El tipo residencial es el elegido para el presente proyecto. Una vez elegido el edificio a certificar, se procede a la introducción de los datos en sus correspondientes secciones.

La obtención de la geometría del edificio, la ventilación del inmueble, el patrón de sombras y la demanda de ACS se encuentran en el anexo 1. Mientras que los valores de los puentes térmicos se introducen los estimados por el programa certificador.

### 4.1. Datos administrativos

Se divide en tres subgrupos:

- Localización e identificación del edificio:
  - Nombre del edificio: Juan José Sacher Ortega
  - Dirección: Camino de la Ribera (Diseminado Cr Madrid Almenareta), número 5, código postal 50190 en la provincia y ciudad de Zaragoza.
  - Referencia catastral: 002000500XM51H0001QG. Para la obtención de dicha referencia se ha utilizado la sede electrónica del catastro.
- Datos del cliente
- Datos del técnico certificador

### 4.2. Datos generales

- Normativa vigente: NBE-CT-79. Opción escogida a raíz del año de construcción, ya que, para edificios construidos entre 1979 y 2007 esta es la normativa correspondiente.
- Año de construcción: 1985
- Tipo de edificio: Unifamiliar

### 4.3. Definición del edificio

- Superficie útil Habitable: 183.95  $m^2$ . La toma de datos se realizó de manera manual en el propio terreno.
- Altura libre de planta: 2.7 m
- Número de plantas: 1

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

- Ventilación del Inmueble: 0.449 ren/h. Para la obtención de este valor ha sido necesario recurrir al DB-HE3. Se calculan los caudales locales secos y húmedos y se escoge el mayor valor de estos. Por último se pasa a las unidades correspondientes.
- Demanda diaria de ACS: Según el DB-HE4 (Documento básico de ahorro de energía, sección 4) el valor de litros/día por persona es de 28 litros. Como residen 6 personas bastará con realizar el producto. Así pues el consumo será de 168 litros/día.
- Masa de las particiones internas: Debido a la falta de información se ha escogido un valor estimado por el programa para una masa media que se encuentra entre  $200 \text{ kg/m}^2$  y  $500 \text{ kg/m}^2$ .

#### 4.4. Envoltente térmica

Para poder completar esta pestaña primero es necesario definir las diferentes zonas que componen la envoltente térmica del edificio:

- Cubierta
- Suelo
- Fachada: la fachada se divide en cuatro debido a las diferentes orientaciones de cada muro.

Una vez definidas se procede a rellenar los datos que caracterizan cada parte de la envoltente.

##### Cubierta

- Tipo de cubierta: En contacto con el aire
- Superficie:  $183.95m^2$
- Propiedades térmicas: Se buscan en la librería del programa los materiales de los que se compone la cubierta y se introducen. Componentes definidos en el apartado 2.3.
- Puentes térmicos:
  - PT Encuentro de fachada con cubierta

##### Suelo

- Tipo de suelo: En contacto con el terreno
- Superficie:  $183.95m^2$
- Profundidad: Menor o igual que 0.5 metros.
- La longitud acumulada que da al exterior: 54.48m
- Aislamiento térmico: Si



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

- Características del aislamiento:  $2.9 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Puentes térmicos:
  - PT Encuentro de fachada con solera-Suelo con terreno

**Fachada NO**

- Superficie:  $38.36 \text{ m}^2$
- Orientación: Noroeste
- Patrón de sombras: No existe zona que pueda realizar sombra sobre el edificio.
- Propiedades térmicas: Se buscan en la librería del programa y se introducen en el programa CE3X. Composición en el apartado 2.3.
- Nº de huecos: 0
- Puentes térmicos:
  - PT encuentro de fachada con forjado
  - PT Pilar integrado en fachada
  - PT Pilar en esquina

**Fachada SE**

- Superficie:  $38.36 \text{ m}^2$
- Orientación: Sureste
- Patrón de sombras: No existe zona que pueda realizar sombra sobre el edificio.
- Nº de huecos: 0
- Propiedades térmicas: Se buscan en la librería del programa y se introducen en el programa CE3X. La composición se encuentra en el apartado 2.3.
- Puentes térmicos:
  - PT encuentro de fachada con forjado
  - PT Pilar integrado en fachada
  - PT Pilar en esquina

**Fachada SO**

- Superficie:  $40.15 \text{ m}^2$
- Orientación: Suroeste
- Patrón de sombras: Si. Existe un pequeño almacén al lado de la fachada, el cual, debe ser introducido como patrón de sombras debido a que variara los resultados obtenidos por el programa. Para la obtención de este es necesario introducir la distancia al almacén y la longitud de este.
- Propiedades térmicas: Se buscan en la librería del programa y se introducen en el programa CE3X. Composición en el apartado 2.3.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

- Puentes térmicos:
  - PT encuentro de fachada con forjado
  - PT Pilar integrado en fachada
  - PT Pilar en esquina
  - PT Contorno con Huecos
- Nº de huecos: 2

Dimensiones		Características	
Longitud	1.5 m	Permeabilidad del hueco	Poco estanco 100 m3/m2
Altura	1.2 m	Absortividad del marco	α 0.75
Multiplicador	2	<input type="checkbox"/> Dispositivo de protección solar	Dispositivo de protección solar
Superficie	3.6 m2	Patrón de sombras	Prueba
Porcentaje de marco	24 %	<input type="checkbox"/> Doble ventana	

Parámetros característicos del hueco			
<b>Propiedades térmicas</b>	Estimadas		
Tipo de vidrio	Simple	<i>U vidrio</i>	5.7 W/m2K
Tipo de marco	Metálico con RPT	<i>g vidrio</i>	0.82
		<i>U marco</i>	4.0 W/m2K

Ilustración 13. Características Hueco fachada SO. Fuente: Archivo CE3X propio

### Fachada NE

- Superficie: 40.15 m<sup>2</sup>
- Orientación: Noreste
- Patrón de sombras: No existe zona que pueda realizar sombra sobre el edificio.
- Propiedades térmicas: Se buscan en la librería del programa y se introducen en el programa CE3X. Composición en el apartado 2.3.
- Puentes térmicos:
  - PT encuentro de fachada con forjado
  - PT Pilar integrado en fachada
  - PT Pilar en esquina
  - PT Contorno con Huecos
- Nº de huecos: 4

Dimensiones		Características	
Longitud	1.2 m	Permeabilidad del hueco	Poco estanco 100 m3/m2
Altura	0.95 m	Absortividad del marco	α 0.65
Multiplicador	4	<input type="checkbox"/> Dispositivo de protección solar	Dispositivo de protección solar
Superficie	4.56 m2	Patrón de sombras	Sin patrón
Porcentaje de marco	33 %	<input type="checkbox"/> Doble ventana	

Parámetros característicos del hueco			
<b>Propiedades térmicas</b>	Estimadas		
Tipo de vidrio	Simple	<i>U vidrio</i>	5.7 W/m2K
Tipo de marco	Metálico con RPT	<i>g vidrio</i>	0.82
		<i>U marco</i>	4.0 W/m2K

Ilustración 14. Características Huecos fachada SE. Fuente: Archivo CE3X propio

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

**4.5. Instalaciones**

Actualmente para abastecer la demanda de calefacción y de ACS de la vivienda se dispone de un equipo mixto de calefacción y ACS con un depósito de gasóleo sin depósito de acumulación.

Se escogen los valores por defecto del programa debido a la falta de documentación de la instalación actual. El único dato que se puede rellenar con la información actual es que la caldera se encuentra bien aislada y mantenida.

A continuación, se muestra la ilustración obtenida del propio CE3X con los valores de la potencia nominal, el rendimiento medio estacional, el abastecimiento de ACS y calefacción, carga media real y el rendimiento de combustión.

**Equipo mixto de calefacción y ACS**

Nombre	Calefacción y ACS	Zona	Edificio Objeto	
<i>Características</i>		<i>Demanda cubierta</i>		
Tipo de generador	Caldera Estándar	ACS	183.95	Calefacción
Tipo de combustible	Gasóleo-C	Superficie (m2)	183.95	183.95
		Porcentaje (%)	100	100
<i>Rendimiento medio estacional</i>		<i>Rendimiento medio estacional (ACS y Calefacción)</i>		
<b>Rendimiento estacional</b>	Estimado según Instalación	77.2 %		
Potencia nominal	24.0 kW			
Carga media real β <sub>cmb</sub>	0.2 ?	Aislamiento de la caldera		
Rendimiento de combustión	90.0 %	Bien aislada y mantenida		

Ilustración 15. Valores de la instalación del inmueble. Fuente: Archivo CE3X propio

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 5. Calificación actual

Una vez se introducen todos los valores citados anteriormente se procede a obtener la calificación energética actual del edificio. El programa genera el certificado de eficiencia energética del edificio en formato PDF. El informe completo se encuentra en el anexo 2.

En la siguiente imagen se observa la calificación final de la vivienda:

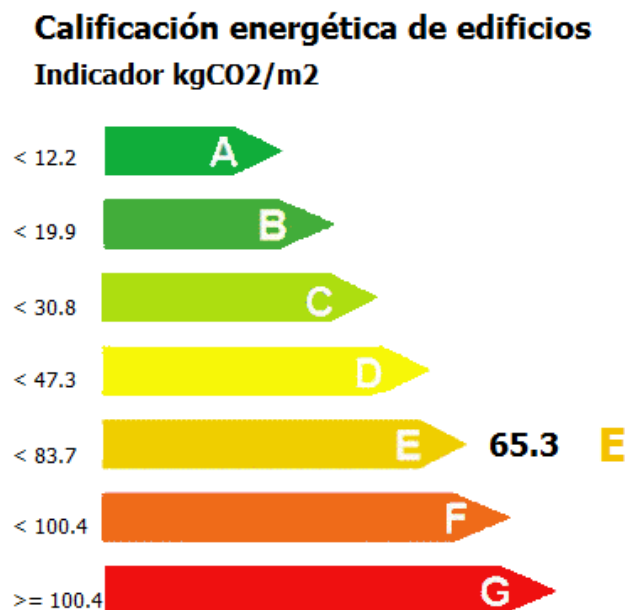


Ilustración 16. Calificación Vivienda actual. Fuente: Archivo CE3X propio

El nivel actual de la vivienda sin rehabilitar es el "E", es decir, que la vivienda tiene como calificación, la media que existe en España.

### 5.1. Demanda y Consumo del edificio:

El programa proporciona la demanda de calefacción, la demanda de refrigeración, sus respectivas emisiones de CO<sub>2</sub> y las emisiones de CO<sub>2</sub> de ACS.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular**Edificio objeto**

<b>Demanda de calefacción</b> (kWh/m <sup>2</sup> )	<b>140.3</b>	<b>E</b>
<b>Demanda de refrigeración</b> (kWh/m <sup>2</sup> )	<b>9.1</b>	<b>A</b>
<b>Emisiones de calefacción</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>56.5</b>	<b>E</b>
<b>Emisiones de refrigeración</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>1.5</b>	<b>A</b>
<b>Emisiones de ACS</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>7.3</b>	<b>F</b>

Ilustración 17. Valores Certificación Energética. Fuente: Archivo CE3X propio

El programa utilizado no proporciona un valor anual de la demanda de ACS, por lo tanto, la ecuación que va a determinar la demanda térmica de ACS mensual que debe tener la vivienda se muestra a continuación:

$$Q_i(kJ) = L * C_p * (T_{ref} - T_{media}) * n_i$$

Siendo

- $Q_i$  es la carga calorífica mensual en kJ
- L es el número de litros necesarios (168 litros)
- $C_p$  el calor específico del agua (4,178 kJ/kg.k)
- $T_{ref}$  es la temperatura marcada como objetivo (60°C)
- $T_{media}$  es la temperatura media de agua fría de cada mes en °C
- $n_i$  el número de días del mes a calcular

Una vez se obtiene la carga calorífica es necesario realizar un cambio de unidades de kJ a kWh para esto:

$$Q_{acs}(kWh) = \frac{Q_i(kJ)}{3600s}$$

Para la obtención de la temperatura media es necesario acudir al apéndice B del Documento básico de ahorro de energía y escoger las temperaturas mostradas para la ciudad de Zaragoza.



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

	En	feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Tmedia</b>	8	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	8
<b>Días mes</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>kWh</b>	314,30	278,42	302,21	280,76	271,99	251,52	241,77	247,81	251,52	278,03	292,46	314,30
<b>KWh/m<sup>2</sup></b>	1,71	1,51	1,64	1,53	1,48	1,37	1,31	1,35	1,37	1,51	1,59	1,71

Tabla 1. Valores Demanda ACS.

Una vez obtenidos los valores mensuales se realiza la suma aritmética y se calcula la demanda de ACS anual:

$$Demanda ACS = 18.08 \frac{kWh}{m^2} año$$

A continuación. se muestra la gráfica donde se puede observar la distribución de las diferentes demandas por meses.

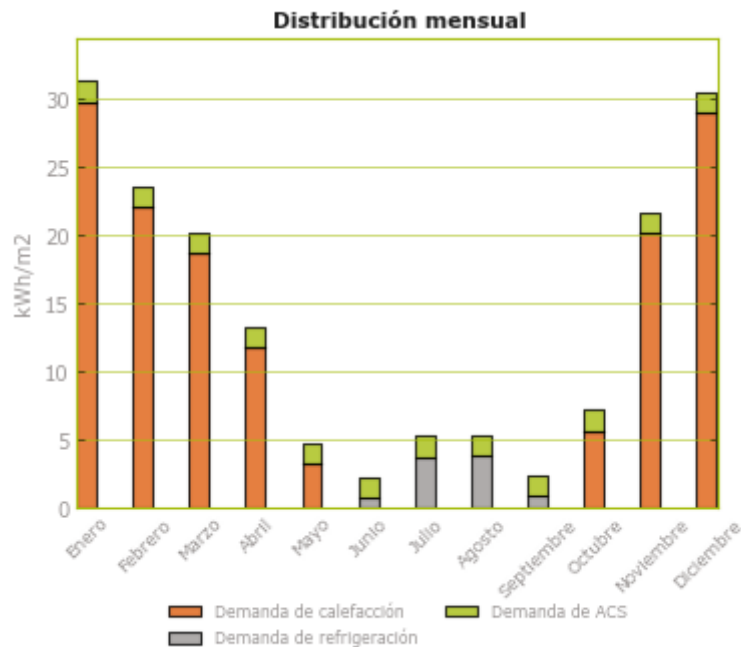


Ilustración 18. Distribución mensual de las demandas. Fuente: Archivo CE3X propio

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Actualmente en la vivienda no existe ningún tipo de aporte energético que provenga de energía renovable, por lo tanto, solo se consume energía primaria no renovable. A continuación se va a mostrar el apartado 2 del informe generado por CE3X (informe completo en el anexo 2) donde se muestran los consumos anuales de energía primaria y sus calificaciones correspondientes.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	250.7 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m <sup>2</sup> año]	E
		214.22		27.52	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m <sup>2</sup> año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m <sup>2</sup> año]	-
		8.94		-	

Ilustración 19. Consumo global y parcial de la vivienda. Fuente: Certificado energético del edificio (archivo propio)

Una vez se obtiene el valor de dicha energía primaria es necesario pasarla a energía secundaria o final para de esta manera obtener el gasto económico correspondiente.

Como se observa en las diferentes imágenes mostradas en este apartado, la refrigeración se sitúa en un nivel A, es decir, el mejor nivel disponible. Mientras que la calefacción y las ACS se encuentran en un nivel E

A continuación, una vez obtenidos los valores del consumo anual de calefacción y ACS, se procede a realizar el cálculo del gasto en euros anual, pero para conseguir dicho valor es necesario convertir el consumo de energía primaria de calefacción y de ACS en energía final o secundaria.

El combustible utilizado es el gasóleo de calefacción y el tipo de energía primaria escogida es la total. Por lo tanto, el coeficiente escogido se obtiene de la siguiente ilustración:



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Factores de conversión de energía final a primaria					
	Fuente	Valores aprobados			Valores previos (***)
		kWh E.primaria renovable /kWh E. final	kWh E.primaria no renovable /kWh E. final	kWh E.primaria total /kWh E. final	kWh E.primaria /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,396	2,007	2,403	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,414	1,954	2,368	2,61
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,075	2,937	3,011	3,35
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,082	2,968	3,049	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,070	2,924	2,994	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,072	2,718	2,790	
Gasóleo calefacción	(***)	0,003	1,179	1,182	1,08
GLP	(***)	0,003	1,201	1,204	1,08
Gas natural	(***)	0,005	1,190	1,195	1,01
Carbón	(***)	0,002	1,082	1,084	1,00
Biomasa no densificada	(***)	1,003	0,034	1,037	
Biomasa densificada (pelets)	(***)	1,028	0,085	1,113	

Ilustración 20. Fuente: <http://www.minetad.gob.es>

$$\frac{kWh E. Primaria total}{kWh E. final} = 1.182$$

La suma total del consumo de energía primaria de la vivienda proviene de sumar el consumo de calefacción y el de ACS:

$$\begin{aligned} Cons. E. primaria total &= Cons. E. primaria Calef. + Cons. E. primaria ACS \\ &= 214.22 + 27.52 = 241.74 \frac{kWh}{m^2} \text{ año} \end{aligned}$$

$$kWh E. Primaria total = 241.74 * A_{vivienda} = 44468.073 kWh$$

$$kWh E. final = \frac{kWh E. Primaria total}{1.182} = 37621.04 kWh$$

Una vez obtenido el valor real de la energía que se ha consumido en un año en la vivienda se realiza el cálculo del gasto económico:

$$Gasto Economico Anual = 37621.04 kWh * 0.09 \frac{\text{€}}{kWh} = 3385.89 \text{ €}$$



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 6. Análisis de los componentes de la envolvente térmica

En un edificio, la envolvente térmica es la encargada de proteger del aire, temperatura y humedad. Por lo tanto, se ocupa de la calidad de vida de las personas que residen en la vivienda.

Para poder realizar un análisis más profundo se han realizado los cálculos de la demanda térmica de calefacción que proviene de la envolvente, para ello se escogen los datos de los meses de enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre.

Gracias a la elaboración de dicho análisis, se conseguirán las siguientes ventajas:

- La distribución porcentual de la demanda que generan las fachadas, el techo, el suelo y los huecos
- Facilitará la elección final de las diferentes propuestas sobre la envolvente térmica porque el programa CE3X solo es capaz de mostrarnos el valor total de la demanda térmica de calefacción y refrigeración mientras que este análisis mostrará de una manera más específica las características propias de la envolvente.

Por lo tanto, para la obtención de las diferentes demandas térmicas de los muros, tejado, suelo y huecos se va a utilizar la siguiente expresión:

$$Dem_{termica,envolvente} (kWh) = \sum U_c * A_c * (T_i - T_e) * h_{Te}$$

Donde

- $U_c$  es la transmitancia térmica del cerramiento "c" ( $W/m^2 K$ )
- $A_c$  el área de la superficie del cerramiento "c" en contacto con la parte exterior de la vivienda.
- $T_i$  es la temperatura constante que se debe tener en el interior de la vivienda ( $^{\circ}C$ )
- $T_e$  es la temperatura que existe en el exterior ( $^{\circ}C$ )
- $h_{Te}$  son las horas totales en las que hay una temperatura exterior.

Una vez descrita la ecuación se procede a explicar la obtención de los diferentes componentes. El desarrollo entero de dichos cálculos y procedimientos se encuentran en el anexo 3.

### Transmitancias:

Los cálculos para conseguir las transmitancias de la fachada y de la cubierta se obtiene de la suma de la resistencia térmica de cada material y realizando la inversa se tiene el valor de la transmitancia.



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

$$R_t \left( m^2 \frac{K}{W} \right) = R_1 + R_1 + \dots + R_n = \frac{e}{\lambda} = \frac{1}{U_t}$$

Siendo

- $R_n$  es la resistencia térmica de cada cerramiento
- $e$  el espesor del material (m)
- $\lambda$  conductividad térmica del material (W/m K)

Para conseguir dichos valores se han obtenido las composiciones de los diferentes cerramientos actuales de la vivienda, descritas en el apartado 2.3. La obtención de los valores de los diferentes materiales se obtiene de la librería que contiene el programa CE3X.

Cerramiento	Transmitancia (U)
Fachada	1.28
Cubierta	0.39
Suelo	0.38
Huecos	5.19

Tabla 2. Transmitancias del Edificio sin rehabilitar. Fuente: Archivo CE3X propio

**Temperatura interior:**

Las condiciones interiores se basan en el reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE). En el apartado de instalaciones de climatización con equipos autónomos dentro del documento de ahorro y eficiencia energética de instalaciones de climatización de la guía técnica se encuentran los intervalos de temperaturas interiores que debe haber en el interior de la casa.

Periodo del año	Temperatura interior
Verano	23 - 25 °C
Invierno	21 - 23°C

Tabla 3. Temperaturas interiores. Fuente: RITE

Por lo tanto, la temperatura interior escogida para los cálculos es de 21 °C.

**Temperatura exterior del ambiente:**

Para la obtención de la temperatura exterior del ambiente, y así poder calcular las demandas de los muros, la cubierta y el suelo, se ha utilizado el programa de análisis de datos climáticos de AEMET: Programa de cálculo de frecuencias horarias. Este programa permite obtener las temperaturas en intervalos de 1 grado de -8.5°C hasta 39.5 °C y las horas mensuales y anuales en las que existe dicha temperatura. Se ha escogido la estación meteorológica de Zaragoza. Con estos intervalos se hará la variación de la temperatura con respecto a la temperatura interior escogida y se multiplicará por las



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

horas mensuales en las que existe dicha variación de esta manera conseguiremos obtener las diferentes demandas por mes.

La tabla con las temperaturas y las horas que se han obtenido con el programa de análisis de datos es la siguiente:

Tipo de Datos: Estaciones Meteorológicas Zaragoza Zaragoza (Aeropuerto) 9434 Variable a representar= Temperatura seca (°C) Tipo= Nº horas													
Intervalo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
-8,5												1	1
-7,5													0
-6,5												2	2
-5,5	1		1									4	6
-4,5	2											8	10
-3,5	3	1	1								1	11	17
-2,5	5	3	1								1	14	24
-1,5	12	6	1								1	16	36
-0,5	26	8	2								2	22	60
0,5	29	14	6								3	23	75
1,5	34	27	9	1							10	34	115
2,5	44	31	11	1							14	41	142
3,5	54	36	13	4							24	41	172
4,5	65	47	20	8						1	32	49	222
5,5	70	51	29	14						3	39	56	262
6,5	75	64	36	21	3					4	46	64	313
7,5	70	60	47	28	4					7	55	71	342
8,5	62	57	55	36	9				1	13	58	64	355
9,5	45	57	59	48	15				2	22	71	62	381
10,5	39	47	59	61	21	1			4	35	71	54	392
11,5	35	46	64	61	34	5			7	49	70	35	406
12,5	24	34	56	61	39	6			13	50	61	25	369
13,5	18	23	52	54	50	10	1	1	16	57	45	15	342
14,5	14	20	45	51	52	17	5	5	27	64	35	12	347
15,5	8	13	37	46	57	22	11	9	38	72	26	8	347
16,5	5	13	33	42	55	33	17	19	58	67	23	5	370
17,5	3	8	27	35	51	39	28	31	67	63	15	3	370
18,5	1	4	23	28	46	54	38	39	64	52	8	2	359
19,5		2	19	26	45	48	51	50	56	44	5	1	347
20,5			13	22	38	50	55	59	54	37	2	1	331
21,5			10	20	39	49	56	61	49	31	1		316



*Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular*

22,5			6	16	35	42	56	56	47	24	1		283
23,5			4	11	26	43	49	52	42	19			246
24,5			3	9	25	38	46	49	36	12			218
25,5			1	7	24	36	41	44	32	8			193
26,5			1	4	19	33	40	39	30	3			169
27,5				2	17	32	36	38	23	3			151
28,5				1	15	28	36	33	15	2			130
29,5				1	8	27	29	35	12	1			113
30,5				1	6	23	27	28	10	1			96
31,5					5	22	24	25	6				82
32,5					3	16	23	20	5				67
33,5					1	15	24	14	3				57
34,5					1	12	17	13	2				45
35,5					1	9	15	7	1				33
36,5						5	11	7					23
37,5						3	5	7					15
38,5						1	2	3					6
39,5						1	1						2

**Temperatura exterior del terreno:**

Para la obtención de dicha temperatura se ha recurrido a reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE) en la guía técnica: condiciones climáticas exteriores de proyecto. La temperatura del terreno en la estación meteorológica del aeropuerto de Zaragoza es de 13.14°C.

Provincia	Estación		Indicativo			
Zaragoza	Zaragoza (Aeropuerto)		9434			
<b>UBICACIÓN: AEROPUERTO</b>			<b>Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO</b>			
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad
247	41°39'43"	01°00'29" W	87.600 (1998-2007)	(2) 18.980 (1998-2007)	13.140 (1998-2006)	

Ilustración 21. Temperatura Terreno, Zaragoza. Fuente: Guía técnica: condiciones exteriores de proyecto

Tras la obtención de las diferentes variables se procede a realizar el cálculo, mediante una hoja de cálculo de Excel, de las demandas de las partes de la envolvente por separado y mensualmente divididas entre el área total de la vivienda.



*Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular*

Demanda mensual (kWh/m <sub>2</sub> )							
Cerramiento	Ene	Feb	Mar	Abr	Oct	Nov	Dic
Tejado	4,32	3,50	2,82	2,11	1,54	3,17	4,34
Hueco	2,50	2,02	1,63	1,22	0,89	1,83	2,51
Suelo	2,22	2,01	2,22	2,15	2,22	2,15	2,22
Muros	11,93	9,66	7,80	5,83	4,25	8,75	11,98

Tabla 4. Demanda Mensual De la envolvente. Fuente: Excel Propio

Se observa en la siguiente tabla la demanda de calefacción en kWh de los diferentes intervalos de temperatura estudiados:

Demanda térmica total por intervalos de Temperatura (Cubierta+Suelo+Huecos+Fachada) (kWh)							
Intervalo	Ene	Feb	Mar	Abr	Oct	Nov	Dic
-8,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,93
-7,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-6,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,58
-5,5	8,97	0,00	8,97	0,00	0,00	0,00	35,89
-4,5	17,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,23
-3,5	25,01	8,34	8,34	0,00	0,00	8,34	91,70
-2,5	40,09	24,06	8,02	0,00	0,00	8,02	112,26
-1,5	92,41	46,20	7,70	0,00	0,00	7,70	123,21
-0,5	191,95	59,06	14,77	0,00	0,00	14,77	162,42
0,5	204,88	98,91	42,39	0,00	0,00	21,19	162,49
1,5	229,40	182,17	60,72	6,75	0,00	67,47	229,40
2,5	282,89	199,31	70,72	6,43	0,00	90,01	263,60
3,5	330,02	220,01	79,45	24,45	0,00	146,67	250,57
4,5	376,58	272,30	115,87	46,35	5,79	185,39	283,89
5,5	383,30	279,26	158,80	76,66	16,43	213,55	306,64
6,5	386,84	330,11	185,69	108,32	20,63	237,26	330,11
7,5	338,81	290,41	227,48	135,52	33,88	266,21	343,65
8,5	280,38	257,77	248,73	162,80	58,79	262,29	289,43
9,5	189,20	239,65	248,06	201,81	92,50	298,52	260,68
10,5	151,58	182,67	229,31	237,08	136,03	275,95	209,88
11,5	124,91	164,16	228,40	217,70	174,87	249,82	124,91
12,5	78,02	110,53	182,05	198,31	162,55	198,31	81,27
13,5	52,80	67,46	152,52	158,39	167,19	131,99	44,00

*Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular*

14,5	36,61	52,31	117,69	133,38	167,38	91,54	31,38
15,5	18,38	29,87	85,01	105,68	165,42	59,73	18,38
16,5	9,90	25,74	65,33	83,15	132,64	45,53	9,90
17,5	4,99	13,29	44,87	58,16	104,69	24,93	4,99
18,5	1,34	5,38	30,91	37,63	69,89	10,75	2,69
19,5	0,00	2,05	19,50	26,68	45,15	5,13	1,03
20,5	0,00	0,00	9,21	15,58	26,21	1,42	0,71
21,5	0,00	0,00	3,91	7,81	12,11	0,39	0,00
22,5	0,00	0,00	0,44	1,16	1,74	0,07	0,00
23,5	0,00	0,00	-0,98	-2,70	-4,66	0,00	0,00
24,5	0,00	0,00	-1,69	-5,07	-6,76	0,00	0,00
25,5	0,00	0,00	-0,88	-6,17	-7,05	0,00	0,00
26,5	0,00	0,00	-1,20	-4,79	-3,60	0,00	0,00
27,5	0,00	0,00	0,00	-3,03	-4,55	0,00	0,00
28,5	0,00	0,00	0,00	-1,83	-3,67	0,00	0,00
29,5	0,00	0,00	0,00	-2,15	-2,15	0,00	0,00
30,5	0,00	0,00	0,00	-2,47	-2,47	0,00	0,00
31,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
32,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
33,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
35,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
36,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
38,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 5. Demanda de calefacción por intervalo de temperatura (kWh)

Los valores en color verde corresponden a la necesidad de obtención de energía para calefacción. Mientras que los valores en rojo indican que no es necesaria la calefacción. En el anexo 3 se encuentran las tablas con los valores de la composición de la envolvente térmica de manera individual. Los valores anuales se observan en la siguiente tabla:

Cerramientos	Demanda anual (kWh/m <sub>2</sub> )
Tejado	21,79
Huecos	12,60
Suelo	15,20
Muros	60,20

Tabla 6. Demanda anual de la envolvente. Fuente: Excel propio

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Por último, en la siguiente gráfica se muestra la distribución en tanto por ciento de las diferentes partes estudiadas:

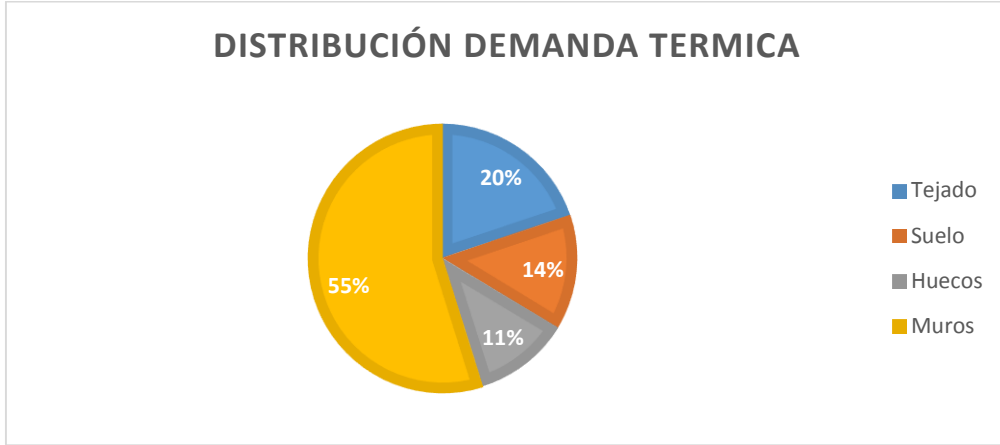


Ilustración 22. Distribución Demanda Térmica. Fuente: Archivo Excel propio

Una vez realizados los cálculos se observa como el mayor peso proviene de los muros con un 55% mientras que los huecos es el dato de menor peso con el 11% del total.

Que la fachada tenga más de la mitad del peso dentro de la demanda es un dato alarmante comparándolo con el porcentaje que ocupa en el área total de esta. Por otro lado, y siguiendo dicha comparación Demanda-Área, los huecos que existen en la fachada también son otro dato que informa sobre la necesidad de la variación de las instalaciones actuales en los huecos. En la siguiente grafica se pueden observar las comparaciones de las distribuciones del área y de la demanda:

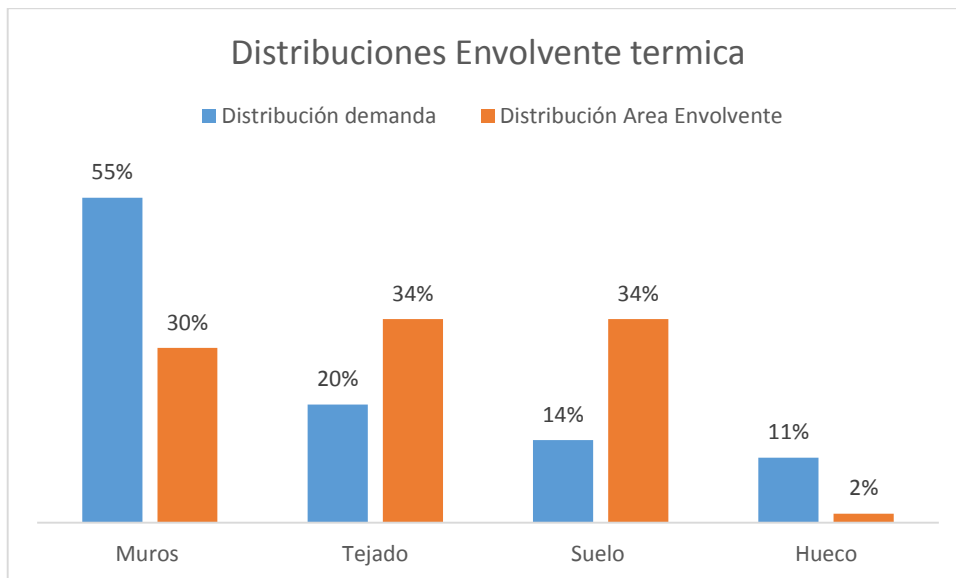


Ilustración 23. Distribuciones Envolvente térmica. Fuente: Archivo Excel Propio



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Para la elección de dichas propuestas no se deben sobrepasar los valores límites de obligado cumplimiento que se muestran en el Documento Básico HE de Ahorro de energía para la zona climática de invierno D3.

Parámetro	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno <sup>(1)</sup> [W/m <sup>2</sup> ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m <sup>2</sup> ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos <sup>(2)</sup> [W/m <sup>2</sup> ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50

Tabla 7. Transmitancias límite. Fuente: DB-HE

A continuación se muestra la tabla donde se observan los valores actuales frente a los valores límites:

Cerramiento	Transmitancia (U)	Transmitancia Máxima
Fachada	1.28	0.6
Cubierta	0.39	0.4
Suelo	0.38	0.4
Huecos	5.19	2.7

Tabla 8. Comparación de transmitancias. Fuente: Excel propio.

Como se observa en la tabla los muros y los huecos sobrepasan el límite marcado. Por lo tanto, si a esto le sumamos la gran diferencia que se observa en la gráfica 22, las propuestas a realizar para la mejora de la envolvente actual van a ser sobre la fachada y los huecos del edificio actual.



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 7. Descripción de las mejoras del aislamiento de la envolvente térmica:

### 7.1. Fachada:

Actualmente existen diversos modos para mejorar el aislamiento térmico de una fachada. En el presente proyecto se descarta la posibilidad de aislamiento por el interior porque reduciría la vivienda y sería necesario realizar obras en el interior de la vivienda. Por lo tanto, se escoge la rehabilitación exterior de la fachada.

#### Aislamiento por el exterior

Como su propio nombre indica todo el aislante se colocara por el exterior de la vivienda. Este tipo de aislamiento se basa en un sistema multicapa, el cual, se compone de un elemento aislante que se fija a un soporte gracias a unas fijaciones mecánicas y mortero adhesivo, después se aplica un mortero como refuerzo, el cual está armado con una malla de fibra de vidrio y para finalizar se imprima y se reviste con un acrílico con enfoque decorativo

A favor de esta opción encontramos varias ventajas ya que no sería necesario perder superficie hábil del inmueble y las obras no molestarían a la habitabilidad. Mientras que las ventajas más importantes frente al aislamiento por el interior son:

- Eliminación de todos los puentes térmicos del cerramiento y así conseguir la eliminación de los posibles huecos que existan en la fachada por donde se pueda perder calor.
- Se aprovecha la inercia térmica de los materiales, ya que los materiales que tienen mayor inercia se calientan durante el día lentamente gracias a la radiación solar y luego se enfrían lentamente por la noche. Esto consigue que exista un equilibrio en la temperatura a lo largo del día.

Los sistemas más utilizados para poder realizar este tipo de aislamiento son:

- Fachada Ventilada: Lo que se pretende obtener es la circulación del aire por simple convección y gracias a esto se consigue una ventilación natural.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

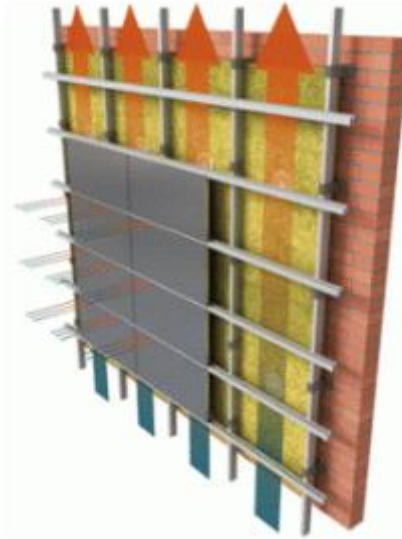


Ilustración 24. Fachada Ventilada. Fuente Imagen: <http://okoliarquitectos.es>

Sobre la fachada existente se ancla una estructura metálica (suele ser aluminio o acero inoxidable) que será la encargada de soportar la placa exterior. Una vez se instale dicha estructura se procede a colocar la capa aislante ya sea mediante un mortero adhesivo o espigas plásticas a la fachada. Después de lo anteriormente citado se instalan las placas exteriores que pueden ser de materiales cerámicos, madera, etc. Para finalizar se colocará otra capa exterior para realizar el acabado. La encargada de permitir que exista una cámara de aire es la subestructura instalada al inicio consiguiendo de esta manera la renovación de aire deseada.

Como se observa en la siguiente imagen el aire frío entra por la parte inferior y sale como aire caliente por la parte superior de dicha cámara.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

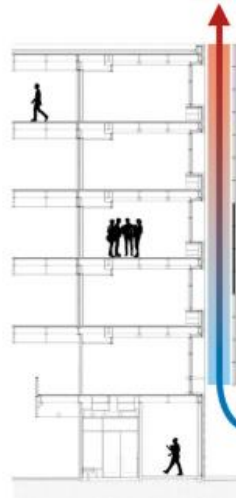


Ilustración 25. Renovación de aire. Fuente: <http://www.tempio.es/>

- SATE (Sistema de aislamiento térmico por el exterior): Se realiza colocando placas de aislamiento mediante adhesivos y fijación mecánica a la pared exterior del muro de la fachada. Cabe destacar que los componentes de dicho sistema tienen que formar parte de un único conjunto por lo que los componentes deben estar creados y han tenido que pasar unos ensayos de forma conjunta.

A continuación, se muestra en la ilustración los componentes del sistema SATE:

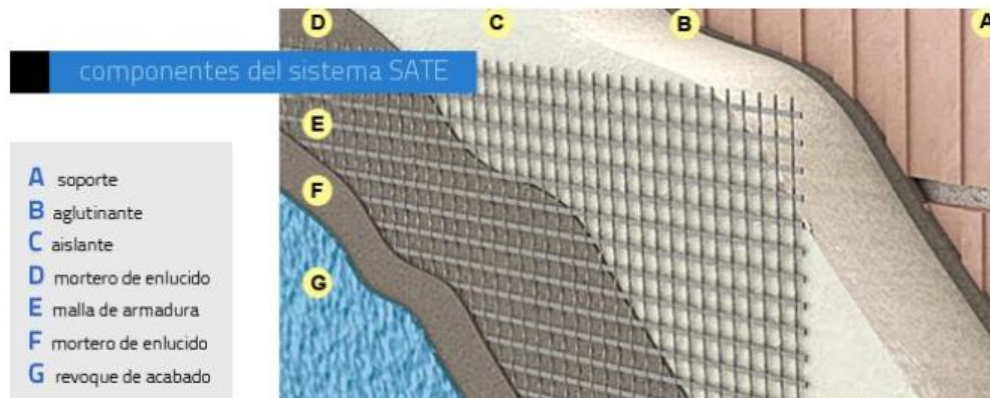


Ilustración 26. Sistema SATE. Fuente: Fuente Imagen: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com>

Como se observa en la imagen anterior la manera de instalar este sistema no es tan compleja como la de la fachada ventilada lo que supone que el sistema SATE sea más barato.

Uno de los defectos que se pueden encontrar a este sistema es que para un periodo de tiempo continuo en el que las temperaturas elevadas no descienden puede llegar a causar que el aislante se caliente y por lo tanto calentará la fachada con el problema del calentamiento del interior del edificio.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 7.2. Huecos

Dentro de la fachada, la función de las ventanas es la de permitir la relación entre el exterior y el interior del recinto permitiendo el paso de la luz, aire, ruido y energía.

El cambio de las ventanas es un factor importante a la hora de realizar la rehabilitación de la residencia porque, gracias a estas, se puede reducir de manera considerable las pérdidas energéticas. Este hecho conlleva que el uso del aire acondicionado y la calefacción desciendan.

Los factores a tener en cuenta para una elección correcta son los siguientes:

- Acristalamiento: El vidrio que conforma la ventana es un factor fundamental a la hora de escoger la ventana deseada.
- Orientación y localización de las ventanas: Se ha de tener en cuenta el material a escoger dependiendo de la situación donde se encuentra cada ventana.
- Material utilizado en marco y perfiles: Es fundamental observar el material a escoger desde la perspectiva térmica, por lo que es necesario tener en cuenta la transmitancia térmica (coeficiente U). Supone alrededor de un 25% del área de la ventana.
- Permeabilidad al aire de la ventana.
- Rotura de puente térmico: Es necesario realizar esta técnica para que las pérdidas sean las mínimas, ya que, de existir puente térmico se produciría una transmisión de calor entre el interior y exterior.

Por lo tanto, una correcta selección de los factores explicados anteriormente hará que obtengamos un ahorro gracias a la sustitución de las actuales ventanas.



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 8. Propuestas para la mejora de la envolvente térmica

Las propuestas que se van a realizar para la modificación de la envolvente térmica van a ser analizadas de manera separada para después escoger la mejor o la unión de las mejores opciones desde un punto de vista de ahorro tanto energético como económico. Las propuestas escogidas para dicho análisis son:

- Mejora de la Fachada:
  - Sistema para el aislamiento térmico por el exterior (SATE)
  - Fachada ventilada
- Huecos:
  - Variación de marcos y vidrios de las ventanas

Con respecto a la mejora de la fachada una de las grandes ventajas que presentan los sistemas a estudiar para la rehabilitación es la eliminación de los puentes térmicos presentes en las diferentes fachadas. Por lo tanto, los valores de los puentes térmicos serán nulos para los casos en los que la fachada sea rehabilitada mediante sistema SATE o fachada ventilada.

### 8.1. Sistema para el aislamiento térmico por el exterior (SATE):

Para analizar este tipo de sistema se van a utilizar 2 tipos de aislantes que se añadirán por separado al sistema con un espesor de 50 mm en ambos casos.

- Poliestireno expandido
- Panel de lana mineral

El Sistema ETICS Traditerm "GRUPO PUMA" para aislamiento térmico por el exterior de fachada es el elegido para variar los aislantes. A continuación, se muestra el detalle constructivo de dicho sistema.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

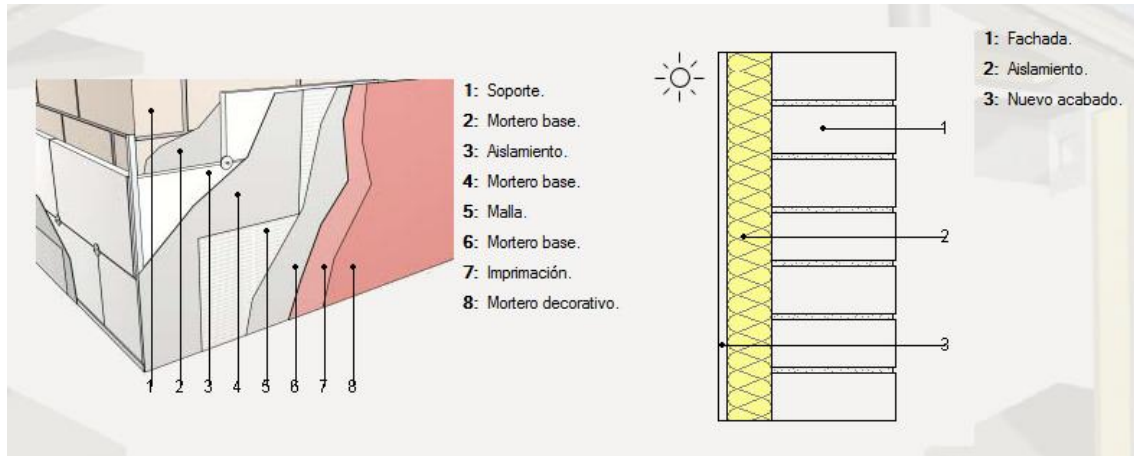


Ilustración 27. Detalle constructivo: Sistema ETICS. Fuente: Arquímedes

Una vez escogido el sistema que formara la fachada rehabilitada se procede a obtener las diferentes características de los aislantes a utilizar.

	Espesor (mm)	Resistencia térmica ( $\frac{m^2K}{W}$ )	Conductividad térmica ( $\frac{W}{mK}$ )	Precio del sistema total (€/m <sup>2</sup> )
<b>Opción 1: Lana mineral</b>	50	1,35	0,036	81.07
<b>Opción 2: Pol. Expandido</b>	50	1,38	0,038	69.08

Tabla 9. Características de los aislantes analizados

El precio de los sistemas para las mejoras de las fachadas se obtiene del programa Arquímedes y se encuentran desglosados en el anexo 7.

Así pues, se procede a realizar la introducción de datos como medidas de mejora de la vivienda y se obtienen los siguientes resultados. El informe completo de mejoras se encuentra en el anexo 7 junto a los cálculos realizados para la obtención del consumo económico anual de calefacción.

	Opción 1	Opción 2
Aislante	Pol. Expandido	Lana Mineral
<b>U fachada (<math>\frac{W}{m^2K}</math>)</b>	0.48	0,46
<b>Ahorro Consumo energético de Calefacción</b>	45.40 %	45,70%
<b>Ahorro Consumo energético de Refrigeración</b>	12.7 %	13,30%
<b>Ahorro Económico Anual de calefacción (€)</b>	1362.63	1370.66
<b>Coste medida (€)</b>	10949.18	12849.59

Tabla 10. Resultado medidas con Sistema SATE

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 8.2. Fachada ventilada

Se escoge el sistema PLACOTHERM V EGR PLACO del programa "ARQUIMEDES" para la estructura metálica, impermeabilización, el tratamiento de juntas y el revoco. Mientras que para escoger el aislante se realizará un estudio entre tres posibles tipos.

En la siguiente imagen se observa la descomposición del sistema escogido:

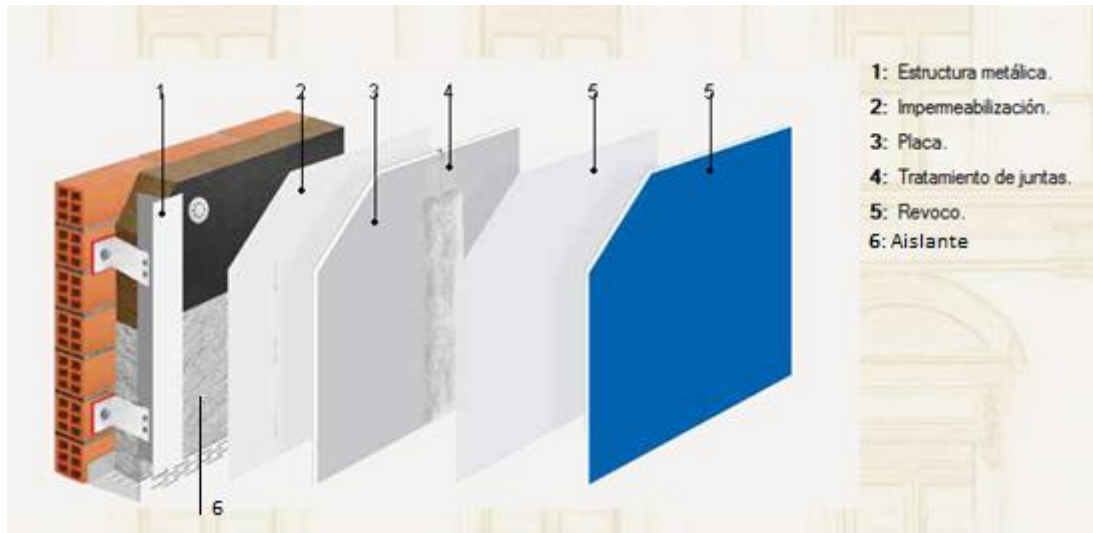


Ilustración 28. Descripción Sistema PLACOTHERM V. Fuente: Generador de precio "Arquimedes".

El precio por metro cuadrado del sistema sin contar el aislamiento es de  $95.01 \text{ €/m}^2$ . Dicho precio se ha obtenido de la base de datos del programa "Arquimedes". La descripción completa del sistema escogido se encuentra en el anexo 8 junto con las características y la descomposición del precio final.

Lo que se va a variar del sistema anterior es el aislante instalado. Para ello se van a analizar tres propuestas de aislantes:

- Lana Mineral
- Poliestireno expandido
- Poliestireno extruido

Para el análisis de los aislantes se va a escoger un espesor de 50mm para los tres casos así se podrá observar de manera más clara la diferencia entre ellos.

A continuación, se muestra la tabla con las características necesarias para implantar la medida de mejora en el programa CE3X, las cuales, se han obtenido del anexo 8



*Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular*

	Espesor (mm)	Resistencia térmica ( $\frac{m^2K}{W}$ )	Transmitancia ( $\frac{W}{m^2K}$ )	Conductividad térmica ( $\frac{W}{mK}$ )	Precio (€/m <sup>2</sup> )
Lana mineral	50	1,4	0,71	0,035	14,43
Pol. Expandido	50	1,35	0,74	0,036	12,23
Pol. Extruido	50	1,5	0,67	0,034	15,03

Tabla 11. Características Aislantes. Fuente: Generador de precios Arquímedes

Tras la introducción de los diferentes datos en el programa CE3X como medidas de mejora se obtiene un informe de medidas de mejora. En la siguiente tabla se encuentran los datos más relevantes a la hora de escoger la opción final para la rehabilitación de la fachada.

	Opción A	Opción B	Opción C
Sistema	PLACOTHERM V		
Aislante	Lana Mineral	Pol. Expandido	Pol. Extruido
U fachada ( $\frac{W}{m^2K}$ )	0,45	0,46	0,44
Ahorro Consumo energético de Calefacción	45,80%	45,70%	46%
Ahorro Consumo energético de Refrigeración	13,60%	13.3 %	13,90%
Ahorro Económico Anual de calefacción (€)	1374,71	1370,65	1378,92
Coste medida (€)	17293,7	16946,06	17388,5

Tabla 12. Características opciones fachada ventilada

Los cálculos y/o valores de la anterior tabla se encuentran explicados con mayor detalle en el anexo 8.

### 8.3. Rehabilitación de huecos:

El marco actual se encuentra en buen estado y por lo tanto, la propuesta principal va a ser la de sustituir solo los vidrios de las ventanas y dejar el marco metálico actual. Las características actuales del marco se encuentran en el apartado 6.

A continuación, se muestra la tabla con diferentes tipos de acristalamiento dependiendo de la composición del acristalamiento y tipo de vidrio.





Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Acristalamiento							
Tipo	Composición	Cámara	U ( $\frac{W}{m^2K}$ )	Factor solar	Precio (€/m <sup>2</sup> )	Vidrio Ext-Int	Referencia
Estándar	6 10 6	Aire	2,9	0,75	67,61	Float-Float	1
		Gas	2,7	0,75	73,95		2
Bajo Emisivo		Aire	1,8	0,39	75,35	Float-Bajo Emisivo	3
		Gas	1,4	0,39	81,7		4
Estándar	6 12 6	Aire	2,8	0,75	67,92	Float-Float	5
		Gas	2,7	0,75	74,26		6
Bajo Emisivo		Aire	1,6	0,39	75,67	Float-Bajo Emisivo	7
		Gas	1,3	0,39	82,01		8
Estándar	6 16 8	Aire	2,7	0,74	79,41	Float-Float	9
		Gas	2,6	0,74	82,76		10
Bajo Emisivo		Aire	1,4	0,39	110,88	Float-Bajo Emisivo	11
		Gas	1,1	0,38	117,21		12

Tabla 13. Acristalamiento: Propuestas Iniciales. Fuente: Propio

En el anexo 9 se puede encontrar las características y la descomposición de los precios de las referencias de manera individual.

Una vez se tienen las diferentes propuestas se procede a realizar los cálculos de las transmitancias de los vidrios necesarias para no superar las limitaciones marcadas por el DB-HE. Por lo tanto, es necesario obtener un valor de transmitancia de los huecos que no supere el valor límite de 2.7 obtenido de la Tabla 7.

Despejando de las siguientes ecuaciones se obtienen los valores que indican las transmitancias que debe tener los vidrios para cumplir junto al marco la limitación marcada.

$$Porcentaje_{marco_{SO}} * U_{marco_{SO}} + Porcentaje_{vidrio_{SO}} * U_{Max\ vidrio_{SO}} = 2.7 \left(\frac{W}{m^2} K\right)$$

$$Porcentaje_{marco_{NE}} * U_{marco_{NE}} + Porcentaje_{vidrio_{NE}} * U_{Max\ vidrio_{NE}} = 2.7 \left(\frac{W}{m^2} K\right)$$

$$U_{Max\ vidrio_{SO}} = 2.05 \left(\frac{W}{m^2} K\right)$$

$$U_{Max\ vidrio_{NE}} = 2.28 \left(\frac{W}{m^2} K\right)$$

Con los datos de la transmitancias ya calculados, se pueden reducir las posibilidades. Por lo tanto, las siguientes referencias cumplirían las limitaciones:



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Acristalamiento							
Tipo	Composición	Cámara	U ( $\frac{W}{m^2} K$ )	Factor solar	Precio (€/m <sup>2</sup> )	Vidrio Ext-Int	Referencia
Bajo Emisivo	6 10 6	Aire	1,8	0,39	75,35	Float-Bajo Emisivo	3
		Gas	1,4	0,39	81,7		4
Bajo Emisivo	6 12 6	Aire	1,6	0,39	75,67	Float-Bajo Emisivo	7
		Gas	1,3	0,39	82,01		8
Bajo Emisivo	6 16 8	Aire	1,4	0,39	110,88	Float-Bajo Emisivo	11
		Gas	1,1	0,38	117,21		12

Tabla 14. Acristalamiento: 1º Reducción de Propuestas. Fuente: Propia

Ahora se procede a realizar el cálculo del área de los vidrios de la vivienda para realizar una comparación económica entre las diferentes referencias

$$Area_{hucos_{NE}} = n^{\circ} \text{ de huecos} * \% \text{ vidrio} * A_{hucos_{NE}} = 3.05 \text{ m}^2$$

$$Area_{hucos_{SO}} = n^{\circ} \text{ de huecos} * \% \text{ vidrio} * A_{hucos_{SO}} = 2.73 \text{ m}^2$$

Una vez obtenida el área total se multiplica por el precio por metro cuadrado que se muestra en la Tabla 17 y se obtienen los valores de las 12 referencias:

Referencia	Coste de las mejoras (€)
1	390,7858
2	427,431
3	435,523
4	472,226
5	392,5776
6	429,2228
7	437,3726
8	474,0178
9	458,9898
10	478,3528
11	640,8864
12	677,4738

Tabla 15. Precio de las mejoras de vidrios.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Se observa que solo existe unos 2 € de diferencia entre las referencias 3 y 7 y 4 y 8, así pues, se escogen las opciones con menor transmitancia térmica. Es decir, las referencias 7 y 8.

Por último, se procede a escoger dos de las 4 referencias disponibles:

- La referencia 7 se descarta por ser la que mayor transmitancia posee, es decir menor resistencia térmica.
- La referencia 11 se descarta porque ofrece peores características que la referencia 8 y un mayor coste.

En la siguiente tabla se muestran las propuestas finales para la rehabilitación de los vidrios:

Acristalamiento						
Tipo	Composición	Cámara	U ( $\frac{W}{m^2 K}$ )	Factor solar	Precio (€/m <sup>2</sup> )	Referencia
Bajo	6 12 6	Gas	1,3	0,39	82,01	8
Emisivo	6 16 8	Gas	1,1	0,38	117,21	12

Tabla 16. Acristalamiento: Propuestas finales. Fuente: Propia

Una vez introducidos los diferentes valores como medidas de mejora en el programa CE3X se obtienen los siguientes resultados de ambas referencias:

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro	
Demanda de calefacción	139.0 E	140.3 E	0.9 %	A
Demanda de refrigeración	7.4 A	9.1 A	19.5 %	B
Emisiones de calefacción	56.0 E	56.5 E	0.9 %	C
Emisiones de refrigeración	1.2 A	1.5 A	19.5 %	D
Emisiones de ACS	7.3 F	7.3 F	0.0 %	E
EMISIONES GLOBALES	64.5 E	65.3 E	1.2 %	64.5 E
				F
				G

Ilustración 29. Resultados Medidas de mejora de la Ref. 8. Fuente: Archivo CE3X propio

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro	
Demanda de calefacción	138.9 E	140.3 E	1.0 %	A
Demanda de refrigeración	7.4 A	9.1 A	19.6 %	B
Emisiones de calefacción	56.0 E	56.5 E	1.0 %	C
Emisiones de refrigeración	1.2 A	1.5 A	19.6 %	D
Emisiones de ACS	7.3 F	7.3 F	0.0 %	E
EMISIONES GLOBALES	64.4 E	65.3 E	1.3 %	64.4 E
				F
				G

Ilustración 30. Resultados medidas de mejora de la Ref. 12. Fuente: Archivo CE3X propio



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

En la siguiente tabla se encuentran los valores finales obtenidos de los informes de mejoras realizados por CE3X o por cálculos manuales. Se pueden encontrar los valores de esta tabla en el anexo 9.

	Referencia 8	Referencia 12
<b>U (<math>\frac{W}{m^2} K</math>) de los Huecos SO</b>	1,14	1,06
<b>U (<math>\frac{W}{m^2} K</math>) de los Huecos NE</b>	1,22	1,15
<b>Ahorro Consumo energético de Calefacción</b>	0,9 %	1 %
<b>Ahorro Consumo energético de Refrigeración</b>	19,5 %	19,6 %
<b>Ahorro Económico Anual calefacción (€)</b>	27.30	28.84
<b>Coste Medida (€)</b>	474,01	677,47

Tabla 17. Características de las medidas de mejora de los huecos. Fuente: Propia

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 9. Propuesta final Rehabilitación envolvente térmica:

Una vez obtenidos todos los análisis de las propuestas de mejora de la envolvente se procede a la comparación de las diferentes características obtenidas y de esta manera poder escoger la que será la propuesta final para rehabilitar la envolvente térmica.

Sistema	Rehabilitación Envolvente Térmica						
	Fachada					Huecos	
	Fachada Ventilada			SATE		Composición Doble acristalamiento	
	Lana Mineral	Pol. Expandido	Pol. Extruido	Pol. Expandido	Lana Mineral	6-12-6	6-16-8
Ahorro Calefacción	45,80%	45,70%	46%	45.40 €	45,70%	0,90%	1%
Ahorro Refrigeración	13,60%	13.3 %	13,90%	12.7 %	13,30%	19,50%	19,60%
Ahorro Económico Anual de calefacción (€)	1374,71	1370,65	1378,92	1362.63	1370.66	27.30	28.84
Coste medida (€)	17293,7	16946,06	17388,5	10949.18	12849.59	474,01	677,47

Tabla 18. Características Envolvente térmica. Fuente: Excel Propio

Con respecto a los ahorros debido a la rehabilitación de la fachada se observa como las opciones de la fachada ventilada obtienen un ahorro mayor frente al sistema SATE pero existe una gran diferencia en lo que respecta al coste de las medidas. Así pues, la opción elegida para la rehabilitación de la fachada será el sistema SATE con aislante de poliestireno expandido.

Mientras que en el caso de la rehabilitación de los huecos se opta por la opción con la composición de los acristalamientos 6-12-6, ya que, el ahorro es prácticamente similar pero el coste es mucho más elevado en el caso realizar una composición de 6-16-8.

Por lo que, al calcular con los datos de la nueva propuesta la distribución de las demandas térmicas final de la envolvente.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

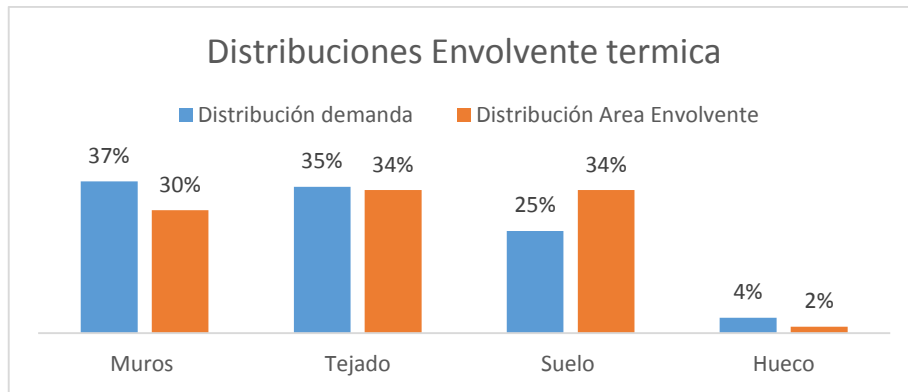


Ilustración 31. Distribución Envolverte Térmica

Con esta propuesta se obtiene un reparto más equitativo de la demanda entre los componentes de la envolverte térmica y con respecto al área de cada uno de ellos.



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 10. Descripción de los sistemas de obtención de energía:

### 10.1. Caldera de biomasa:

La principal ventaja por la que se ha elegido este sistema es por ser un sistema eficiente y renovable, además de poder producir agua caliente sanitaria y que el funcionamiento este basado en desechos que proceden de la naturaleza.

Los desechos escogidos para este proyecto son los denominados como pellets, los cuales, se elaboran a partir de serrín natural seco, sin aditivos.

La combustión de los desechos produce energía térmica y/o eléctrica y con ello se abastece las diferentes necesidades domésticas que existen en una vivienda.

Ventajas	Desventajas
Fuente de energía inagotable	Rendimientos menores que los combustibles fósiles
Niveles bajos de contaminación	Mayor espacio de almacenamiento
Buen sistema de reciclado de residuos industriales	Costes de instalaciones elevados
Eficiencia energética superior a los sistemas convencionales	

Tabla 19. Ventajas y desventajas de la biomasa. Fuente: Propia

### 10.2. Energía Solar térmica:

Este tipo de energía consiste en aprovechar la energía que genera el sol para transferirla a un medio capaz de portar el calor, en este proyecto será el agua.

Mediante captadores se almacena la energía calorífica en un depósito de acumulación donde el agua caliente que se acumule será utilizada para satisfacer el consumo de ACS que se genere en la vivienda. Como el momento en el que la demanda de agua no suele coincidir con el momento de mayor radiación será necesario aprovechar el máximo de las horas de sol para acumular la energía en forma de agua caliente.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 11. Obtención de las características de los sistemas de obtención de calor

Con el fin de facilitar la elección de los diferentes sistemas y poder introducir las diferentes medidas de mejora para las diferentes propuestas de mejora se han realizado los siguientes cálculos:

- Obtención de carga térmica máxima de calefacción y ACS
- Obtención del volumen del depósito de acumulación
- Valor del área de los captadores solares

### 11.1. Carga térmica Máxima de calefacción:

Para poder escoger de manera correcta las instalaciones es necesario calcular la carga térmica.

Las temperaturas necesarias para dimensionar las instalaciones tanto de calefacción se han obtenido del reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE) en la guía técnica: condiciones climáticas exteriores de proyecto.

Provincia	Estación		Indicativo				
Zaragoza	Zaragoza (Aeropuerto)		9434				
<b>UBICACIÓN: AEROPUERTO</b>			<b>Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO</b>				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
247	41°39'43"	01°00'29" W	87.600 (1998-2007)	(2) 18.980 (1998-2007)	13.140 (1998-2006)		
<b>CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)</b>							
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoín (%)	OMA (°C)		
-9,5	-3,0	-1,1	9,3	89	39,2		
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
42,3	36,2	21,8	34,5	21,7	32,8	21,5	17,1
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)		
23,3	33,7	22,5	33,4	21,8	32,7		

Ilustración 32. Temperaturas Instalaciones de calefacción. Fuente: RITE





Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

A continuación, se muestra la tabla con los valores de la temperatura escogidos para el cálculo de la carga máxima. La explicación detallada sobre la elección de las diferentes temperaturas se encuentra en el anexo 4.

<b>Temperatura seca Calefacción (99%)</b>	-1.1
<b>Temperatura terreno</b>	13.14
<b>Temperatura interior</b>	21

Tabla 20. Temperaturas escogidas.

Para la obtención de dicha carga es necesario calcular las cargas por transmisión y las cargas de ventilación.

Para calcular las cargas de transmisión es necesario tener en cuenta unos suplementos añadidos debidos a la dificultad de obtener un valor exacto de las pérdidas de calor que existen.

Orientación	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
z <sub>2</sub> (tanto por uno)	0	0,025	0,075	0,125	0,175	0,175	0,125	0,075

Ilustración 33. Suplementos por Orientación.

Por lo tanto, la ecuación a utilizar será la siguiente:

$$Carga_{transmisión} = \sum_c (1 + \sum_s z_{s,c}) * U_c * A_c * (T_i - T_e)$$

A continuación, se pueden observar los valores obtenidos y los suplementos utilizados para cada parte de la envolvente:

	Muros			
	Fachada SO	Fachada NO	Fachada SE	Fachada NE
<b>Suplemento</b>	0,025	0,125	0,075	0,125
<b>U<sub>c</sub></b>	1.28	1.28	1.28	1.28
<b>A<sub>c</sub></b>	36,55	38,86	38,86	35,59
<b>Carga (W)</b>	1059,77	1236,68	1291,64	1082,28

Tabla 21. Características Muro. Fuente: Excel Propio



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

	Huecos	
	Fachada SO	Fachada NE
Nº huecos	2	4
$U_c$	5.19	5.19
$A_c$	1.8	1.14
Suplemento	0,025	0,125
Carga (W)	268,05	887,77

Tabla 22. Características Huecos. Fuente: Excel Propio

	Tejado	Suelo
$A_c$	183.95	183.95
$U_c$	0.398	0.38
Carga (W)	1617,98741	549,42186

Tabla 23. Características Tejado y suelo. Fuente: Excel Propio

Por último, se aplicará un suplemento a la suma final de las cargas de 0.05 debido a tener más de dos paredes (incluyendo el techo).

$$Carga_{transmisión}(kW) = \sum_c (1 + \sum_s z_{s,c}) * U_c * A_c * (T_i - T_e) / 1000 = 8.39 \text{ kW}$$

Ahora es necesario calcular el valor de la carga por ventilación para después conseguir el valor final de la carga térmica.

$$Volumen \text{ de aire vivienda} = ren\left(\frac{1}{h}\right) * V_L(m^3) / 3600\left(\frac{s}{h}\right) = 0.062 \frac{m^3}{s}$$

Una vez se obtiene dicho volumen, se realiza la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} Cargas \text{ por ventilación} &= Volumen \text{ de aire vivienda} * \rho_a * c_{pa} * \frac{(T_i - T_e)}{1000} \\ &= 1.615 \text{ kW} \end{aligned}$$

Para las cargas por infiltración se estima que son un 25% de las cargas por ventilación.

$$Carga \text{ termica de la vivienda} = 8.39 + 1.615 - 0.25 * 1.615 = 9.6 \text{ kW}$$

Así pues, la caldera debería de satisfacer la demanda de calefacción máxima de 9.6 kW y la carga instantánea de ACS, siempre y cuando no se utilice una ayuda externa que disminuyera la carga debida a las ACS.

### 11.2. Carga térmica Máxima de ACS:

Para obtener la potencia necesaria para abastecer la demanda máxima de ACS se realizará lo siguiente:



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

$$Demanda_{ACS} \left( \frac{l}{dia} \right) = Demanda_{ACS} \left( \frac{l}{s} \right) / (24 * 3600)$$

El caudal instantáneo se toma el mismo que la demanda en l/s ya que este es muy pequeño y si aplicamos los coeficientes que indica el CTE podría salir un caudal negativo. La potencia instantánea:

$$P_{ins} = Demanda_{ACS} \left( \frac{l}{s} \right) * \rho_{Agua} * Cp_{agua} * (T_{ref} - T_{min}) = 0.422 kW$$

**11.3. Volumen del acumulador de ACS y Área de los captadores:**

Para poder escoger de manera correcta los equipos para la instalación de un sistema de energía solar térmica es necesario acudir al DB-HE4: Contribución Solar mínima de ACS.

Dependiendo de la zona climática y de la demanda de ACS será necesario una contribución u otra.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
>10.000	30	50	60	70	70

Ilustración 34. % Contribución mínima solar. Fuente: DB-HE4

El caso de la vivienda proyectada se encuentra en la zona climática IV y con una demanda de 168 litros/día es decir entre 50 y 50000 litros/día. Así pues, la contribución solar mínima es del 50%.

El volumen del acumulador debe abastecer la demanda de ACS de litros al día de la vivienda. Dicha demanda se ha calculado en el Apartado 5.1 con un valor de 168 litros/día. Por lo tanto, el acumulador deberá ser mayor a dicha demanda para asegurar el abastecimiento máximo de la vivienda. El valor del acumulador será de 200 litros.

Mientras que para calcular el valor del área de los captadores es necesario utilizar la siguiente expresión, la cual, se obtiene del DB-HE4:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

A continuación, se muestra la tabla con el rango de áreas que deberán tener los captadores:



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

	Área máxima	Área Mínima
Volumen Acumulador	200 litros	
Área captadores	4 m <sup>2</sup>	1.11 m <sup>2</sup>

Tabla 24. Volumen y Áreas del sistema de energía Solar térmica.

El sur se considerará como la orientación optima de los captadores mientras que la inclinación será de 45 grados. En el anexo 10 se encuentran los cálculos y las características de manera detallada.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 12. Propuestas para variación de los sistemas de obtención de calor

### 12.1. Instalación de energía solar térmica:

#### 12.1.1. Elección del sistema

Para introducir las medidas de mejora en el programa CE3X se ha utilizado un complemento del programa desarrollado por la empresa SALTOKI. Este complemento permite introducir la orientación e inclinación de los captadores, el número de paneles, el coeficiente de reparto, el lugar donde se instalan los captadores y el precio del sistema. De esta manera se consigue el porcentaje de demanda de ACS cubierto por los diferentes sistemas a analizar.

Así pues, el sistema DRAIN BAXK es el elegido con los tres posibles sistemas de acumulación y dos posibles tipos de captadores. Para escoger un sistema de acumulación de los tres posibles y un captador se han buscado las características del sistema de acumulación y del área de los captadores.

MEDIDAS			
Modelo	150	200	300
ALTURA (mm)	1.306	1.530	1.770
DIÁMETRO (mm)	580	580	640
Volumen de ACS (l)	166	212	295
Volumen en 1° (l)	5,40	8,60	11,00
Área de intercambio (m <sup>2</sup> )	1,00	1,40	1,80
Peso en vacío (kg)	90,0	120,0	160,0

Tabla 25. Opciones de Sistemas de acumulación. Fuente: Manual de instalación Equipo DRAIN-BACK

El modelo escogido es el GH 200DB debido a que el volumen de ACS es el más cercano al calculado en el apartado 11.3. Aunque el modelo GH 150 DB podría utilizarse porque tiene el mismo valor que la demanda máxima de ACS pero no deja margen de maniobra en un momento en el que se sobrepase este límite.



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Características técnicas			
Captador		GH - CLASS 20 V	GH - CLASS 25 V
Código		5400000060	5400000061
Colocación		Vertical	Vertical
Área útil	m <sup>2</sup>	1,99	2,32
Alto	mm	2.067	2.067
Ancho	mm	1.067	1.233
Fondo	mm	100	100
Área absorbedor	m <sup>2</sup>	2,00	2,33
Área bruta	m <sup>2</sup>	2,21	2,55
Peso en vacío	kg	33,2	38,2
Volumen de fluido	l	1,19	1,34
Presión de trabajo	bar	10	10
Caudal de ensayo	l/h	143	167
Tº de estancamiento	ºC	215	215
Potencia máxima	kW	1,57	1,79

Tabla 26. Tipos de captadores. Fuente: Manual de instalación Equipo DRAIN-BACK

Mientras que el captador elegido es el de mayor área de los dos posibles. Debido a que se obtendrá mayor % de ACS de contribución de energía solar térmica

**12.1.2. Resultados de la introducción del Sistema Térmico Solar.**

Ahora se procede a introducir los diferentes valores en el complemento para después obtener la medida de mejora en el CE3X y con ella los resultados con respecto al ahorro energético y económico.

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro	
Demanda de calefacción	140.3 E	140.3 E	0.0 %	
Demanda de refrigeración	9.1 A	9.1 A	0.0 %	
Emisiones de calefacción	56.5 E	56.5 E	0.0 %	
Emisiones de refrigeración	1.5 A	1.5 A	0.0 %	
Emisiones de ACS	2.6 C	7.3 F	64.7 %	
EMISIONES GLOBALES	60.6 E	65.3 E	7.2 %	<b>60.6 E</b>

Ilustración 35. Etiqueta de certificación del Sistema Térmico Solar.

Se observa como descienden las emisiones de ACS debido al porcentaje que ahora se satisface con la energía obtenida del sol.

El informe de medidas de mejora y los procedimientos para la obtención de los valores mostrados en la siguiente tabla se encuentran en el anexo10

	Sist. Energía Térmica Solar
Ahorro en consumo energético de ACS	64.7 %
Ahorro Económico	249.45€
Coste Medida (€)	2100 €

Tabla 27. Características Finales Energía Solar térmica

**12.2. Instalación de caldera de biomasa:**



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

La potencia máxima calculada para dimensionar la caldera es de aproximadamente 10.1 kW, que se obtiene de la suma de la carga térmica máxima de calefacción y la de ACS. Los resultados y cálculos de las dos cargas se encuentran en los apartados 11.1 y 11.2.

Con el complemento del CE3X definido por SALTOKI se procede a escoger entre una caldera de condensación de biomasa de 12 kW y una de 15 kW de la marca KWB Easyfire.

	Rendimiento medio estacional			Coste (€)
	Potencia (kW)	Calefacción	ACS	
Opción 1	12	104,40%	89,40%	9959
Opción 2	15	104.8%	90%	10302

Tabla 28. Características de las opciones finales.

Los valores introducidos para definir la medida de mejora en CE3X son los rendimientos medios estacionales de calefacción y ACS. Una vez creada la medida de mejora se obtienen los siguientes resultados.

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m <sup>2</sup> año]	134.31	26.1%	4.57	0.0%	20.16	13.6%	-	-%	159.04	24.1%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m <sup>2</sup> año]	11.42	A 94.7%	8.94	A 0.0%	1.71	A 93.8%	-	-%	22.07	A 91.2%
Emissiones de CO2 [kgCO2/m <sup>2</sup> año]	2.42	A 95.7%	1.51	A 0.0%	0.36	A 95.0%	-	-%	4.29	A 93.4%
Demanda [kWh/m <sup>2</sup> año]	140.27	E 0.0%	9.15	A 0.0%						

Tabla 29. Ahorros en consumo, emisiones y demanda de la opción 1. Fuente: Archivo CE3X propio

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m <sup>2</sup> año]	133.87	26.3%	4.57	0.0%	20.02	14.2%	-	-%	158.47	24.4%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m <sup>2</sup> año]	11.38	A 94.7%	8.94	A 0.0%	1.70	A 93.8%	-	-%	22.02	A 91.2%
Emissiones de CO2 [kgCO2/m <sup>2</sup> año]	2.41	A 95.7%	1.51	A 0.0%	0.36	A 95.0%	-	-%	4.28	A 93.4%
Demanda [kWh/m <sup>2</sup> año]	140.27	E 0.0%	9.15	A 0.0%						

Tabla 30. Ahorros en consumo, emisiones y demanda de la opción 2. Fuente: Archivo CE3X propio



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Para observar la diferencia entre la utilización de una caldera con menor y una con mayor sobredimensionamiento se va a realizar un análisis de consumo a potencia máxima de ambas calderas.

$$Kg\ pellets = \frac{Potencia\ Maxima\ (kW) * h_{funcionamiento\ dia} * Dias_{funcionamiento\ año}}{PCI\ (\frac{kWh}{Kg})}$$

	Opción 1	Opción 2
<b>Kg pellets a Pot. Max</b>	3918.36	4897.95
<b>Precio pellets (€/kg)</b>	0.26	0.26
<b>Coste total</b>	1018.77€	1273.46€

Tabla 31. Característica Sistema de Biomasa.

Así pues, se observa como dimensionar de manera correcta una caldera supone un ahorro económico, ya que, como se observa en los resultados el ahorro en emisiones no es un factor a tener en cuenta porque es el mismo.

Por esto, la opción 1 es la elegida como propuesta final para el sistema de obtención de energía para calefacción.





Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

### 13. Medidas finales

Se van a obtener tres medidas de mejora finales de las que se obtendrá la medida final a implantar en la vivienda. Las medidas finales son:

- Opción 1: Rehabilitación fachada mediante SATE y cambió a vidrios de baja emisividad con cámara de aire (6-12-6).
- Opción 2: Energía Solar térmica para ACS e instalación de caldera de biomasa.
- Opción 3: Opción 1 más energía solar térmica para ACS.
- Opción 4: Rehabilitación envolvente Térmica, energía solar térmica para ACS e instalación de biomasa.

#### 13.1. Análisis Energético de las medidas finales

Se introducen las diferentes mejoras en el CE3X y se obtienen los siguientes resultados en cuanto a la certificación energética y las gráficas de comparación.

	Dda. Calefacción ( $\frac{kWh}{m^2} \text{ año}$ )	Dda. Refrigeración ( $\frac{kWh}{m^2} \text{ año}$ )	Emisión Cal. ( $\frac{kgCO_2}{m^2} \text{ año}$ )	Emisiones Ref. ( $\frac{kgCO_2}{m^2} \text{ año}$ )	Emisiones ACS ( $\frac{kgCO_2}{m^2} \text{ año}$ )	Emisiones Globales ( $\frac{kgCO_2}{m^2} \text{ año}$ )	Clasificación Energética
<b>Caso Base</b>	140,3	9,1	56,5	1,5	7,3	65,3	E
<b>Opción 1</b>	74,1	6,7	29,8	1,1	7,3	38,2	D
<b>Opción 2</b>	74	5,6	29,8	0,9	2,6	33,3	D
<b>Opción 3</b>	140,3	9,1	2,4	1,5	0,1	4,1	A
<b>Opción 4</b>	74	56,6	1,3	0,9	0,1	2,3	A

Tabla 32. Valores certificación energética. Fuente: Archivo CE3X propio

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

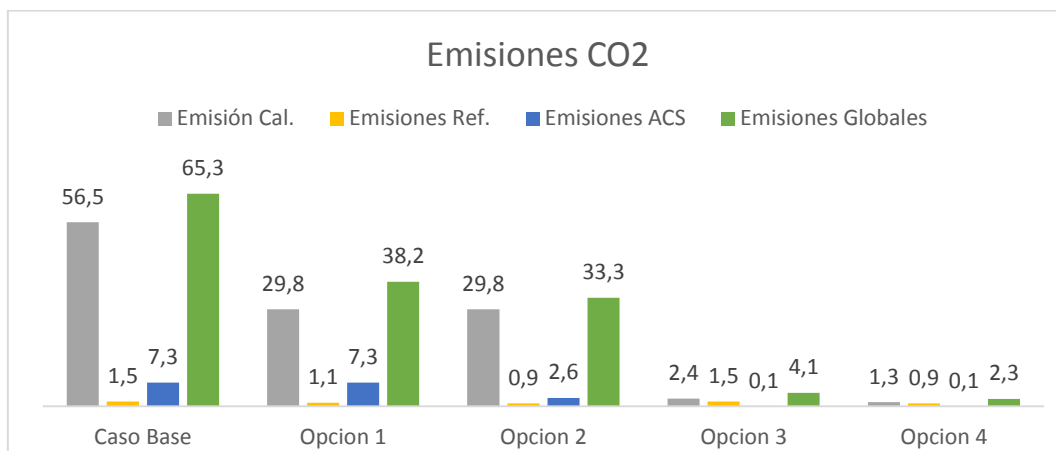


Ilustración 36. Distribución de las emisiones. Fuente: Excel propio

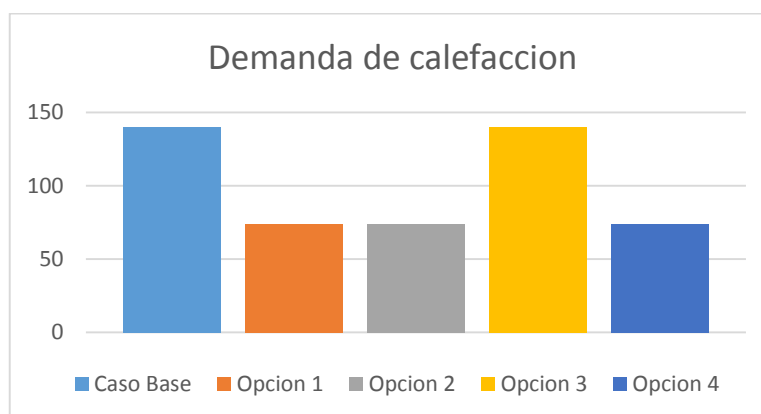


Ilustración 37. Distribución de las demandas. Fuente: Excel propio

Ahora se procede a calcular los ahorros frente al caso base de la demanda de calefacción y las emisiones globales.

	Ahorro frente al caso base	
	Dda. Calefacción	Emisiones Globales
<b>Opción 1</b>	47.18 %	41.5 %
<b>Opción 2</b>	47.25 %	49 %
<b>Opción 3</b>	0 %	93.8 %
<b>Opción 4</b>	47.25 %	96.4 %

Tabla 33. Ahorros demanda y emisiones de las opciones finales. Fuente: Excel Propio



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

Como se observa en la tabla anterior desde el punto de vista energético la opción 4 es la más acertada, seguida de la opción 3. Con ambas opciones las emisiones de  $CO_2$  se verían casi eliminadas por completo.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos con respecto al consumo de energía final de calefacción y ACS y energía primaria no renovable.

	Consumo Energía Final Calefacción		Consumo Energía Final ACS		Cons. Energía primaria No renovable	
	Valor ( $\frac{kWh}{m^2}$ año)	Ahorro Respecto a la situación inicial (%)	Valor ( $\frac{kWh}{m^2}$ año)	Ahorro Respecto a la situación inicial (%)	Valor ( $\frac{kWh}{m^2}$ año)	Ahorro total Respecto a la situación inicial (%)
<b>Opción 1</b>	95.97	47.2%	23.34	0%	147,25	41,30%
<b>Opción 2</b>	95.81	47.3%	8.24	64.7%	128,17	48,90%
<b>Opción 3</b>	134.31	26.1%	7.11	69.5%	20,95	91,60%
<b>Opción 4</b>	70.82	61%	7.54	67.7%	12,16	95,20%

Tabla 34. Valores y ahorros de consumos de las opciones finales. Fuente Excel propio

La opción 4 es la que mejores ahorros muestra en consumo energético de calefacción y de energía primaria no renovable debido a que es la unión de las opciones restantes. Cabe destacar el gran ahorro de energía primaria no renovable conseguido en la opción 3 debido a la instalación de biomasa pero en consumo de energía en calefacción disminuye solo un 26.1 % debido a que no se ha modificado la envolvente térmica. Mientras que para la opción 1 y 2 se obtiene casi un 50 % de ahorro en todos los consumos.

### 13.2. Análisis económico de las propuestas finales

A raíz de los consumos obtenidos en la Tabla 34. Valores y ahorros de consumos de las opciones finales. Fuente Excel propio podrán calcular los gastos económicos anuales de las diferentes opciones. Se va a incluir en el análisis económico de manera teórica, obtenido por CE3X, el periodo de amortización y VAN.

Para la obtención de los valores del VAN y la amortización es necesario introducir los precios actuales de los diferentes tipos de energía en €/kWh, la vida útil de la mejora implementada, el incremento anual del precio de la luz y el tipo de interés.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

**Definición de los parámetros económicos**

*Precio asociado a los diferentes combustibles*

Gas Natural	<input type="text"/>	€/kWh
Gasóleo-C	0.09	€/kWh
Electricidad	0.16	€/kWh
GLP	<input type="text"/>	€/kWh
Carbón	<input type="text"/>	€/kWh
Biocombustible	<input type="text"/>	€/kWh
Biomasa no densificada	<input type="text"/>	€/kWh
Biomasa densificada (pelets)	0.05	€/kWh

*Datos económicos*

Incremento anual del precio de la energía	3	%
Tipo de interés o coste de oportunidad	2	%

Ilustración 38. Valores económicos CE3X. Fuente: Archivo CE3X propio

Los valores del incremento anual del precio y del tipo de interés son conservadores. Y solo se han utilizado para obtener el periodo de amortización y el VAN de una manera aproximada. De esta manera se consigue obtener una visión económica más amplia.

	Coste Medidas	Gasto Económico anual	Amortización (Años)	VAN (€)
<b>Opción 1</b>	11423,19	1975€	7.9	44651.8
<b>Opción 2</b>	13523,19	1722.6€	9.1	39428.9
<b>Opción 3</b>	12059,09	1412.2 €	5,8	21927.2
<b>Opción 4</b>	23482,36	764.84 €	13.1	59822.5

Tabla 35. Características Económicas Opciones Finales. Fuente: Excel propio

La tabla anterior muestra que la opción 4 es la económicamente más rentable. Por esto, dependiendo del presupuesto se escogería la opción 4 o si el presupuesto fuera más bajo se elegiría la opción 2.

Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 14. Elección de la Opción final

Una vez analizadas las opciones desde un punto de vista energético y económico se procede a escoger la elección final.

Como mejor opción se encuentra la opción 4, ya que, se obtiene el mayor ahorro económico, energético y con las menores emisiones de  $CO_2$ . Pero el precio es muy elevado teniendo en cuenta que a la caldera le quedan aproximadamente entre 5 o 10 años y, por lo tanto, en ese tiempo se podría tener amortizada la opción 2.

Así pues, la opción escogida es la 2. Es decir:

- Rehabilitación de la fachada mediante sistema de aislamiento térmico exterior (SATE).
- Instalación de doble acristalamiento con cámara de gas y vidrios de baja emisividad.
- Contribución Solar para ACS mediante energía solar térmica.

Ahora se procede a mostrar la diferencia entre el caso base y la mejora final:

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	74.0 D	140.3 E	47.3 %
Demanda de refrigeración	5.6 A	9.1 A	38.5 %
Emisiones de calefacción	29.8 D	56.5 E	47.3 %
Emisiones de refrigeración	0.9 A	1.5 A	38.5 %
Emisiones de ACS	2.6 C	7.3 F	64.7 %
EMISIONES GLOBALES	33.3 D	65.3 E	49.0 %

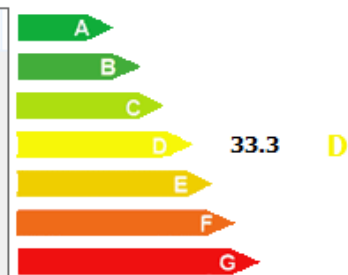


Tabla 36. Comparación Caso Base - Medida Final. Fuente: Archivo propio CE3X



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 15. Conclusión final

El proyecto se ha realizado con el fin de obtener opciones de rehabilitación de una vivienda unifamiliar, su comportamiento energético y el certificado energético. El análisis de estas opciones podrá facilitar la elección de las medidas a llevar para una futura rehabilitación energética. Otro punto a favor ha sido la obtención del certificado energético, con el que, si se da el caso, se podría alquilar la vivienda, ya que, actualmente este documento es obligatorio.

El certificado obtenido de la vivienda la sitúa en la media española, algo que en gran medida proviene del correcto aislamiento de la cubierta y el suelo. Aunque la fachada, los huecos y la instalación actual dejen bastante que desear desde el punto de vista de eficiencia energética.

Gracias a la instalación de energías renovables se obtienen unos resultados excelentes en cuanto a emisiones de  $CO_2$  mientras que una correcta rehabilitación de la envolvente puede reducir la demanda del edificio de una manera considerable, lo que conlleva una reducción del consumo de energía y de las emisiones.

Los cálculos y análisis realizados durante el proyecto con respecto a las demandas de la envolvente térmica y el dimensionado de las instalaciones, tanto del sistema de energía térmica solar como el de biomasa, no solo han servido para obtener de una manera más clara las opciones de mejora finales sino que podrían reutilizarse en el caso de una nueva rehabilitación del inmueble y/o para la instalación de sistemas de obtención de energía diferentes a los utilizados en el proyecto.

Teniendo en cuenta los estudios realizados, se puede concluir que en caso de una rehabilitación de una vivienda lo principal sería aislar de manera correcta la envolvente térmica, ya que, la relación entre el ahorro y la vida útil de las instalaciones de sistemas de obtención de calor es menor. Así pues, la vivienda actual dispone de una caldera en buen estado, es decir, le queda una vida útil de entre 5 y 10 años, lo que supone una ayuda para elegir la opción final de rehabilitación de la envolvente térmica. En el momento en el que la caldera dejara de funcionar se calcularía la nueva potencia instalada del edificio para dimensionar la nueva instalación.

Otro dato a tener en cuenta es que la instalación de energía solar térmica supone un ahorro económico y energético importante con respecto al desembolso que supone su instalación.

Como futuro proyecto se podría realizar una búsqueda de las posibilidades que ofrece el mercado de cada sistema que compone la opción final y de esta manera obtener una



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

mejora económica y/o energética. Ya que el presente proyecto se ha enfocado al estudio de las posibilidades para rehabilitar una vivienda.

Por último, apostar por las energías renovables y limpias y las rehabilitaciones de los edificios supone una gran ayuda para el planeta y una gran mejora económica para las generaciones siguientes que ocupen la vivienda actual.



Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

## 16. Bibliografía

### Libros

- REY MARTINEZ, FRANCISCO JAVIER – VELASCO GOMEZ, ELOY – REY HERNANDEZ, JAVIER M. *Eficiencia energética de los edificios*, Zaragoza, Paraninfo.
- Apuntes de la asignatura “Calor y Frio Industrial”, Zaragoza: Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza.

### Webs Informáticas

- Certificados energéticos. <https://www.certificadosenergeticos.com/>
- @FICINA VIRTUAL - Dirección General de Industria, Energía y Minería- Calculo Transmitancias de las ventanas. <https://ovcis.castillalamancha.es/OVCISEficienciaEnergetica/>
- Estado de la certificación energética de los edificios datos CCAA. <https://inarquia.es/>
- Google Maps.
- Sede electrónica del catastro. <https://www1.sedecatastro.gob.es>
- “Energía Solar Térmica”. <https://solar-energia.net/>
- “Modelo de etiqueta energética de edificio existente”. <http://www.adqando.com/>
- “Aislamiento exterior sistema SATE fachada ventilada”. <http://okoliarquitectos.es/>
- “Fachadas ventiladas”. <http://www.tempio.es/>
- Documento Básico HE Ahorro de Energía (CTE DB HE), Junio 2017. <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DcmHE.pdf>
- Análisis del consumo energético del sector residencial en España, Julio 2011. ([www.idae.es](http://www.idae.es))
- Guía Técnica: Instalaciones de biomasa Térmica en edificios, mayo 2009. ([www.idae.es](http://www.idae.es))
- Guía Técnica: Condiciones climáticas exteriores de proyecto, Junio 2010. ([www.idae.es](http://www.idae.es))
- Aislamiento de fachada. <http://aparejadorencoruna.com/>
- Aislamiento térmico <http://www.thermochip.com>
- Rehabilitación de fachadas y evaluación. <http://www.acuatroarquitectos.com/rehabilitacion-de-fachadas-evaluacion-de-sistemas/>
- Elección de ventanas. <http://www.ama-arquitectura.es>





Análisis de alternativas para la rehabilitación Energética de una vivienda particular

- Ventanas PVC. <http://blog.deltoroantunez.com/>
- Criterios de selección de ventanas. <http://www.csostenible.net/>
- Cómo funciona la energía solar térmica  
<https://instalacionesyeficienciaenergetica.com>
- Funcionamiento Energía Solar Térmica. <http://www.ekidom.com/>
- Calefacción de biomasa ventajas y funcionamiento. <https://www.caloryfrio.com>

**Programas Informáticos**

- PROGRAMA DE CÁLCULO DE FRECUENCIAS HORARIAS. Descarga  
<http://www.idae.es/publicaciones/frecuencias-horarias-de-repeticion-en-temperatura-intervalo-24-h-guias-idae-007>
- CE3X – Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes.
- Paquete de Microsoft Office (2013)- Excel, Work.
- ARQUIMEDES, versión estudiantes.
- Complemento CE3X: Mejora de instalaciones Calefacción/Climatización.  
<https://www.efinova.es/complementos/saltoki/>