



Universidad
Zaragoza

Proyecto Fin de Carrera

ESTUDIO COMPARATIVO DE DIVERSOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN Y ACS PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Autor/es

Carlos Molina Hernández

Director/es y/o ponente

M^a Carmen Velasco Callau

E.U.I.T.I.Z.

2012

+INDICE:

1. Introducción teórica	3
2. Objetivos del proyecto	8
3. Descripción del edificio en estudio:	
3.1. Localización	9
3.2. Características	10
3.3. Planos	10
4. Elementos del estudio comparado:	
4.1. Componentes de la instalación de calefacción	11
4.2. Calderas de gas	14
4.3. Calderas de condensación	16
4.4. Calderas de biomasa	18
4.5. Bombas de calor geotérmica	20
4.6. Sistema microCHP o de micro-cogeneración	24
4.7. Radiadores, Fan Coils y suelo radiante	27
5. Parámetros del estudio	30
6. Energía solar térmica	
6.1. Instalación de colectores solares para ACS	32
6.2. Dimensionado de la instalación	34
7. Demanda Térmica	
7.1. Comprobación del cumplimiento del CTE-HE	36
7.2. Cálculo de la carga térmica	39
7.3. Cálculo de demanda anual de energía	48

8. Estudio comparativo: Demanda térmica, emisiones de CO₂ y coste	
8.1. Sistemas de distribución:	
8.1.1. Radiadores	49
8.1.2. Fan coils	53
8.1.3. Suelo radiante	55
8.2. Sistemas de producción de energía	
8.2.1. Caldera de gas	57
8.2.2. Caldera de condensación	59
8.2.3. Caldera de biomasa	61
8.2.4. Bomba de calor	64
8.2.5. Sistema de micro-cogeneración o micro-CHP	69
8.3. Estudio económico comparado	75
9. Conclusiones	79
10. Bibliografía	87
Anexo 1: Planos	89
Anexo 2: Dimensionado de las placas solares	93
Anexo 3: Cumplimiento del CTE-HE1 mediante el programa LIDER	105
Anexo 4: Dimensionado y coste de los radiadores	126
Anexo 5: Consumo anual y emisiones de CO₂	129

1. INTRODUCCIÓN TEÓRICA

Hoy en día sufrimos una crisis energética y medio ambiental. Desde hace unos años estamos viendo los efectos del calentamiento global debido a las altas emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y cómo las reservas de combustibles fósiles se van agotando poco a poco.

Es por ello, que muchos países se comprometieron a disminuir sus emisiones de gases contaminantes de efecto invernadero, como puede ser el CO₂, a la atmósfera mediante el ya conocido Protocolo de Kioto, que fue adoptado el 11 de diciembre de 1997 pero que no se puso en vigor hasta el 16 de febrero de 2005.

El objetivo era reducir un 5% las emisiones de gases de efecto invernadero en el año 2012, y la Unión Europea se comprometió a reducirlos en un 8%. Se calcula que en España actualmente cerca de un 7-9% es el porcentaje del total de emisiones de dióxido de carbono atribuible a las viviendas.

El agotamiento de las reservas de combustibles fósiles, como el petróleo, el carbón y el gas natural; ha conllevado la expansión cada vez mayor de los combustibles y energías renovables tales como la energía eólica, solar, geotérmica, hidráulica, marítima y la biomasa.

En España el consumo de energías renovables en el año 2009 era de más o menos un 7.6% con respecto al resto de energías, y se prevé que pueda alcanzar el 16% en el 2016 y el 22.7% en el 2020.

Por todo esto, se exige una especial atención al consumo doméstico. El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía en España (IDAE) ha presentado un riguroso estudio en el que analiza el consumo de energía de los más de 17 millones de viviendas de España, tanto por usos y fuentes energéticas, como por las características de su equipamiento.

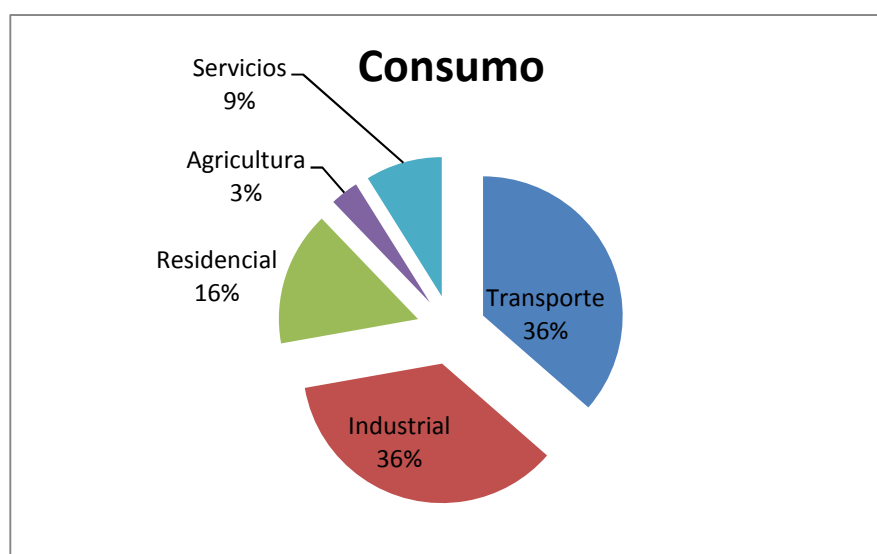
Considerando el consumo medio por hogar, en unidades energéticas por inmueble y por tipos de servicio y uso se aprecia que los consumos de las viviendas unifamiliares superan claramente los de las viviendas en bloque o pisos, sobre todo en lo relativo a consumos asociados a la calefacción se refiere. El consumo total de una vivienda unifamiliar duplica al de la vivienda en bloque, siendo el consumo de calefacción cuatro veces superior.

Las fuentes energéticas más utilizadas son el gas natural (40%), el butano (26%) y la electricidad (22%), variando el orden de importancia según el tipo de zona climática y el tipo de vivienda, y el 11.2% de los hogares dispone de algún tipo de energía renovable. El consumo medio anual por hogar es de 990 €.

Los resultados globales indican que los hogares españoles consumen el 15.6% de toda la energía final y el 25% de la electricidad.

La electricidad es la fuente de energía más utilizada (35%), seguida por el gas natural (25%).

Los servicios centralizados de calefacción y ACS (agua caliente sanitaria) consumen un 22% menos que los individuales.



Gráfica 1. Consumo de energía total consumida por sectores.

Por todo esto, se exige una especial atención al consumo doméstico.

Es por ello que debemos analizar cuidadosamente el sistema de calefacción y ACS a colocar en las viviendas para minimizar el gasto de energía, los costes y las emisiones de CO₂.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, establece las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda del bienestar e higiene de las personas tanto en las fases de diseño, dimensionado y montaje, como durante su uso y mantenimiento.

Se consideran instalaciones térmicas las instalaciones de calefacción o climatización y de producción de agua caliente para usos sanitarios, destinadas a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas en cualquier tipo de edificio.

El RITE se aplicará a las instalaciones térmicas de los edificios de nueva construcción o en las reformas de las mismas en los edificios existentes.

Las instalaciones térmicas deben tener un consumo reducido de energía convencional y, como consecuencia, una producción limitada de emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes atmosféricos. La documentación técnica de una instalación térmica de un edificio nuevo o de la reforma de las instalaciones de un edificio ya existente deberá constar de la siguiente documentación:

- Cuando la potencia térmica nominal, en frío o calor, sea menor de 5 kW no será necesario presentar ninguna documentación técnica.
- Cuando la potencia térmica nominal, en frío o calor, sea mayor o igual que 5 kW y menor o igual que 70 kW será necesario presentar una memoria técnica que comprenda:
 1. Memoria descriptiva de la instalación.
 2. Cálculo de las cargas térmicas de la instalación y de las potencias térmicas instaladas.
 3. Planos y esquemas de la instalación.
- Cuando la potencia térmica nominal, en frío o calor, sea mayor que 70 kW se redactará un proyecto que comprenderá los siguientes documentos:
 1. Memoria descriptiva de la instalación.
 2. Planos, incluidos los esquemas de la instalación.
 3. Pliego de condiciones técnicas.
 4. Estado de mediciones.
 5. Presupuesto.

En definitiva, tanto para casos con potencia térmica entre 5 kW y 70 kW, como para potencias mayores de 70 kW se procederá de la manera indicada a continuación:

- Cálculo de las cargas térmicas del edificio.
- Cálculo de la demanda térmica mensual y anual.
- Selección del sistema de calefacción o climatización.
- Simulación de las prestaciones energéticas del sistemas para averiguar el consumo de energía de cada una de las fuentes.
- Cálculo de las emisiones de CO₂ a partir de los datos fijados por la Administración.

Los proyectos incluirán la comparación del sistema elegido para la producción de energía térmica con otros sistemas alternativos. Entre ellos, el RITE cita:

- Fuentes de energía renovable, como paneles solares térmicos y biomasa, empleadas directamente o a través de máquinas de absorción o motores Stirling.
- Producción de energía térmica mediante un sistema de cogeneración CHP, acoplado o no a plantas de refrigeración del tipo de absorción. Estas instalaciones deberán cumplir con el RD 661/2007.
- Las bombas de calor, con sumidero exterior por aire, agua o tierra. En el caso de bombas de calor con sumidero exterior por aire, la temperatura húmeda nunca debe ser menor que 0 °C.

En cuanto a la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria se aplica a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.

La contribución solar mínima determinada en aplicación de la exigencia básica, se podrá disminuir justificadamente en los siguientes casos:

a) Cuando se cubra ese aporte energético de agua caliente sanitaria mediante el aprovechamiento de energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia generación de calor del edificio.

b) Cuando el cumplimiento de este nivel de producción suponga sobrepasar los criterios de cálculo que marca la legislación de carácter básico aplicable.

c) Cuando el emplazamiento del edificio no cuente con suficiente acceso al sol por barreras externas al mismo.

d) En rehabilitación de edificios, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente o de la normativa urbanística aplicable.

e) En edificios de nueva planta, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la normativa urbanística aplicable, que imposibiliten de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria.

f) Cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

La finalidad de este proyecto es la de realizar un estudio comparativo de distintas instalaciones de calefacción y ACS en una vivienda unifamiliar de nueva construcción, para determinar su idoneidad desde el punto de vista de la optimización de la relación consumo energético - coste, teniendo en cuenta además, la producción de CO₂ que conllevan.

El estudio se realizará comparando varios sistemas de calefacción central para la vivienda, siendo estos: caldera de gas, caldera de biomasa, caldera de condensación, bomba de calor y un sistema de micro-cogeneración. Se elegirá el que se crea mejor para la vivienda.

Seguidamente se compararán las distintas maneras de distribuir el calor por la casa, siendo las opciones barajadas: radiadores, fan coils y suelo radiante.

Primero comprobaremos que la vivienda cumple con las normativa del RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios) y el CTE (Código Técnico de la Edificación), mediante el programa LIDER, y seguidamente calcularemos la potencia térmica que requiere la vivienda.

Una vez conocida la demanda energética elegiremos distintos sistemas de calefacción o climatización y ACS para realizar este estudio y valorar cuál satisface mejor nuestras necesidades.

La normativa que se va a considerar en este proyecto es:

CTE: La vivienda utilizada en el presente proyecto cumple el Código Técnico de la Edificación, satisfaciendo las exigencias básicas para cada uno de los requisitos básicos de 'Seguridad estructural', 'Seguridad en caso de incendio', 'Seguridad de utilización', 'Higiene, salud y protección del medio ambiente', 'Protección frente al ruido' y 'Ahorro de energía y aislamiento térmico', establecidos en el artículo 3 de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.

RITE: Reglamento de las instalaciones térmicas en los edificios. R.D. 1027/2007.

3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO EN ESTUDIO

3.1. LOCALIZACIÓN

Urbanización situada en perpendicular a la Avenida de la Ilustración en el número 3, zona conocida como Montecal de Zaragoza. En la **Figura 1** viene recalcada en rojo la parcela.



Figura 1. Plano de situación. Fuente Google Maps.

3.2. CARACTERISTICAS

Condiciones de la parcela

Parcelas iguales de forma rectangular de 388 m² de superficie, (23,5 m x 16,5 m). Las parcela, al formar parte de una urbanización, cuentan con los servicios urbanísticos básicos, tales como acceso, suministros de energía eléctrica, telefonía, abastecimiento de agua, alcantarillado separado para fecales y pluviales, acceso rodado pavimentado y encerado de aceras.

Entorno físico

El solar se encuentra situado entre dos calles paralelas de una urbanización, en una zona de manzanas regulares y calles amplias, siendo una zona de casas bajas aisladas o adosadas en su mayoría, con altura no superior a 10,5m.

Condiciones urbanísticas

El vigente Plan Parcial de Montecanal ordena sobre los solares a tener en cuenta la aplicación de los siguientes parámetros:

Clasificación del Suelo: Suelo Urbano Consolidado.

Calificación del Suelo: Edificación residencial unifamiliar en régimen libre (C).

Uso principal: Vivienda unifamiliar de 2 plantas y buhardilla.

Altura máxima: PB+2 (10,5 m) .

Edificabilidad: 1,76 m²/m².

Ocupación neta: Planta baja y alzadas será como máximo del 40%, y en sótanos y semisótanos, no superará el 60% de la superficie de la parcela.

Retranqueos: Fachada principal con espacio libre delante de mínimo 3,00 m.

Nº máximo de viviendas: 1 por parcela.

Dimensiones: 16,5 m fachadas, 23,5 m fondos (por parcela)

3.3. PLANOS

Los planos se añaden en el **Anexo 1** al final del proyecto. Los planos pertenecen a un proyecto fin de carrera de Arquitectura Técnica de la Escuela Universitaria Politécnica de la Almunia de Doña Godina.

4. ELEMENTOS DEL ESTUDIO COMPARADO

Para nuestro estudio comparado vamos a incluir los siguientes elementos: 1) caldera de gas, 2) Caldera de condensación, 3) Caldera de biomasa, 4) bomba de calor geotérmica y 5) Sistema de micro-CHP, combinados con diferentes sistemas de distribución: radiadores, fan coils y suelo radiante, de forma que podamos comparar tanto los costes de la instalación como los consumos de energía y las emisiones que se produzcan a partir de cada uno de ellos, para establecer el sistema más conveniente.

Primero se comentarán otros elementos necesarios en una instalación de calefacción.

4.1. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

Además de la caldera central para calefacción, una instalación requiere de más elementos.

CIRCULADORES

El circulador de una instalación de calefacción por agua caliente tiene por misión vencer las resistencias que ofrece el circuito al avance del agua por su interior. La instalación de un circulador es imprescindible si se desea obtener una calefacción con puesta a régimen rápida y sin problemas.

Como nuestra instalación tiene potencia mayor a 5 kW se instalan 2 circuladores en paralelo, uno de ellos de repuesto.

DEPÓSITOS ACUMULADORES

Los depósitos acumuladores permiten disponer de abundante ACS aprovechando el circuito de calefacción.

Los depósitos están formados por 2 circuitos independientes:

- Circuito de calentamiento (primario): Es el mismo de calefacción y tiene la misión de calentar el agua de consumo.
- Circuito de consumo (secundario): Es el que tiene el agua sanitaria que se ha calentar y consumir.

DEPÓSITOS DE EXPANSIÓN

Las diferencias de temperatura a que se ve sometida el agua contenida en la instalación de calefacción, obliga a calcular depósitos que absorban los aumentos de volumen producidos por las dilataciones del agua al calentarse.

Según el depósito de expansión la instalación será de circuito cerrado o abierto.

Debido a las desventajas que presentan los depósitos abiertos respecto a los cerrados, la instalación llevará un depósito de expansión cerrado.

Depósitos de expansión cerrados

Los depósitos de expansión cerrados funcionan por compresión de una cámara de aire contenida en el interior del mismo, separada del agua de la instalación por una membrana flexible. De esta forma, el agua contenida en la instalación, no tiene ningún punto de contacto con la atmósfera. Al aumentar el agua de volumen, por efecto de la temperatura, se produce una sobrepresión en el circuito, que es absorbida por el depósito. Al disminuir la temperatura, el volumen del agua se reduce y el depósito devuelve el agua a la instalación.

PURGADORES

Para que la instalación de calefacción funcione correctamente, es necesario que se haya eliminado completamente el aire de la instalación.

Cada radiador lleva un purgador y la instalación llevará tantos purgadores automáticos como puntos elevados existan en la instalación.

COMPONENTES DE REGULACIÓN, CONTROL Y AHORRO ENERGÉTICO

Para obtener un correcto funcionamiento y un elevado grado de seguridad en las instalaciones de calefacción, es imprescindible la colocación de los siguientes componentes de regulación y control:

- Válvulas de equilibrado.
- Termostato de regulación.
- Termostato de seguridad.
- Termohidrómetro.

Componentes para el ahorro energético

Todas las instalaciones de calefacción deben estar equipadas con algún sistema de regulación automática de la temperatura.

Por ello, nuestra instalación incorpora equipos automáticos capaces de controlar y regular la temperatura del agua para proporcionarnos importantes ahorros energéticos.

- Termostato ambiente
- Llaves termostáticas
- Centralita de regulación

4.2. CALDERAS DE GAS

Las calderas de gas para uso individual son un producto destinado a las instalaciones domésticas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS).

Su funcionamiento es sencillo: las calderas queman el gas y aportan el calor así generado al agua que circula por su interior y finalmente se distribuye a los radiadores para calefacción o como agua caliente para uso sanitario. Son calderas murales que incorporan todos los elementos necesarios para su funcionamiento y que suelen clasificarse, según el servicio ofrecido, en:

- Calderas de calefacción.

- Calderas mixtas, de calefacción y producción instantánea de ACS. Este último servicio tiene siempre prioridad sobre el de calefacción, de forma que dedican toda su potencia para la preparación del agua caliente.

- Calderas mixtas, de calefacción y producción de ACS por acumulación. Tienen la misma aplicación que las anteriores, pero al disponer de un depósito de agua caliente permiten una mayor simultaneidad en la utilización de este servicio. Estos equipos son compactos para facilitar su instalación en el interior de las viviendas e incorporan los aparatos de seguridad y regulación, la bomba de circulación, el vaso de expansión y, en algunos casos, un pequeño depósito acumulador de ACS.

Ventajas:

- Gama de producto amplia, en marcas y modelos, que facilita la elección.

- Independencia de uso y consumo de energía, en relación con las instalaciones centrales.

- Posibilidad de adaptación a distintos tipos de gases combustibles, fundamentalmente gas natural y propano.

- Sencillez de mantenimiento.

Limitaciones:

- Con calderas mixtas que producen instantáneamente el ACS, en general sólo es posible utilizar un punto de consumo de agua caliente, ya que al usar más grifos el caudal disponible se reparte entre ellos.

- En viviendas de nueva construcción e instalación interior, precisan chimeneas para la evacuación de los gases de combustión, que restan superficie útil y que deben tenerse en cuenta al diseñar el edificio.

- En calefacción de edificios de viviendas, pueden producirse situaciones de falta de confort o incrementos de consumo debidos a los distintos niveles de utilización en cada vivienda. No obstante, este efecto se produce en todas las instalaciones individuales, en comparación con las centralizadas.

Además del tipo de servicio, hay una clasificación de las calderas de gas basada en la naturaleza del circuito de combustión. Según este criterio, se distinguen tres tipos de calderas:

Caldera abierta de tiro natural (atmosférica): toma el aire necesario para la combustión del propio local donde está instalada y expulsa los gases al exterior por un tubo de evacuación que aprovecha el efecto chimenea (tiro natural). Por motivos de seguridad, es muy importante garantizar el tiro de la chimenea para evitar el retroceso de los humos hacia la propia caldera y al interior de la vivienda.

En estas calderas, según sea el sistema de encendido, hay dos tipos de modelos.

- Con llama piloto: la llama principal -la del quemador- se enciende gracias a una llama piloto que permanece encendida mientras está conectada la caldera, a la espera de ser utilizada. Aunque la potencia de esta llama es pequeña, del orden de 150 W, por comodidad del usuario está muchas horas encendida y supone un gasto de energía apreciable.

- Sin llama piloto: la llama principal se enciende directamente.

Caldera abierta de tiro forzado: la combustión se realiza también con el aire del local donde está instalada, pero, a diferencia de las anteriores, los gases se expulsan por medio de un ventilador (tiro forzado) y se conducen al exterior por un conducto específico.



Figura 2. Caldera de gas. Fuente Buderus.

4.3. CALDERAS DE CONDENSACIÓN

Las calderas de condensación son calderas de alto rendimiento sobre el PCI (Poder Calorífico Inferior), basado en el aprovechamiento del calor de condensación del vapor de agua contenido en los humos de la combustión. Esta tecnología lo devuelve al estado líquido, aprovechando el calor de condensación.

Con una caldera clásica de tipo atmosférico, una parte no despreciable del calor latente es evacuada por los humos, lo que implica una temperatura muy elevada de los productos de combustión del orden de 150°C. La utilización de una caldera de condensación permite recuperar una parte muy grande de ese calor latente y esta recuperación de la energía reduce considerablemente la temperatura de los gases de combustión bajándolos a valores del orden de 65°C limitando así la emisión de gases contaminantes.

En comparación con las calderas convencionales, gracias a esta tecnología se consigue un ahorro de hasta el 30% en el consumo de energía y se reducen, hasta en un 70%, las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx) y dióxido de carbono (CO2).

El nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, aprobado desde el pasado 1 de marzo de 2008 fomenta la instalación de calderas eficientes, es decir, que reduzcan la emisión de contaminantes.

El proceso de condensación es un cambio de fase de una sustancia del estado gaseoso (vapor) al estado líquido. Este cambio de fase genera una cierta cantidad de energía llamada "calor latente". El paso de gas a líquido depende, entre otros factores, de la presión y de la temperatura. La condensación, a una temperatura dada, conlleva una liberación de energía, así el estado líquido es más favorable desde el punto de vista energético.

El precio de las calderas de condensación se ha reducido considerablemente en los últimos años. Hoy en día podemos adquirir una calderas de condensación al mismo precio que una caldera convencional. Además, la inversión merece realmente la pena si tenemos en cuenta el ahorro de combustible que este tipo de calderas garantiza a medio-largo plazo.

Las calderas de condensación son perfectamente compatibles con radiadores y suelo radiante. Tan sólo debe llevarse a cabo una buena limpieza del antiguo sistema de calefacción.

Una caldera de condensación obtiene una eficiencia de rendimiento de entre un 84 y un 92 por ciento, comparado con una caldera tradicional, que obtiene un 78 por ciento y una caldera antigua que obtiene de 55 a 65 por ciento.



Figura 3. Caldera de condensación. Fuente Soliclíma.

4.4. CALDERAS DE BIOMASA

La biomasa vegetal es la materia constituida por las plantas. La energía que contiene es energía solar almacenada durante el crecimiento por medio de la fotosíntesis. Por esta razón, la biomasa, si es utilizada dentro de un ciclo continuo de producción-utilización, constituye un recurso energético renovable y respetuoso con el medio ambiente.

Actualmente, la contribución de la biomasa a la necesidad de energía primaria está muy por debajo del potencial disponible, y se produce fundamentalmente por la utilización de leña para quemar en chimeneas y estufas, a menudo obsoletas y poco eficaces. No obstante, las tecnologías para la utilización de combustibles vegetales en sistemas de calefacción doméstica han experimentado un gran desarrollo en los últimos años y han alcanzado niveles de eficiencia, fiabilidad y confort muy parecidos a los de los sistemas tradicionales de gas y de gasóleo.

Hay tres principales combustibles vegetales:

- leña para quemar en tarugos;
- madera desmenuzada (astillas); y
- pastillas de madera molida y prensada (pellet).

Calderas de astillas: Las calderas de astillas utilizan madera virgen cortada en pequeños trozos de unos centímetros de tamaño, cargados automáticamente a través de dispositivos mecánicos especiales. El combustible procede de materiales diferentes, como podas desmenuzadas, desechos de serrería o biomasa procedentes de las actividades forestales (corte de monte bajo, aclareos, cortes de conversión, etc.). Los sistemas de astillas son totalmente automatizados y no tienen límite de tamaño, pudiendo alcanzar potencias de incluso varios MW térmicos. El rendimiento y el confort son los mismos que los de las calderas de gas o gasóleo. Por sus características de automatización y ahorro de actividad, los sistemas de astillas están especialmente indicados para la calefacción en edificios de tamaño medio o grande, como hoteles, escuelas, comunidades, hospitales y centros comerciales.

Calderas de llama invertida para la combustión de madera en tarugos: La combustión de la leña para quemar sigue siendo la forma más común de utilizar la biomasa para la calefacción doméstica. Debido a la necesidad de carga manual de los tarugos, las calderas de leña tienen potencia limitada a unas decenas de KW, y su uso más adecuado es la calefacción de casas aisladas de uno o pocos pisos. Los modelos más avanzados utilizan sistemas de regulación por microprocesador, y alcanzan rendimientos térmicos de más del 90%.

Calderas de pellets: El pellet es un combustible de madera virgen seca y prensada en pequeños cilindros, sin aditivos. El peso específico del pellet a granel es de aproximadamente $6-700 \text{ kg/m}^3$, mucho más alto que el de otros combustibles no prensados de madera (astillas). El poder calorífico alcanza las 4.200 Kcal/kg , con una densidad energética de $3.000 - 3.400 \text{ KWh/m}^3$. A causa de la forma cilíndrica y lisa y del tamaño pequeño, el pellet tiende a portarse como un fluido, lo que facilita el movimiento del combustible y la carga automática de las calderas. El transporte puede realizarse con camiones cisterna, desde los cuales se bombea directamente en el depósito de almacenamiento del sistema. La alta densidad energética y la facilidad de movimiento hacen del pellet el combustible vegetal más indicado para sistemas de calefacción automáticos de todos los tamaños. El pellet de madera puede utilizarse en las calderas de astillas o en calderas proyectadas especialmente para pellet. Es posible incluso utilizar el pellet en algunos modelos de calderas de gasóleo, a través de quemadores especiales.



Figura 4. Caldera de biomasa. Fuente www.proingenieria.es

4.5. BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

Una bomba de calor es un dispositivo termodinámico que toma el calor presente en un medio (por ejemplo el aire, el agua, la tierra) para transferirlo hacia otro de mayor nivel de temperatura (por ejemplo en un local para calentarlo). Generalmente, para el funcionamiento de la bomba de calor, se utiliza un sistema termodinámico por compresión.

En su modo de funcionamiento básico la bomba de calor es utilizada para aportar calor a una estancia a través del ciclo de compresión de un fluido refrigerante. Sin embargo, este ciclo puede ser inverso, es decir, tiene la capacidad de producir frío además de calor, según la dirección de su ciclo.

Funcionamiento de una bomba de calor:

Una bomba de calor utiliza las propiedades de cambio de estado de un fluido refrigerante. Este fluido refrigerante en estado de vapor o gas es comprimido por un compresor. Al elevar la presión cede calorías a un condensador localizado en el interior de la vivienda y pasa a estado líquido. Después atraviesa un descompresor (válvula): su presión y su temperatura bajan, y se vaporiza dentro de un evaporador donde recupera energía enfriando el recinto (evaporador). Éste es el modo de funcionamiento para calefacción.

En el caso de la bomba de calor, este ciclo se puede invertir, de forma que el evaporador se localizará dentro de la estancia y el condensador fuera provocando el efecto inverso: transferir el calor de dentro del local hacia fuera de forma que la temperatura de la estancia bajará. Así, obtenemos frío.

Sería poco práctico tener dos equipos, por lo cual cada intercambiador de calor (uno dentro y otro fuera del edificio) debe funcionar tanto como condensador como evaporador, según sea el modo de operación. Un método de lograr esto consiste en añadir una válvula de inversión en el ciclo, además del compresor y el dispositivo de estrangulamiento.

Se distinguen 3 tipos principales de bomba de calor:

Bomba de calor aire-aire: el calor que se toma del el aire se transfiere directamente al aire del local que debe enfriarse o calentarse.

Bomba de calor aire-agua: el calor se toma del aire y se transfiere a un circuito de agua que abastecerá un suelo/techo refrescante.

Bomba de calor agua/agua: el sistema toma el calor de un circuito de agua en contacto con un elemento que le proporcionará el calor (la tierra, capa freática) para transferirlo a otro circuito de agua como en el caso anterior. Es el sistema generalmente adoptado por las bombas de calor geotérmicas.

La geotermia se encuentra entre las fuentes de energías renovables menos explotadas en nuestro país, situación que generalmente se ha venido justificando por el escaso potencial de desarrollo que, supuestamente, presenta esta forma de aprovechamiento energético.

En el rango de temperaturas más bajas, el aprovechamiento geotérmico mediante bomba de calor no requiere de condiciones extraordinarias del terreno, siendo amplia su disponibilidad como fuente de energía renovable y sostenible para un sinnúmero de aplicaciones térmicas.

Las ventajas de la bomba de calor geotérmica son múltiples, ya que se conjugan el concepto de ahorro y eficiencia, el hecho de ser una fuente de energía renovable y múltiples ventajas en cuanto a integración arquitectónica, facilidad de mantenimiento y escasez de ruido.

Su principio de funcionamiento es simplemente una bomba de calor que transfiere calor a o desde la aplicación (edificio o proceso) al terreno. Ello posibilita una menor demanda de energía primaria por parte del compresor (eléctrico o de gas) debido a que, en muchos momentos, el suelo posee condiciones de temperatura más favorables que el aire.

Existen diversos sistemas de intercambio de calor asociados a la bomba de calor geotérmica. En primer lugar cabe distinguir entre los sistemas de circuito abierto y los sistemas de circuito cerrado. En los circuitos abiertos se realiza la captación de un recurso hídrico (acuífero, lago, río...) para intercambiar calor devolviéndose posteriormente a su origen. En los circuitos cerrados es un fluido dentro de una tubería el que realiza el intercambio, generalmente con el suelo aunque también se puede realizar con una masa de agua. En este apartado, cabe destacar por su enorme potencial, las denominadas cimentaciones termoactivas, en las que se aprovecha la propia estructura del edificio (pilotes, pantallas, muros o losas) para ubicar las tuberías de intercambio de calor.

En general, una bomba de calor es una máquina que transfiere el calor desde un foco frío a otro caliente utilizando una cantidad de trabajo relativamente pequeña. Por tanto, la ventaja que poseen las bombas de calor frente a otros sistemas, reside en su capacidad para aprovechar la energía existente en el ambiente (foco frío), tanto en el aire como en el agua o la tierra, y que le permite calefactar las dependencias interiores (foco caliente) con una aportación relativamente pequeña de energía eléctrica.

La bomba de calor geotérmica extrae energía térmica del suelo en invierno transfiriéndola al interior, mientras que en verano extrae el calor del interior y lo devuelve al subsuelo.

Por tanto, un aumento del COP de la bomba implica automáticamente que se está utilizando una mayor proporción de energía renovable térmica, según la tipología y profundidad del circuito. En este sentido, la capacidad de producción de calor de origen renovable de una bomba de calor es muy grande en comparación con otras tecnologías, aunque usualmente se requiera para posibilitar tal flujo, de la introducción de una cierta cantidad de energía ya sea eléctrica o térmica.

Las bombas de calor geotérmicas se suelen utilizar en climas fríos donde las temperaturas extremas no permiten el funcionamiento de instalaciones que utilicen como foco frío el aire exterior. Para aprovechar la energía del suelo es necesario un sistema de tuberías. Estas instalaciones tienen un coste elevado, y requieren una gran superficie de terreno. Al disponer de una fuente a temperatura constante, el rendimiento siempre es óptimo sin que importen las condiciones de temperatura atmosférica.

Una bomba de calor geotérmica funciona de forma similar a una bomba de calor convencional que muchos tenemos en nuestros hogares, con la particularidad de que la transferencia de temperatura no se realiza con el exterior, sino que se realiza unos metros bajo tierra.

Por cada 4 kW necesarios para calefacción, sólo se requiere aproximadamente de 1 kW eléctrico. Es decir, 3 kW son aportados por la tierra lo que es una gran ventaja respecto a los otros modelos de bombas de calor.

Hay dos tipos de instalaciones:

- Sistema de captación vertical, consistente en un pozo de unos 50 metros en los que se alojen las tuberías.
- Sistema de captación horizontal, en caso de que no se puedan realizar perforaciones o se cuente con terreno suficiente para alojar los tubos.



Figura 5. Bomba de calor geotérmica. Fuente www.climatizaciongeotermica.com

4.6. SISTEMA CHP O DE MICRO COGENERACIÓN

Hay muchas definiciones de Micro CHP, o Micro Cogeneración. Los equipos de Micro CHP funcionan típicamente como elementos generadores de calor, dotando de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción a edificios residenciales y comerciales; es decir funcionan como calderas convencionales.

Pero a diferencia de una caldera convencional, los sistemas de Micro CHP generan electricidad junto con el calor con una eficiencia muy buena, además también ayudan a ahorrar combustible, disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero y reduciendo costes de electricidad. La mayoría de los equipos operan en paralelo con la red eléctrica, pero también pueden inyectar electricidad a la red.

Para el desarrollo de estos sistemas de micro CHP se ha empleado la convergencia de diferentes tecnologías, habiendo plantas disponibles comercialmente como el motor Stirling, ORC y las micro turbinas de gas que están funcionando con éxito.

El calor generado en los sistemas de Micro CHP se usa para producir calefacción y ACS (Agua Caliente Sanitaria), pudiendo incluso ser usados para refrigerar.

Una característica importante de los sistemas de Micro CHP es que son muy sencillos de instalar y a la vez muy flexibles.

Por el momento los combustibles fósiles (gas natural, gases licuados del petróleo (GLP), y gasóleos) han sido usados en los sistemas de Micro CHP. Sin embargo, en los últimos años existe la tendencia del uso de biodiesel y aceite de colza en los motores diesel. Dada la excelente biodegradabilidad y baja toxicidad de estos nuevos combustibles el desarrollo de plantas de Micro CHP en regiones sensibilizadas con este tema ecológico están recibiendo una mayor atención.

Dado que estos sistemas tienen una eficiencia elevada, no producen una emisión directa de CO₂ y contribuyen al suministro energético sostenible.

El funcionamiento de una caldera de microgeneración doméstica es similar al de una caldera de condensación, en el sentido de que ambas aprovechan el calor proveniente de la condensación de los humos de la combustión o del motor, respectivamente, para generar con el mismo agua caliente sanitaria y calefacción. Además las dos son calderas de alto rendimiento.

El equipamiento de microgeneración doméstica se puede programar para que opere a modo de caldera, es decir, en función de la demanda de calor, o para que lo haga a modo de generador eléctrico, de forma que suministre el consumo hasta alcanzar su potencia máxima, y que destine la energía térmica generada al agua caliente sanitaria y a la calefacción. También se puede programar de modo combinado.

Uno de los principales beneficios de esta tecnología es que el consumidor se convierte también en productor, y puede vender a la compañía suministradora la cantidad sobrante de su propio consumo.

En nuestro caso, nuestro equipo de Micro CHP funciona con un motor Stirling. El ciclo Stirling tiene la capacidad de tener más altas eficiencias que la de los ciclos Rankine y Joule, debido a que se aproxima más al ciclo de Carnot.

El funcionamiento de un motor Stirling se basa en la obtención del trabajo realizado por la expansión y contracción de un gas (normalmente helio, hidrógeno, nitrógeno o simplemente aire) al ser obligado a seguir un ciclo de enfriamiento en un foco frío, con lo cual se contrae, y de calentamiento en un foco caliente, con lo cual se expande. Es decir, es necesaria la presencia de una diferencia de temperaturas entre dos focos.

El motor que utilizamos es un motor Stirling de cuatro pistones de combustión externa. Su funcionamiento se basa en la utilización de dos gases: gas natural, que actúa como combustible, y nitrógeno, que se encuentra presurizado dentro del motor y actúa como gas de trabajo.

Para poner en marcha el motor Stirling, el gas natural se quema en la cámara de combustión, situada en la parte superior del motor, liberando el calor que comprime el nitrógeno presurizado de su interior. Después, el refrigerante que circula por las cavidades del motor Stirling enfría el nitrógeno consiguiendo que se contraiga.

Gracias al constante cambio de presión del nitrógeno se consigue activar los pistones del motor cuyo movimiento, en un principio lineal, se convierte en circular mediante su exclusivo sistema “Wooble Yoque” que hace rotar un alternador generando la electricidad.

Al mismo tiempo, el refrigerante del motor, tras ser calentado durante el proceso, es reutilizado para calentar el agua sanitaria y el sistema de calefacción del hogar.

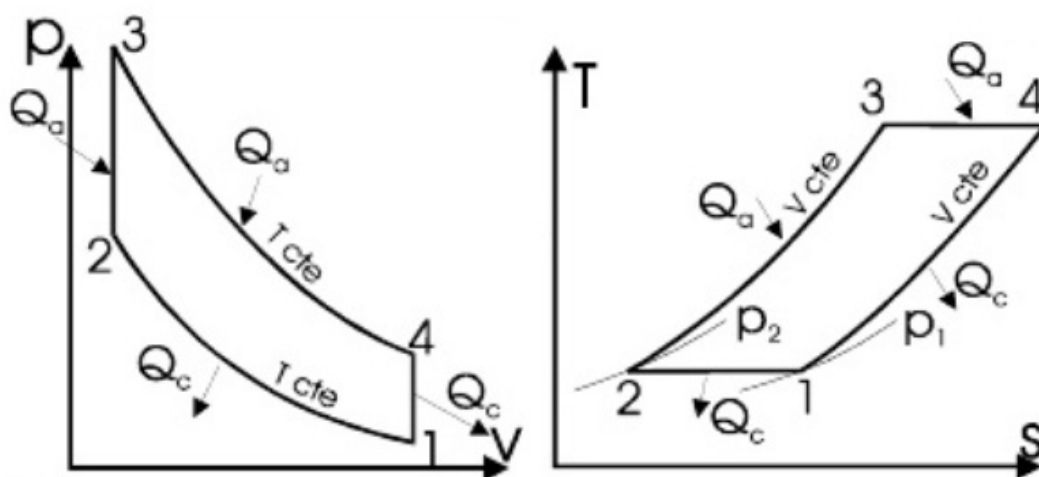


Figura 6. Sistema Micro CHP. Fuente Whispergen.

4.7. RADIADORES, FAN COILS Y SUELO RADIANTE

Radiadores: Los radiadores de calefacción juegan un papel fundamental en la eficiencia y el confort de una instalación de calefacción. En el caso de los radiadores calefacción alimentados por agua caliente, garantizan el máximo aprovechamiento de las nuevas generaciones de calderas (condensación) y bombas de calor trabajando a baja temperatura.

La combinación de los radiadores de calefacción de baja temperatura con generadores de alto rendimiento (calderas de condensación, bombas de calor, energía solar, energía geotérmica) y con válvulas termostáticas garantiza una menor emisión de CO₂ a la atmósfera con el consecuente ahorro energético y económico que esto conlleva.



Figura 7. Radiadores. Fuente Roca.

Fan Coil: El Fan-Coil es un sistema de acondicionamiento y climatización de tipo mixto; resulta ventajoso en edificios donde es preciso economizar el máximo de espacio. Suple a los sistemas centralizados que requieren de grandes superficies para instalar sus equipos.

El Fan-Coil consta de:

-Unidad Evaporadora, con Central Térmica: donde se calienta o enfría el agua; por lo general se sitúa en la cubierta del edificio. El agua enfriada o calentada corre por las tuberías hasta las unidades individuales.

-Unidades Individuales denominadas Fan Coil: situadas en cada ambiente a acondicionar, a los cuales llega el agua. Allí el aire se enfría es enviado al ambiente mediante un ventilador, transmitiendo el calor al agua que retorna siguiendo el circuito.

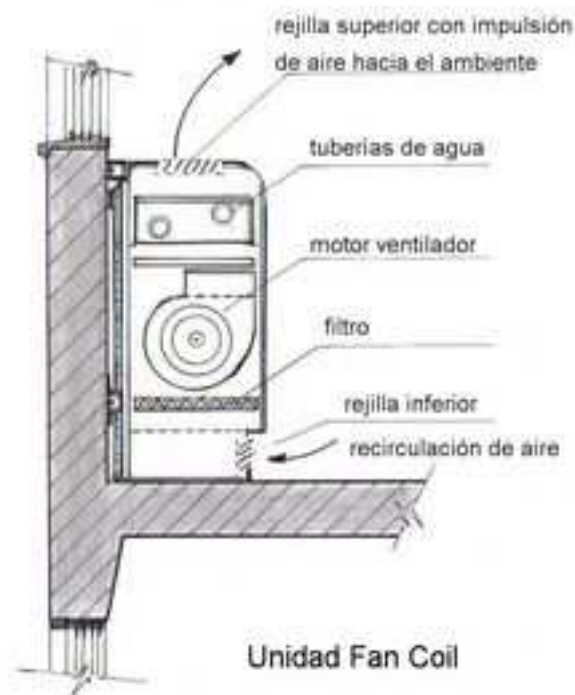


Figura 8. Fan Coil. Fuente www.construmatica.com

Suelo Radiante: Se denomina suelo radiante al sistema de calefacción eléctrica, de calefacción por agua caliente o calefacción por hilos de fibra de carbono que emite el calor por la superficie del suelo. En los sistemas por agua el calor se produce en la caldera y se lleva mediante tuberías a redes de tuberías empotradas bajo el pavimento de los locales, mientras que en el sistema de calefacción por fibra de carbono, el calor se emite por filamentos ultra finos de fibra de carbono instalados bajo el suelo.

La instalación de suelo radiante, que puede ser de suelo o pared y funciona con gas o electricidad, requiere de una gran obra por lo que se recomienda sólo si se va a realizar una reforma integral en una vivienda más bien grande o unifamiliar. Resulta más económica a la larga (entre un 10% y un 30% más que el sistema de radiadores), genera un calor más natural y, dado que va integrado en paredes o suelo, es más estética porque se evitan radiadores o acumuladores en las paredes.

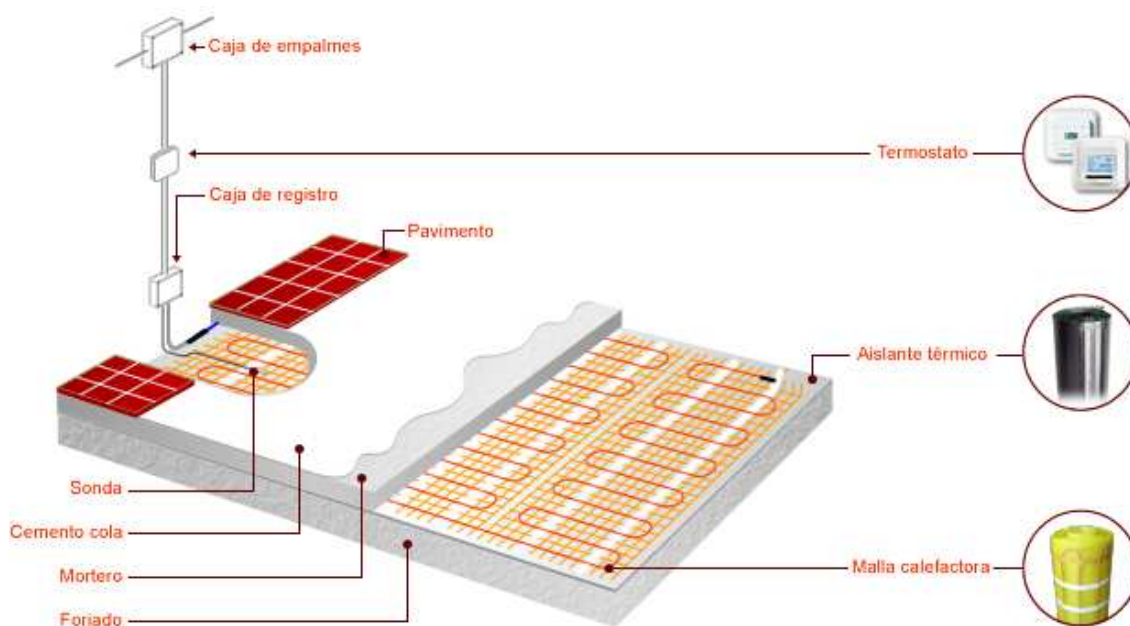


Figura 9. Suelo Radiante. Fuente www.elementoscalefactores.com

5. PARÁMETROS DEL ESTUDIO

A la hora de elegir un buen sistema de calefacción y ACS existen una serie de cuestiones que deben tomarse en cuenta y que ayudarán a tomar una decisión acertada.

1. **La zona climática:** si la vivienda se encuentra en una zona fría, se necesitará un sistema que mantenga el calor de forma constante. Además, si se trata de un área de frecuentes nevadas, se tendrá que prever las interrupciones de suministro de combustible debido a la inaccesibilidad de los camiones de reparto.

Si está ubicada en una zona cálida, será suficiente con un sistema que permita lograr la temperatura ideal de forma puntual; también es más económico.

2. **Las necesidades de la vivienda y de quienes la habitan:**

-Las dimensiones de la vivienda, su orientación, uso y la necesidad de calentarla total o parcialmente.

-El espacio disponible para la ubicación del sistema.

-La existencia o no de un sistema anterior.

-La necesidad o no de disponer de suministro de agua caliente.

-El uso que se haga de la instalación (las horas que permanezca en casa).

3. **La posibilidad de la fuente de energía.** Para consumir una fuente de energía de suministro continuo, es necesario que la vivienda esté situada en una zona donde haya red de distribución, y que disponga de acometida (llave de edificio). La instalación deberá ser ejecutada por una empresa instaladora autorizada por la Consejería de Industria.

Cuando se trata de sistemas que precisan el suministro de combustible a granel, se deberá conocer el servicio de reparto, la frecuencia de la distribución y la accesibilidad de los vehículos de transporte a la vivienda.

4. **Instalación:** se deberá estudiar las posibilidades técnicas de efectuar la obra que conlleva la instalación; la envergadura de la misma y, por último, sopesar el desembolso económico que supondrá. Se analizará el coste de la inversión inicial en instalaciones necesarias y su rentabilidad por el uso posterior.

5. **Tarifas:** si se opta por un combustible canalizado, se podrá elegir la tarifa que mejor se adapte a los hábitos de consumo.

6. **Mantenimiento:** el mantenimiento posterior que va a necesitar el sistema de calefacción elegido es otro punto importante a considerar ya que será un gasto para toda su vida útil. Todas las instalaciones de calefacción, a excepción de la eléctrica, requieren de inspecciones periódicas que deben ser realizadas por empresas instaladoras autorizadas.

7. **Criterios ecológicos y de seguridad:** la utilización de elementos combustibles que suponen una amenaza para el medio ambiente, la producción de gases y olores y el consumo de recursos, son factores para medir la “limpieza” de los distintos sistemas.

La necesidad de almacenar combustible, con la consiguiente posibilidad de explosiones, fugas o fuegos debe tenerse en cuenta antes de decidirse por uno u otro sistema.

6. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

6.1. Instalación de colectores solares para ACS

Al ser un edificio de nueva construcción, deberá cumplir el **CTE HB-4**: contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

La instalación solar térmica debe estar dimensionada para satisfacer un determinado porcentaje sobre la demanda de ACS de la vivienda, en función de la zona climática en la que se encuentre.

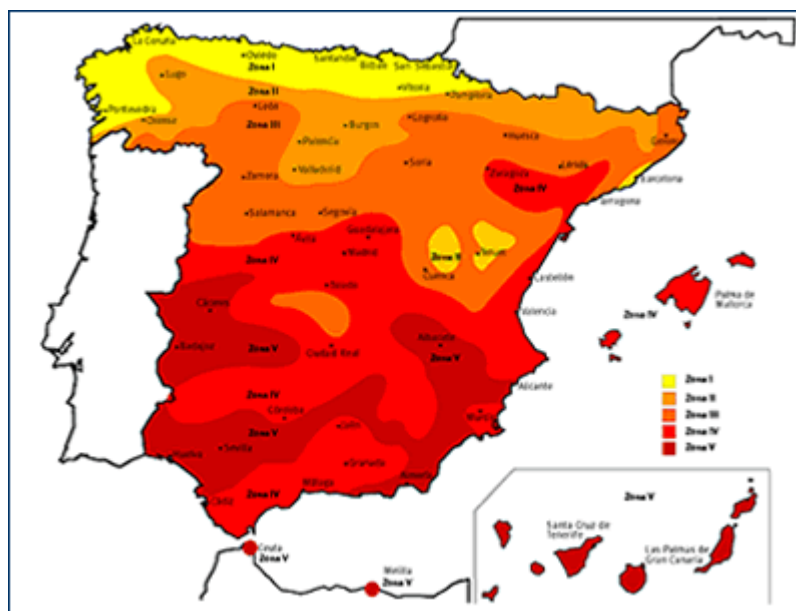


Figura 10. Mapa zona climática. Fuente Código Técnico.

En nuestro caso, la localidad de Zaragoza pertenece a la zona climática IV.

Se calcula la demanda de ACS, a temperatura de referencia de 60°C, de la vivienda.

Tenemos una vivienda con 3 dormitorios.

De la tabla 1 del **Anexo 2**, obtenemos 4 personas en la vivienda.

De la tabla 2 del **Anexo 2**, obtenemos 30 litros de agua caliente por persona y día.

El consumo total será de:

$$30 \text{ litros} \frac{ACS}{\text{día}} \text{ por persona} * 4 \text{ personas} = 120 \text{ l/día}$$

Y ahora, sabiendo que Zaragoza pertenece a la zona climática IV y que tenemos una demanda de 120 litros de ACS al día, obtenemos de la tabla 3 del **Anexo 2**, que la contribución solar mínima debe ser del **60%** para cumplir con el CTE HE-4. Con la condición impuesta de que la energía solar térmica producida no supere el 110% de la demanda en ningún mes y no puede superar el 100% de la demanda más de 3 meses al año.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	64	70	70

Tabla 1. Contribución solar mínima en %. Caso general

6.2. Dimensionado de la instalación

La instalación se ha dimensionado para 1 captador plano, homologado, marca SAUNIER DUVAL, modelo SRH 2.3.

Sus características son las siguientes:

η_0	0,801
K_1 (W/m ² K)	3,320
K_2 (W/m ² K ²)	0,023
Superficie Total (m ²)	2,51
Superficie Neta (m ²)	2,352

Tabla 2. Características del captador

Donde:

- η_0 es el rendimiento óptico del captador.
- K_1 es el coeficiente de pérdidas de primer orden.
- K_2 es el coeficiente de pérdidas de segundo orden.

Estos datos sirven para obtener los rendimientos de los captadores media la fórmula:

$$\eta = \eta_0 - K_1 * ((T_m - T_a)/I) - K_2 * (((T_m - T_a)/I)^2) * I$$

Donde:

- T_m : Temperatura media del fluido del captador.
- T_a : Temperatura ambiente.
- I : irradiancia (W/(m²)).

La superficie útil del captador es de 2,352 m², por lo que también es su superficie total de captación.

El grado de cobertura conseguido por la instalación de los captadores es del **62.2%**.

La acumulación de Agua Caliente Sanitaria procedente de la aportación solar se realizará mediante un depósito de 200 litros, que servirá para hacer frente a la demanda diaria.

El C.T.E., en su Documento Básico HE, Exigencia Básica HE4, Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria establece que para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

Siendo:

A la suma de las áreas de los captadores [m²];

V el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

Este volumen de acumulación supone una relación de **85,03** litros por metro cuadrado de captadores.

El estudio completo de los captadores solares y el formulario de cumplimiento del CTE para placas solares se adjuntan en el **Anexo 2**.

7. DEMANDA TÉRMICA

7.1. Comprobación del cumplimiento del CTE-HE

La vivienda del estudio debe cumplir con el CTE-HE4 y el CTE-HE1.

En el caso del CTE-HE4, el cumplimiento de las transmitancias se regula mediante la selección de la zona climática a la que pertenece el edificio en función de su ubicación geográfica (**Tabla 4**) y una vez escogida se procederá a la comprobación del cumplimiento de los distintos tipos de cerramiento en relación a los mínimos exigidos en las tablas anexas.

Santa Cruz de Tenente	A3	U	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

Tabla 3. Relación ciudad-zona climática. Fuente Código Técnico.

La transmitancia térmica (U) debe ser menor o igual a la señalada en la tabla 5.

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

Tabla 4. Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m²K. Fuente Código Técnico.

Se sabe que nuestra vivienda pertenece a la Zona D, por lo que deberemos regirnos sólo por los valores de esta zona.

Se comprueba que nuestros cerramientos y huecos cumplen la normativa:

CERRAMIENTO/HUECO	U obtenida (W/m ² K)	U _{max} ZONA D (W/m ² K)	CUMPLE/ NO CUMPLE
FACHADA	0.60	0.86	CUMPLE
TABIQUERIA	0.52	0.86	CUMPLE
SUELO	0.56	0.64	CUMPLE
ENTREPLANTAS	0.62	0.64	CUMPLE
TERRAZA	0.38	0.49	CUMPLE
TEJADO	0.34	0.49	CUMPLE
VIDRIO VER_DC_4-12-331	2.80	3.50	CUMPLE
MARCO VER_MADERA DENSIDA MEDIA ALTA	2.20	3.50	CUMPLE

Tabla 5. Cumplimiento del CTE-HE4

La expresión para calcular la transmitancia térmica U, es la siguiente:

$$U \text{ (W/m}^2\text{K)} = 1/R_T$$

$$R_T \text{ (m}^2\text{K/W)} = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Donde:

- R_T: Resistencia térmica total.
- R₁, R₂, R_n se calculan de la siguiente manera:

$$R = e/\lambda$$

e: espesor en metros de la capa

λ: conductividad térmica (W/mK)

- R_{si}: Resistencia térmica superficial interior.
- R_{se}: Resistencia térmica superficial exterior.

Para realizar todos estos cálculos y comprobar el cumplimiento del CTE-HE1 se utiliza el programa LIDER.

Los resultados son los siguientes:

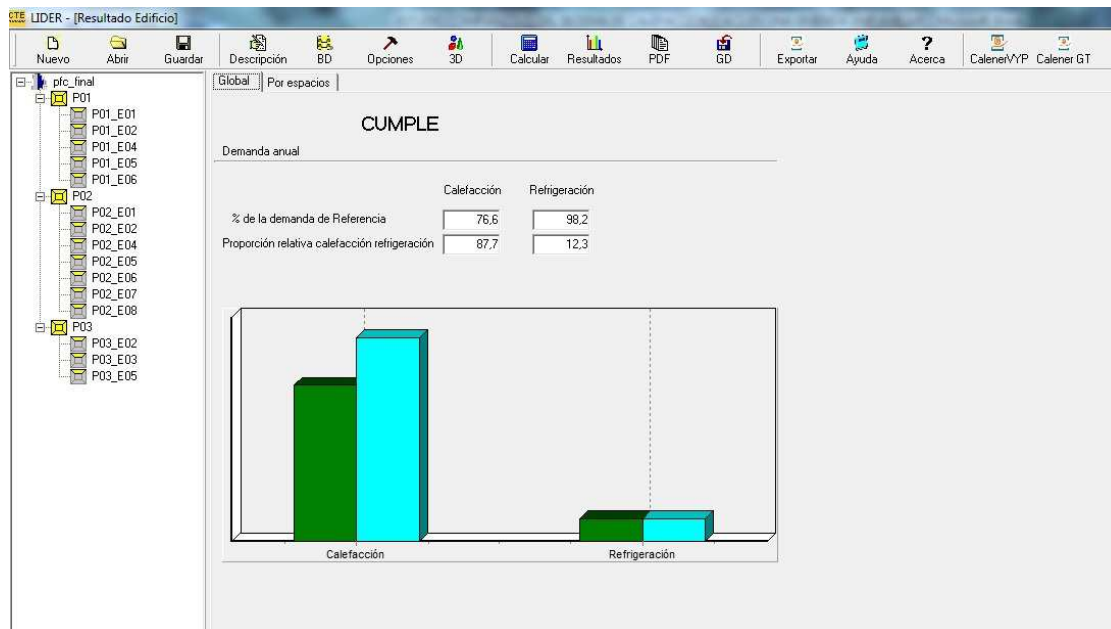


Figura 11. Cumplimiento CTE-HE1

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de referencia	76,6	98,2
Proporción relativa	87,7	12,3

Tal y como y como se puede observar los valores de demanda del edificio Objeto (nuestro edificio) son inferiores a los del edificio de referencia (columna azul) tanto en Calefacción como en Refrigeración. Siempre que se cumpla esta condición podemos considerar que el edificio **CUMPLE** los requisitos mínimos exigidos por el CTE-HE en lo referente a ahorro energético.

Debido a la extensión de los documentos generados, en el **Anexo 3** se adjunta el informe completo realizado por el programa para la vivienda analizada donde puede certificándose que en todos los casos cumplen con la normativa vigente, así como la forma detallada de como se realizó.

7.2. Cálculo de la carga térmica

La carga térmica total de calefacción de una vivienda, local o recinto de un edificio, es la suma de la transmisión de calor y la carga de ventilación:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_T + \dot{Q}_V - \dot{Q}_I$$

Donde:

- Q: carga térmica total de calefacción
- \dot{Q}_T : carga térmica de transmisión de calor a través de los cerramientos
- \dot{Q}_V : carga térmica total de ventilación que tiene en cuenta tanto las pérdidas que se producen por infiltraciones de aire a causa de la permeabilidad de los cerramientos, como de las que resultan de las necesidades de ventilación de los recintos cerrados
- \dot{Q}_I : carga térmica correspondiente a la generación interna de calor de carácter permanente

Las pérdidas por transmisión se calcularían como sigue:

$$\dot{Q}_{T,O} = \Sigma U_i A_i (T_{int} - T_{ext})$$

donde:

- $\dot{Q}_{T,O}$: pérdidas por transmisión sin ninguna clase de suplemento
- U_i : Transmitancia del cerramiento
- A_i : superficie del cerramiento
- T_{int} : temperatura interior de diseño del local
- T_{ext} : temperatura de diseño al otro lado del cerramiento

El cálculo de la carga térmica por transmisión nos quedaría:

$$\dot{Q}_T = \dot{Q}_{T,O} (1 + Z_{IS} + Z_O)$$

donde:

- Z_{IS} : suplemento por interrupción del servicio
- Z_O : suplemento por orientación

Los cálculos son los siguientes:

Tomando la temperatura exterior extrema de Zaragoza igual a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la temperatura de confort de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Planta Baja

	A(m2)	U(W/m2K)	Ti-Te (K)	Qto (W)	Zls	Zo	1+Zls+Zo	W
baño								
pared ext O	6	0,6	23	82,80	0,3	0,05	1,35	111,78
suelo	7,48	0,56	23	96,34	0,3	0	1,3	125,25
distribuidor								
pared ext E	7,5	0,6	23	103,50	0,3	0,05	1,35	139,73
suelo	7,25	0,56	23	93,38	0,3	0	1,3	121,39
oficina								
pared ext S	16,8	0,6	23	201,60	0,3	0,1	1,4	282,24
pared ext O	13,05	0,6	23	156,60	0,3	0,05	1,35	211,41
suelo	24,36	0,56	23	272,83	0,3	0	1,3	354,68
cocina-comedor								
pared ext S	12,75	0,6	23	153,00	0,3	0,1	1,4	214,20
pared ext E	24	0,6	23	288,00	0,3	0,05	1,35	388,80
pared ext N	12,75	0,6	23	153,00	0,3	0	1,3	198,90
suelo	34	0,56	23	380,80	0,3	0	1,3	495,04
Salon								
pared ext E	9	0,6	23	124,20	0,3	0,05	1,35	167,67
pared ext N	24	0,6	23	331,20	0,3	0	1,3	430,56
pared ext O	20,16	0,6	23	278,21	0,3	0,05	1,35	375,58
suelo	70,88	0,56	23	912,93	0,3	0	1,3	1186,81
				3628,40				4804,04

Tabla 7. Carga térmica por transmisión planta baja.

Primera Planta

	A(m2)	U(W/m2K)	Ti-Te (K)	Qto (W)	Zls	Zo	1+Zls+Zo	W
baño								
pared ext O	6	0,6	23	82,80	0,3	0,05	1,35	111,78
suelo	7,48	0,61	23	104,94	0,3	0	1,3	136,43
dormitorio1								
pared ext S	16,8	0,6	23	201,60	0,3	0,1	1,4	282,24
suelo	17,52	0,61	23	213,74	0,3	0	1,3	277,87
dormitorio 2								
pared ext N	7,53	0,6	23	90,36	0,3	0	1,3	117,47
suelo	23,88	0,61	23	291,34	0,3	0	1,3	378,74
dormitorio 3								
pared ext E	10,2	0,6	23	122,40	0,3	0,05	1,35	165,24
pared ext N	13,23	0,6	23	158,76	0,3	0	1,3	206,39
pared ext O	10,2	0,6	23	122,40	0,3	0,05	1,35	165,24
suelo	15	0,61	23	183,00	0,3	0	1,3	237,90
Salita								
pared ext N	10,8	0,6	23	149,04	0,3	0	1,3	193,75
pared ext O	10,05	0,6	23	138,69	0,3	0,05	1,35	187,23
suelo	12,02	0,61	23	168,64	0,3	0	1,3	219,23
aseo 1								
pared ext E	11,28	0,6	23	155,66	0,3	0,05	1,35	210,15
pared ext S	4,62	0,6	23	63,76	0,3	0,1	1,4	89,26
suelo	5,79	0,61	23	81,23	0,3	0	1,3	105,60
aseo 2								
pared ext E	11,28	0,6	23	155,66	0,3	0,05	1,35	210,15
pared ext N	4,62	0,6	23	63,76	0,3	0	1,3	82,88
suelo	5,79	0,61	23	81,23	0,3	0	1,3	105,60
				2629,02				3483,15

Tabla 8. Carga térmica por transmisión primera planta.

Segunda Planta

	A(m ²)	U(W/m ² K)	Ti-Te (K)	Qto (W)	Zls	Zo	1+Zls+Zo	W
Buhardilla 1								
pared ext E	24	0,6	23	288,00	0,3	0,05	1,35	388,80
pared ext S	13,08	0,6	23	156,96	0,3	0,1	1,4	219,74
pared ext N	13,08	0,6	23	156,96	0,3	0	1,3	204,05
suelo	34,88	0,61	23	425,54	0,3	0	1,3	553,20
tejado	34,88	0,34	23	237,18	0,3	0	1,3	308,34
buhardilla 2								
pared ext O	10,35	0,6	23	124,20	0,3	0,05	1,35	167,67
pared ext N	11,22	0,6	23	134,64	0,3	0	1,3	175,03
suelo	12,9	0,61	23	157,38	0,3	0	1,3	204,59
tejado	12,9	0,34	23	87,72	0,3	0	1,3	114,04
Baño								
pared ext O	6	0,6	23	82,80	0,3	0,05	1,35	111,78
suelo	7,48	0,61	23	104,94	0,3	0	1,3	136,43
tejado	7,48	0,34	23	58,49	0,3	0	1,3	76,04
								2014,82
								2659,71

Tabla 9. Carga térmica por transmisión segunda planta.

El total de la carga térmica por transmisión sería:

	kW
planta baja	4,80
1ra planta	3,48
2da planta	2,66
	10,95

El cálculo de la carga térmica de ventilación sería:

$$\dot{Q}_V = V_a \rho_a c_{p_a} (T_{int} - T_{ext})$$

donde:

- V_a : caudal de aire frío exterior que se introduce en el local

- ρ_a : densidad del aire seco

- c_p : calor específico del aire

- T_{int} : temperatura interior del local

- T_{ext} : temperatura exterior del local

Los cálculos son los siguientes:

	A (m2)	V (m3)	Ventilación (m3/h)	n (ren/h)	ρC_p	Ti-Te (°C)	Qv (kW)
Cocina-Comedor	29,48	88,44	64,8	0,73	1,18	20	2,06
Salón	49,3	147,9	64,8	0,44	1,18	20	4,06
Recibidor	16,93	50,79	64,8	1,28	1,18	20	1,39
Oficina	21,13	63,39	36	0,57	1,18	20	1,48
Dormitorio 1	22,91	68,73	36	0,52	1,18	20	1,60
Dormitorio 2	22,91	68,73	36	0,52	1,18	20	1,60
Dormitorio 3	12,94	38,82	36	0,93	1,18	20	0,91
Salita	14,72	44,16	64,8	1,47	1,18	20	1,21
Buhardilla	41,32	123,96	64,8	0,52	1,18	20	2,89
							17,21

Tabla 10. Carga térmica por ventilación.

En el punto 3.1.1.a de la DB HS3 del CTE se dice “el aire debe circular desde los locales secos (comedores, dormitorios y salas de estar) a los húmedos (aseos, cocinas y cuartos de baño)”. Así, el aire llega a la cocina y los baños caliente por lo que estos locales no entran en los cálculos de la carga térmica de ventilación.

Los locales en los que se va a instalar la calefacción suelen contar con ganancias internas gratuitas de calor (Q_I). Este sumando será negativo debido su carácter de ganancia energética e incluye cualquier aportación de una magnitud representativa para el cálculo de la carga térmica del local. No obstante, su magnitud es tan poco significativa que no se tiene en cuenta para el cálculo de la vivienda.

Así pues, la carga térmica total de la vivienda sería:

$$Q = Q_T + Q_V = 10.95 \text{ kW} + 17.21 \text{ kW} = \mathbf{28.16 \text{ kW}}$$

Existen también formas simplificadas de calcular la carga térmica (kW) de forma suficientemente precisa para los cálculos estimativos que pretendemos. A modo de contraste o comprobación, en este caso se ha aplicado un método de cálculo en el que es necesario contemplar algunas variables referentes al exterior y al interior de la vivienda. El producto de los valores de cada variable nos permite obtener la potencia térmica.

Las variables son las siguientes:

- **Orientación:** La situación de la vivienda nos proporciona un coeficiente de orientación.
- **Zona climática:** Depende de la radiación solar media anual.
- **Superficie de la vivienda:** Cuanto más espacio tengamos para calefactar, más energía necesitaremos.
- **Aislamiento:** Nos proporcionará más o menos protección ante la climatología del exterior de la vivienda.
- **Altura:** Es equivalente a lo explicado con la superficie de la vivienda, cuanto más espacio tengamos, más energía se necesitará.

1. Variables referentes al exterior de la vivienda

Como son la orientación del edificio y la zona climática.

A. Orientación

Se elije entre cuatro opciones:

Norte: (VALOR = 1,12)

Sur: (VALOR = 0,92)

Este: (VALOR = 1)

Oeste: (VALOR = 1)

B. Zona climática

Se consulta la zona climática en la que se encuentra la vivienda

Zona A: (VALOR = 0,88)

Zona B: (VALOR = 0,95)

Zona C: (VALOR = 1,04)

Zona D: (VALOR = 1,12)

Zona E: (VALOR = 1,19)

La vivienda está situada en la zona climática D3, con lo que tenemos un valor de 1,12.

2. Variables referentes al interior de la vivienda

Como son la superficie, el aislamiento y la altura de la estancia.

C. Superficie de la estancia

En este caso, la superficie total de la vivienda es de 285.7 m², repartida en 111.77 m² la planta baja, 99.36 m² la primera planta y 74.57 m² la segunda planta o buhardilla.

D. Aislamiento

Se elije entre tres opciones:

- Reforzado: Ventanal doble y tabique doble (VALOR = 0,93)

- **Normal: Ventanal sencillo y tabique doble o ventanal doble y tabique sencillo (VALOR = 1)**

- Ligero: Ventanal sencillo y tabique sencillo (VALOR = 1,10)

E. Altura de la estancia.

Según la altura de la estancia a acondicionar se aplicará diferente fórmula de cálculo:

- Altura menor de 2,5 metros: Se deberá multiplicar por un factor de valor 85.
- ***Altura mayor de 2,5 metros: Se deberá multiplicar por un factor de valor 33.***

En el caso de nuestra vivienda todas sus estancias tienen el mismo aislamiento Normal, lo que nos da un valor $D = 1$, y la misma altura de 3 metros, por lo que tenemos que multiplicar por su altura y el factor 33. La superficie será la de cada estancia.

La función que nos calcula la demanda energética es la siguiente:

Potencia requerida (W) = Orientación x Zona Climática x Superficie x Aislamiento x Altura x Factor referente a la altura

La demanda energética de la vivienda nos la da la suma total de las estancias calculadas, expresado en kW.

Los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 10**.

	Factor Orientación	Factor Zona (D)	Superficie (m ²)	Aislamiento	Altura (m)	Wattios
Baño 1	1	1,12	7,06	1	3	0,78
Baño 2	1	1,12	7,06	1	3	0,78
Baño 3	1	1,12	7,06	1	3	0,78
Cocina-Comedor	1,12	1,12	29,48	1	3	3,66
Salón	1,12	1,12	49,3	1	3	6,12
Recibidor	1	1,12	16,93	1	3	1,88
Oficina	0,92	1,12	21,13	1	3	2,16
Aseo 1	0,92	1,12	4,91	1	3	0,50
Aseo 2	1,12	1,12	4,91	1	3	0,61
Dormitorio 1	0,92	1,12	22,91	1	3	2,34
Dormitorio 2	1,12	1,12	22,91	1	3	2,85
Dormitorio 3	1	1,12	12,94	1	3	1,43
Salita	1,12	1,12	14,72	1	3	1,83
Buhardilla	0,92	1,12	41,32	1	3	4,22
Pasillos	1,12	1,12	23,06	1	3	2,86
TOTAL						32,80

Tabla 6. Cálculo de la demanda térmica.

Los resultados nos da una demanda térmica de **32.8 kW**.

En la práctica las dos potencias resultantes resultan equivalentes a la hora de elegir las calderas de calefacción, pues su diferencia es menor que las diferencias en los modelos analizados.

Partiendo de dicha potencia, analizaremos los sistemas disponibles en el mercado para comparar costes y consumos y seleccionar el sistema que resulte más adecuado.

7.3 Cálculo de la demanda anual de energía

El programa LIDER también nos calcula la demanda térmica del edificio. Tras el análisis del edificio se genera un archivo de resultados del edificio objeto y del de referencia donde podemos obtener la demanda energética anual en kWh/m² de calefacción.

De este archivo podemos sacar que el promedio de la demanda anual para calefacción es de 76.415304 kWh/m² y que por tanto la energía total para cubrir la demanda de calefacción sería:

$$76.415304 \text{ kWh/m}^2\text{año} \times 285.7 \text{ m}^2 = \mathbf{21969.4 \text{ kWh/año}}$$

Con estos datos como base partiremos para calcular el consumo anual de los distintos sistemas de calefacción dependiendo de sus emisores. Una parte de ellos se calcularán mediante el programa Calener VYP, otros, mediante los cálculos matemáticos convenientes.

Necesitamos calcular la demanda de ACS.

Como se puede ver en el apartado 3 del DB HE-4, para una vivienda unifamiliar en Zaragoza de 3 dormitorios (4 personas), la demanda anual de ACS sería:

$$4 \text{ personas} \times 30 \text{ l de } \frac{\text{ACS}}{\text{persona}} \text{ y día} \times 365 \text{ días} = \mathbf{43800 \text{ l. anuales a } 60^\circ}$$

Sabiendo que la temperatura media de entrada de agua de red es de 14.6°C para Zaragoza, que el calor específico del agua es 4186 Julios/litro°C y teniendo en cuenta que 1 kWh son 3600000 Julios, la energía total para cubrir la demanda de ACS sería:

$$E_{ACS} = 43800 \text{ l} \times (60^\circ\text{C} - 14.6^\circ\text{C}) \times \frac{4186}{3600000} = 2312.20 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Como nuestros captadores solares nos proporcionan el 62.2% del ACS, la energía adicional que debe suministrar el sistema de calefacción para calentar el resto del ACS sería:

$$E_{ACS} = 2312.20 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \times 0.378 = \mathbf{874.01 \text{ kWh/año}}$$

8. ESTUDIO COMPARATIVO: DEMANDA TÉRMICA, EMISIONES DE CO₂ Y COSTE

8.1. Sistemas de distribución:

8.1.1. Radiadores

Para distribuir el calor de nuestro sistema de calefacción por la vivienda unifamiliar disponemos de 3 opciones: radiadores, suelo radiante y fan-coils.

RADIADORES

Los radiadores elegidos para realizar la comparativa son los Roca Duval, de la marca Roca. Existen 4 tipos de radiadores Roca Duval dependiendo de su potencia: Duval 45, Duval 60, Duval 70 y Duval 80. Cuyas características técnicas son:

Dimensiones y Características Técnicas

Modelos	Cotas en mm				Capacidad agua l	Peso aprox. kg	Por elemento				Exponente "n" de la curva característica	
	A	B	C	D			Frontal aberturas		Frontal plano		Frontal aberturas	Frontal plano
							Kcal/h	W	Kcal/h	W		
DUBAL 30	288	218	80	147	0,27	1,36	71,3	82,9	70,5	82,0	1,30	1,29
DUBAL 45	421	350	80	82	0,29	1,13	79,5	92,4	76,2	88,6	1,35	1,35
DUBAL 60	571	500	80	82	0,36	1,43	103,9	120,8	99,0	115,2	1,35	1,34
DUBAL 70	671	600	80	82	0,43	1,63	119,1	138,5	113,7	132,2	1,34	1,34
DUBAL 80	771	700	80	82	0,50	1,83	133,7	155,4	127,9	148,7	1,33	1,34

Tabla 11. Dimensiones y características de los radiadores. Fuente catálogo Roca Duval.

Según el radiador que escojamos necesitaremos más o menos elementos para nuestra habitación. Para definir el número de elementos para cada estancia dependiendo de sus cargas térmicas se ha elaborado una serie de tablas que se adjuntan en el **Anexo 4**.

Una vez que sabemos el número de elementos que necesitan para cada estancia, elegiremos los que mejor nos convengan a nuestras necesidades.

Para ello sabemos que estos radiadores sólo se expiden en bloques de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12 y 14 elementos.

	Radiador	Nº Elementos	Precio (€)
Baño 1	DUVAL 60	7	100
Baño 2	DUVAL 60	7	100
Baño 3	DUVAL 60	7	100
Cocina-Comedor	DUVAL 70	2 DE 14	440
Salón	DUVAL 80	3 DE 14	690
Recibidor	DUVAL 70	14	220
Oficina	DUVAL 80	14	230
Aseo 1	DUVAL 60	5	80
Aseo 2	DUVAL 60	6	90
Dormitorio 1	DUVAL 60	2 DE 10	280
Dormitorio 2	DUVAL 60	2 DE 12	320
Dormitorio 3	DUVAL 60	12	160
Salita	DUVAL 70	14	220
Buhardilla	DUVAL 60	3 DE 12	480
		Precio Total	3510

Tabla 12. Precio de los radiadores

Una vez tenemos los radiadores y sabemos su aportación calorífica se puede realizar una estimación de la instalación de las tuberías necesarias.

Considerando las temperaturas de entrada y salida del circuito como $t_e = 75\text{ °C}$ y $t_s = 65\text{ °C}$, tenemos un salto térmico de $t_e - t_s = 10\text{ °C}$, por tanto, cada l/h supone 10 Kcal/h, la emisión calorífica exigida a cada radiador se corresponde con la necesidad de circulación de determinados caudales de agua.

Con esto se halla el caudal necesario en cada radiador:

	Aporte calorífico radiador (Kcal/h)	Caudal (l/h)
Radiador 1-2-3	727,3	72,7
Radiador 4-5-9-18	1667,4	166,7
Radiador 6-7-8-10	1871,8	187,1
Radiador 11	519,5	51,9
Radiador 12	623,4	62,3
Radiador 13-14	1039	103,9
Radiador 15-16-17-19-20-21	1246,8	124,6

Tabla 13. Caudal de los radiadores

Planta por planta y tramo por tramo, dimensionamos los diámetros de las tuberías. Para ello se ha utilizado un ábaco de cálculo para tuberías de cobre.

Se ha tenido en cuenta una pérdida máxima de carga de 15 mm.c.a/m y velocidades inferiores a 1 m/s.

En la planta baja nos quedaría:

Tramo	Caudal (l/h)	Diámetro (pulgadas)	Longitud (m)
O-R₁₀	821,1	1"	6,7
R₁₀-R₁	634	3/4"	13,4
R₁-R₆	561	3/4"	2,7
R₆-R₇	372,4	3/4"	4,9
R₇-R₈	187,1	1/2"	6,9
O-R₉	500,1	3/4"	2
R₉-R₅	333,4	3/4"	8
R₅-R₄	166,7	1/2"	4,8

Tabla 14. Diámetro tuberías planta baja

En la primera planta nos quedaría:

Tramo	Caudal (l/h)	Diámetro (pulgadas)	Longitud (m)
O-R ₂	239,4	1/2"	7,1
R ₂ -R ₈	166,7	1/2"	2,2
O-R ₁₃	695,8	3/4"	1,4
R ₁₃ -R ₁₄	591,9	3/4"	1,7
R ₁₄ -R ₁₁	488	3/4"	3,45
R ₁₁ -R ₁₂	436,1	3/4"	0,7
R ₁₂ -R ₁₅	373,8	3/4"	0,35
R ₁₅ -R ₁₆	249,2	1/2"	7,15
R ₁₆ -R ₁₇	124,6	1/2"	1,25

Tabla 15. Diámetro tuberías 1ª planta

Y en la segunda planta o buhardilla:

Tramo	Caudal (l/h)	Diámetro (pulgadas)	Longitud (m)
O-R ₃	197,3	1/2"	7,9
R ₃ -R ₁₉	124,6	1/2"	4,5
O-R ₂₁	249,2	1/2"	2,2
R ₂₁ -R ₂₀	124,6	1/2"	3,4

Tabla 16. Diámetro tuberías 2ª planta

Sabiendo los precios por metro de los distintos diámetros de tubería, ya se puede realizar el presupuesto aproximado:

	Longitud (m)	Precio (€/m)	Coste total (€)
Tramos a 1"	15	11,2	168
Tramos a 3/4"	80	8,28	662,4
Tramos a 1/2"	95	4,65	441,75
	TOTAL		1272,15

Tabla 17. Precio tuberías. Fuente Pecomark

La instalación de un sistema de distribución basado en radiadores nos costará:

$$3510 + 1272.15 = 4782.15 \text{ €}$$

8.1.2. Fan Coils

FAN COILS

Los fan coils elegidos para realizar la comparativa son los FCV, de la marca Aerplus. Los fan coils, dependiendo de su potencia son los FCV-03, FCV-05 y FCV-06. El coste total de la instalación es el siguiente:

	Kcal/h	kW	Precio
Baño 1	672,41	0,78	350
Baño 2	672,41	0,78	350
Baño 3	672,41	0,78	350
Cocina-Comedor	3155,17	3,66	350
Salón	5275,86	6,12	451
Recibidor	1620,69	1,88	350
Oficina	1862,07	2,16	350
Aseo 1	431,03	0,5	350
Aseo 2	525,86	0,61	350
Dormitorio 1	2017,24	2,34	350
Dormitorio 2	2456,90	2,85	350
Dormitorio 3	1232,76	1,43	350
Salita	1577,59	1,83	350
Buhardilla	3637,93	4,22	387
		Precio Total	5038

Tabla 18. Precio de los fan coils

Como se hiciera con los radiadores, se calculará la tubería necesaria para los fan coils. En este caso, el fabricante nos proporcionará el caudal necesario para cada fan coil.

Disponemos de 3 fan coils distintos con un caudal de 310, 478 y 620 l/h.

Como anteriormente se dimensionará cada planta y cada tramo.

En la planta baja:

Tramo	Caudal (l/h)	Diámetro (pulgadas)	Longitud (m)
O-F ₆	1240	1"	6,8
F ₆ -F ₁	930	1"	12,9
F ₁ -F ₅	620	3/4"	2,4
O-F ₇	620	3/4"	2,2
F ₇ -F ₄	310	3/4"	11,9

Tabla 19. Diámetro tuberías planta baja

En la primera planta:

Tramo	Caudal (l/h)	Diámetro (pulgadas)	Longitud (m)
O-F ₂	620	3/4"	9,4
F ₂ -F ₁₃	310	3/4"	2,7
O-F ₁₀	1550	1 1/4"	5,5
F ₁₀ -F ₈	1240	1"	3,8
F ₈ -F ₉	930	1"	1
F ₉ -F ₁₁	620	3/4"	1
F ₁₁ -F ₁₂	310	3/4"	6,3

Tabla 20. Diámetro tuberías 1ª planta

En la segunda planta o buhardilla:

Tramo	Caudal (l/h)	Diámetro (pulgadas)	Longitud (m)
O-F ₃	310	3/4"	7,9
O-F ₁₄	478	3/4"	7,5

Tabla 21. Diámetro tuberías 2ª planta

Sabiendo los precios por metro de los distintos diámetros de tubería, ya se puede realizar el presupuesto aproximado:

	Longitud (m)	Precio (€/m)	Coste total (€)
Tramos a 1" 1/4	15	12,65	189,75
Tramos a 1"	50	11,2	560
Tramos a 3/4"	105	8,28	869,4
	TOTAL		1619,15

Tabla 22. Precio tuberías. Fuente Pecomark

La instalación de un sistema de distribución basado en fan coils nos costará:

$$5038 + 1619.15 = \mathbf{6657.15 \text{ €}}$$

8.1.3. Suelo Radiante

SUELO RADIANTE

Para esta opción hemos elegido un sistema de calefacción por suelo radiante sistema UPONOR, con agua a baja temperatura, circulando en circuito cerrado por tuberías de polietileno reticulado Uponor Wirsbo-EvalPex especial calefacción 16 x 1.8, según norma UNE-EN ISO 15875, sobre panel moldeado aislante Uponor de poliestireno expandido de 25 mm de espesor y densidad 30 kg/m³, con grapas de sujeción del tubo, zócalo o banda perimetral de espuma de polietileno, kit completo de colectores de polisulfona (provisto de colector de ida, colector de retorno, detentores, purgadores automáticos, válvulas de paso, termómetros, llaves de llenado y vaciado, tapones, soportes y adaptadores Uponor Q & E o tradicionales), aditivo para mortero Uponor, caja para colectores.

El precio por metro cuadrado de este producto es de **34.68 €/m²**.

La superficie neta de nuestra vivienda es de **285.7 m²**, por lo que el coste de la instalación será de:

$$285.7 \text{ m}^2 \times 34.68 \text{ €/m}^2 = \mathbf{9908.07 \text{ €}}$$

Debido a que la temperatura de trabajo del suelo radiante es de unos 40 °C como máximo, deberemos incluir una caldera de apoyo para calentar el resto de ACS que no nos cubre las placas solares hasta los 60 °C.

La normativa incluida en el CTE-HS4 que nos determina los caudales instantáneos mínimos para cada tipo de aparato. Para nuestra vivienda, nuestro caudal mínimo es de 76.2 l/m.

Teniendo en cuenta que las placas solares instaladas nos cubren el 62.2% del total, tendremos que calentar un caudal de:

$$76.2 \frac{l}{m} \times 0.378 = \mathbf{28.80 \text{ l/m}}$$

Se necesita un calentador de agua que proporcione un caudal de 28.8 l/m. Para ello se ha elegido un Termo Eléctrico SDN 30 V de la marca Saunier Duval que nos proporcionará un caudal de 30 l/m. Su precio es de **198€**.

Luego el coste total de la instalación de suelo radiante sería de:

$$9908.07 + 198 = \mathbf{10106.07€}$$

Dependiendo del sistema de producción de energía el consumo de nuestro sistema de calefacción y ACS variará y hará que se produzcan más o menos emisiones de CO₂.

Mediante el programa Calener VYP realizamos las simulaciones correspondientes con cada sistema, lo que nos proporcionará la demanda anual de energía en kWh/año y la cantidad de emisiones de CO₂ en kg/año.

Los resultados y las gráficas de los distintos equipos se recogen en el **Anexo 5**.

8.2. Sistemas de producción de energía

8.2.1. Caldera de gas

Para la caldera de gas hemos elegido una caldera de la marca Buderus. Una caldera Logano G115 WS con un acumulador de ACS con una capacidad de 200 L.



Figura 11. Caldera de gas. Fuente Buderus.

Esta caldera tiene una potencia de 40 kW con un rendimiento del 90%.
 $40 \times 0.9 = 36 \text{ kW}$ por lo que cubre nuestra demanda.

Fuente de energía: La caldera de gas estará alimentada por gas natural. El suministro de gas no supone ningún problema en cuanto a transporte se refiere debido a que llega directamente a nuestras casas mediante tuberías.

Instalación: El precio de instalación de esta caldera es de **4230.66 €**.

Tarifas y criterios ecológicos: El consumo anual y las emisiones de CO₂ serán las siguientes dependiendo del sistema de distribución de calor elegido:

	Consumo anual (kWh/año)	Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /año)
Radiadores	27187,7	6342,3
Suelo Radiante	22288,4	5485,2

Tabla 23. Emisiones de CO₂ y consumo anual

El precio del gas natural es de 0.05513521 €/kWh. Así pues nuestro gasto anual para la caldera de gas será de:

$$0.05513521 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 27187.7 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} = \mathbf{1498.99} \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

en el caso de utilizar radiadores.

$$0.05513521 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 22288.4 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} = \mathbf{1228.87} \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

en el caso de utilizar suelo radiante.

Mantenimiento: Según la legislación vigente se debe realizar una inspección de la caldera da gas una vez al año y de la instalación cada 5 años. Los precios son de: 57.95 € la inspección anual y 120 € la inspección cada 5 años. Estos precios están sacados de Gas Natural Fenosa.

8.2.2. Caldera de condensación

Para la caldera de condensación hemos elegido una caldera de la marca Junkers. Utilizamos una caldera Cerapur Excellence ZWBE 37-2A con un acumulador para ACS de 200 L. de capacidad.



Figura 12. Caldera de condensación. Fuente Junkers.

Esta caldera tiene una potencia de 37 kW con un rendimiento nominal del 109%.

$37 \times 1.09 = 40.33 \text{ kW}$ por lo que cubre nuestra demanda.

Fuente de energía: La caldera de condensación estará alimentada por gas natural. El suministro de gas no supone ningún problema en cuanto a transporte se refiere debido a que llega directamente a nuestras casas mediante tuberías.

Instalación: El precio de instalación de esta caldera es de **3380 €** incluido el acumulador de ACS.

Tarifas y criterios ecológicos: El consumo anual y las emisiones de CO₂ serán las siguientes dependiendo del sistema de distribución de calor elegido:

	Consumo anual (kWh/año)	Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /año)
Radiadores	23702,8	5799,5
Suelo Radiante	21113,4	5256,7

Tabla 24. Emisiones de CO₂ y consumo anual

El precio del gas natural es de 0.05513521 €/kWh. Así pues nuestro gasto anual para la caldera de condensación será de:

$$0.05513521 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 23702.8 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} = \mathbf{1306.85} \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

en el caso de utilizar radiadores.

$$0.05513521 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 21113.4 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} = \mathbf{1164.09} \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

en el caso de utilizar suelo radiante.

Mantenimiento: Según la legislación vigente se debe realizar una inspección de la caldera da gas una vez al año y de la instalación cada 5 años.

Los precios son de: 57.95 € la inspección anual y 120 € la inspección cada 5 años. Estos precios están sacados de Gas Natural Fenosa.

8.2.3. Caldera de biomasa

Para la caldera de biomasa hemos elegido una caldera de la marca Facody. Utilizará como combustible pellet. Se trata de una caldera Facody Natur P-40.



Figura 13. Caldera de biomasa. Fuente Facody.

Esta caldera tiene una potencia de 50.2 kW con un rendimiento del 95%.

$50.2 \times 0.95 = 47.69 \text{ kW}$ por lo que cubre nuestra demanda.

Además necesitaremos un acumulador de ACS de 200 litros.

Fuente de energía: La caldera de biomasa estará alimentada por pellet. El suministro de pellet estará a cargo de una empresa local que nos abastecerá con palets mediante camioneta. Por lo general no habría problema en el abastecimiento.

Instalación: El precio de instalación de esta caldera es de 7686.04 € incluido el acumulador de ACS. Esta caldera tiene una subvención del 45% sobre el precio total, por lo que el coste de la instalación se nos queda en:

$$7686.04 \times 0.55 = 4227.32\text{€}$$

Necesitaremos también un silo para almacenar los pellets. Se ha escogido un silo con capacidad para 6.7 toneladas Geobox 25 para solo tener que rellenar el silo una vez al año. Su coste es de 1945 €.

El coste total de la instalación será: 4227.32 € + 1945 € = **6172.32 €**

Tarifas y criterios ecológicos: El consumo anual y las emisiones de CO₂ serán las siguientes dependiendo del sistema de distribución de calor elegido:

	Consumo anual (kWh/año)	Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /año)
Radiadores	31873,1	1657
Suelo Radiante	28009,8	1657

Tabla 25. Emisiones de CO₂ y consumo anual

Las calderas de biomasa no generan de por si emisiones de CO₂, se consideran neutras, por lo que es posible que las emisiones que se reflejan en Calener VYP sean simbólicas para no representar un 0.

La empresa a la que vamos a encargar el suministro es Bioebro. Está empresa nos suministrará palets de 1000 kg a 190€/T más 1€por kilómetro.

La distancia entre nuestra vivienda y la empresa de suministro son unos 20 km. En total nos cuesta:

$$\frac{190\text{€}}{T} + 20 * \frac{1\text{€}}{Km} = \frac{210\text{€}}{T} = \frac{0.21\text{€}}{Kg}$$

El poder calorífico del pellet, según el fabricante es de 4.9 kWh/Kg. Los kilos de pellet que necesitaremos al año serán:

$$\frac{31873.1kWh}{4.9kWh/Kg} = 6504.71 Kg$$

en el caso de tener radiadores.

$$\frac{28009.8kWh}{4.9kWh/Kg} = 5716.28 Kg$$

si disponemos de suelo radiante.

Así pues, nuestro gasto anual en pellets será de:

$$0.21 \frac{€}{Kg} \times 6504.71 kg = 1365.98 €/año$$

con radiadores.

$$0.21 \frac{€}{Kg} \times 5716.28 kg = 1200.41 €/año$$

con suelo radiante.

Mantenimiento: La caldera incluye una tolva con una capacidad de 400 L., lo que nos da una autonomía de unos 2-3 días, por lo que habrá que rellenarla asiduamente. También se deberán retirar las cenizas generadas por la combustión del pellet. El mantenimiento anual costaría 180 € según F.A.E.N. (Fundación Asturiana de la Energía)

8.2.4. Bomba de calor geotérmica

Utilizaremos una bomba de calor geotérmica de la marca Buderus, más concretamente una Logafix WRHP - 36-/37 con un acumulador para ACS de 200 L. de capacidad.

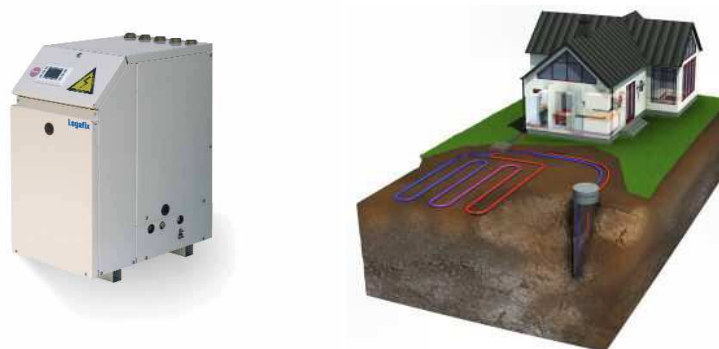


Figura 14. Bomba de Calor. Fuente Buderus y www.arqhys.com

Esta caldera tiene una potencia para calefacción de 36.7 kW y para refrigeración de 37.5 kW con un C.O.P. de 4.24, con lo que nos cubre la demanda.

Fuente de energía: La bomba de calor consume electricidad, algo habitual en todas las casas.

Instalación: El precio de instalación de esta caldera es de **8450 €** incluido el acumulador de ACS. El coste de los pozos geotérmicos es de 30 €/m para 3 agujeros de 70 metros y 8€/m para las sondas. Por lo que nos costará:

$$3 \times 70 \text{ m} \times 30 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 6300 \text{ €}$$

$$3 \times 70 \text{ m} \times \frac{8\text{€}}{\text{m}} = 1680 \text{ €}$$

$$6300 \text{ €} + 1680 \text{ €} = \mathbf{7980 \text{ €}}$$

El coste total de la instalación será: 8450 € + 7980 € = **16430 €**

La subvención de este tipo de caldera en Aragón es del 22%, por lo que nos queda:

$$16430 \text{ €} \times 0.78 = \mathbf{12815.4 \text{ €}}$$

Tarifas y criterios ecológicos: En el caso de la bomba de calor geotérmica no es posible calcular su consumo ni sus emisiones de CO₂ mediante Calener VYP por lo que se realizan unos cálculos para determinar sus valores.

CALCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

FAN COILS

La temperatura máxima a la que trabaja nuestra bomba de calor geotérmica, según el fabricante, es de 60 °C, que es la temperatura de implusión del agua para los fan coils, por lo que la demanda anual que se calcule en un principio para nuestra vivienda será la correspondiente teniendo fan coils como emisores de calor.

Como sabemos la demanda anual de energía de nuestra vivienda en calefacción es de 21969.4 kWh. Sabiendo que el COP de nuestra bomba de calor geotérmica es 4.24, esto nos da que el consumo anual en kWh/año para calefacción utilizando **fan coils** es de:

$$W_{fancoils} = \frac{21969.4 \text{ kWh}}{4.24} = \mathbf{5181.46 \text{ kWh/año}}$$

El consumo total anual sería:

$$\begin{aligned} W_{total} &= W_{ACS} + W_{fancoils} = 874.01 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} + 5181.46 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \\ &= \mathbf{6055.47 \text{ kWh/año}} \end{aligned}$$

SUELO RADIANTE

Para un sistema de calefacción de suelo radiante, la temperatura de salida del agua se sitúa en unos 40°C, por lo que mejorará nuestro rendimiento y disminuye nuestro consumo.

Según el fabricante de la bomba de calor geotérmica, trabajando a temperaturas de unos 40° C, el COP aumenta hasta 4.56 y el consumo anual en kWh/año utilizando **suelo radiante** sería:

$$W_{suelo} = \frac{21969.4 \text{ kWh}}{4.56} = \mathbf{4817.85 \text{ kWh/año}}$$

El consumo total anual sería:

$$\begin{aligned} W_{total} &= W_{ACS} + W_{suelo} = 874.01 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} + 4817.85 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \\ &= \mathbf{5691.86 \text{ kWh/año}} \end{aligned}$$

CALCULO DE LAS EMISIONES DE CO₂

En primer lugar estableceremos un sistema para la producción de ACS. En este caso el sistema estará formado por el sistema micro-CHP y las placas solares en el porcentaje de contribución solar exigido por el CTE. Los datos de partida son los siguientes:

	Emisiones GEI (Kg CO ₂ / kWh generado)
Bomba de Calor	0,632 (fuente: RITE 2007)
Solar Térmica	0,006 (fuente: University of Sídney)

Como sabemos según el CTE-HE4, la contribución solar mínima exigida para Zaragoza es del 60% y nuestra placa solar nos proporciona un 62.2%. Por tanto la emisión GEI sería:

$$GEI_{ACS} = 0.622 \times 0.006 + 0.378 \times 0.632 = \mathbf{0.242 \frac{kgCO_2}{kWh \text{ generado}}}$$

Sabiendo la energía necesaria para el consumo de ACS anual, podremos determinar la cantidad de CO₂ producido:

$$CO_{2_{ACS}} = E_{ACS} \times GEI_{ACS} = 2312.2 \text{ kWh} \times 0.242 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh generado}}$$

$$= 559.55 \text{ kgCO}_2 \text{ anuales}$$

El CO₂ emitido a la atmósfera por el sistema de calefacción se determina de forma inmediata:

$$CO_{2_{fancoils}} = W_{fancoils} \times GEI_{BC} = 6055.47 \text{ kWh} \times 0.632 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh generado}}$$

$$= 3827.05 \text{ kgCO}_2 \text{ anuales}$$

$$CO_{2_{suelo}} = W_{suelo} \times GEI_{whispergen} = 5691.86 \text{ kWh} \times 0.632 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh generado}}$$

$$= 3597.25 \text{ kgCO}_2 \text{ anuales}$$

Por lo tanto las emisiones totales anuales de CO₂ serían en el caso de utilizar **fan coils** serían:

$$CO_2 = 559.55 \text{ kgCO}_2 + 3827.05 \text{ kgCO}_2 = 4386.6 \text{ kgCO}_2 \text{ anuales}$$

Y las emisiones totales anuales de CO₂ en el caso de utilizar **suelo radiante** serían:

$$CO_2 = 559.55 \text{ kgCO}_2 + 3597.25 \text{ kgCO}_2 = 4156.8 \text{ kgCO}_2 \text{ anuales}$$

El consumo anual total y las emisiones de CO₂ serán las siguientes dependiendo del sistema de distribución de calor elegido:

	Consumo anual (kWh/año)	Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /año)
Fan Coils	6055,47	4386,6
Suelo Radiante	5691,86	4156,8

Tabla 26. Emisiones de CO₂ y consumo anual

El precio del kWh es de 0.155 €/kWh. Así pues nuestro gasto anual para la bomba de calor geotérmica utilizando **fan coils** será:

$$0.155 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 6055.47 \text{ kWh} = \mathbf{938.59} \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Nuestro gasto anual para la bomba de calor geotérmica utilizando **suelo radiante** será:

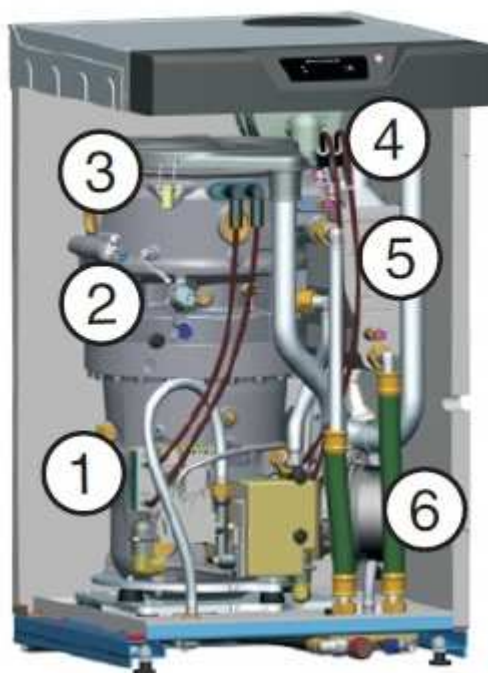
$$0.155 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 5691.86 \text{ kWh} = \mathbf{882.23} \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Mantenimiento: La inspección sobre la instalación se realizará preferiblemente una vez al año, aunque es suficiente con una revisión cada 2 años. El mantenimiento rutinario puede ser realizado fácilmente por el propietario. El precio anual de mantenimiento ronda los 125 €, según datos de la fuente Vaillant.

8.2.5. Sistema micro-CHP

Para el sistema micro-CHP utilizaremos un micro-cogenerador Whispergen con un acumulador para ACS de 200 L. de capacidad.

WHISPERGEN



1. Generador que produce electricidad a 230V de corriente alterna.
2. Motor Stirling que crea la energía motriz del generador.
3. Quemador de gas acoplado que produce el calor que mueve el motor Stirling.
4. Quemador auxiliar que produce calor adicional durante los picos de demanda.
5. Intercambiador de calor que recupera el calor de los gases de combustión producidos en el quemador.
6. Dos ventiladores que suministran la mezcla gases para los quemadores y al mismo tiempo ayudan a la salida a la atmósfera de los gases de combustión del proceso vía la salida de humos.

Figura 15. Caldera de micro-CHP. Fuente Whispergen.

Este micro-cogenerador tiene una potencia de 14.5 kW y un rendimiento del 96%, por lo que deberemos instalar como mínimo 3 de ellos:

$$14.5 \times 3 \times 0.96 = \mathbf{41.76 \text{ kW}}$$
 para cubrir nuestra demanda.

Fuente de energía: Los micro-cogeneradores estarán alimentados por gas natural. El suministro de gas no supone ningún problema en cuanto a transporte se refiere debido a que llega directamente a nuestras casas mediante tuberías.

Instalación: El precio de instalación de esta caldera es de 12033.5 € incluido el acumulador de ACS. Este sistema tiene una subvención del 30% sobre el precio total, por lo que el coste de la instalación se nos queda en:

$$12033.5 \times 0.70 = \mathbf{8423.45\text{€}}$$

Tarifas y criterios ecológicos: En el caso de el sistema de micro-CHP no es posible calcular su consumo ni sus emisiones de CO₂ mediante Calener VYP por lo que se realizan unos cálculos para determinar sus valores.

CALCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

RADIADORES

La temperatura máxima a la que trabaja nuestro sistema de micro-CHP Whispergen, según el fabricante, es de 85 °C, y la temperatura de implusión del agua para los radiadores es de 80 °C, por lo que la demanda anual que se calcule en un principio para nuestra vivienda será válida como la necesaria teniendo radiadores como emisores de calor.

Como sabemos la demanda anual de nuestra vivienda para calefacción es de 22097.64 kW/h. Sabiendo que el rendimiento de nuestra caldera es 0.96, esto nos da que el consumo anual en kWh/año utilizando **radiadores** es de:

$$W_{\text{radiador}} = \frac{21969.4 \text{ kWh}}{0.96} = \mathbf{22884.79 \frac{kWh}{año}}$$

Y la demanda anual total nos quedaría:

$$W_{\text{ACS}} + W_{\text{radiador}} = 874.01 + 22884.79 = \mathbf{23758.8 \frac{kWh}{año}}$$

SUELO RADIANTE

Para un sistema de calefacción de suelo radiante, la temperatura de salida del agua se sitúa entre los 20°C y los 40°C, por lo que mejorará nuestro rendimiento. Según el fabricante, trabajando a temperaturas de unos 40° C, el rendimiento aumenta hasta el 105% y el consumo anual para calefacción en kWh/año utilizando **suelo radiante** sería:

$$W_{suelo} = \frac{21969.4 \text{ kWh}}{1.05} = 20923.23 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Y la demanda anual total nos quedaría:

$$W_{ACS} + W_{suelo} = 874.01 + 20923.23 = 21797.24 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

CALCULO DE LAS EMISIONES DE CO₂

En primer lugar estableceremos un sistema para la producción de ACS. En este caso el sistema estará formado por el sistema micro-CHP y las placas solares en el porcentaje de contribución solar exigido por el CTE. Los datos de partida son los siguientes:

	Emisiones GEI (Kg CO ₂ / kWh generado)
Whispergen	0,204 (fuente: RITE 2007)
Solar Térmica	0,006 (fuente: University of Sídney)

Como sabemos según el CTE-HE4, la contribución solar mínima exigida para Zaragoza es del 60% y nuestra placa solar nos proporciona un 62.2%. Por tanto la emisión GEI sería:

$$GEI_{ACS} = 0.622 \times 0.006 + 0.378 \times 0.204 = 0.080 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh generado}}$$

Sabiendo la energía de ACS anual que debemos generar, podremos determinar la cantidad de CO₂ producido:

$$\begin{aligned} CO_{2ACS} &= W_{ACS} \times GEI_{ACS} = 2312.2 \text{ kWh} \times 0.08 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh generado}} \\ &= 184.97 \text{ kgCO}_2 \text{ anuales} \end{aligned}$$

El CO₂ emitido a la atmósfera por el sistema de calefacción se determina de forma inmediata:

$$CO_{2\text{radiador}} = W_{\text{radiador}} \times GEI_{\text{whisp}} = 23758.8kWh \times 0.204 \frac{kgCO_2}{kWh \text{ generado}}$$

$$= 4846.79 \text{ kgCO}_2 \text{ anuales}$$

$$CO_{2\text{suelo}} = W_{\text{suelo}} \times GEI_{\text{whisp}} = 21797.24kWh \times 0.204 \frac{kgCO_2}{kWh \text{ generado}}$$

$$= 4466.63 \text{ kgCO}_2 \text{ anuales}$$

Por lo tanto las emisiones totales anuales de CO₂ con radiadores y con suelo radiante serían:

$$CO_{2\text{radiador}} = 184.97 \text{ kgCO}_2 + 4846.79 \text{ kgCO}_2 = 5031.76 \text{ kgCO}_2 \text{ anuales}$$

$$CO_{2\text{suelo}} = 184.97 \text{ kgCO}_2 + 4446.63 \text{ kgCO}_2 = 4631.6 \text{ kgCO}_2 \text{ anuales}$$

El consumo anual y las emisiones de CO₂ serán las siguientes dependiendo del sistema de distribución de calor elegido:

	Consumo anual (kWh/año)	Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /año)
Radiadores	23758,8	5031,76
Suelo Radiante	21797,24	4631,6

Tabla 27. Emisiones de CO₂ y consumo anual

El precio del gas natural es de 0.05513521 €/kWh. Así pues nuestro gasto anual para el sistema de micro-CHP en el caso de elegir radiadores sería:

$$0.05513521 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 23758.8 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} = \mathbf{1309.94} \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

En el caso de poner suelo radiante, nuestro gasto sería:

$$0.05513521 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 21797.24 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} = \mathbf{1201.79} \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Mantenimiento: Su mantenimiento será llevado a cabo siguiendo los protocolos recomendados por el fabricante, que incluyen intervenciones cada 3.500 horas de funcionamiento. Los trabajos principales consisten en la sustitución del aceite de lubricación y cambio de filtros. En intervalos mayores se realiza el cambio de bujía y la sustitución de manguitos y otros elementos. La vida del equipo, siempre que se realicen los trabajos de mantenimiento a los intervalos señalados, alcanzaría sobradamente las 80.000 horas. El precio estimado de mantenimiento es de 0.012 € por kWh generado.

En la siguiente tabla se recoge el consumo anual y las emisiones de CO₂ de todos los sistemas de calefacción y sus distintos emisores.

	Consumo anual (kWh/año)	Emisiones de CO₂ (kgCO₂/año)
Caldera Gas-Radiadores	27187,7	6342,3
Caldera Gas-Suelo radiante	22288,4	5485,2
Caldera Condensación-Radiador	23702,8	5799,5
Caldera Condensación-Suelo radiante	21113,4	5256,7
Caldera Biomasa-Radiador	31873,1	1657
Caldera Biomasa-Suelo radiante	28009,8	1657
Bomba Calor-FanCoils	6055,47	4386,6
Bomba Calor-Suelo radiante	5691,86	4156,8
Micro-CHP-Radiador	23758,8	5031,76
Micro-CHP-Suelo radiante	21797,24	4631,6

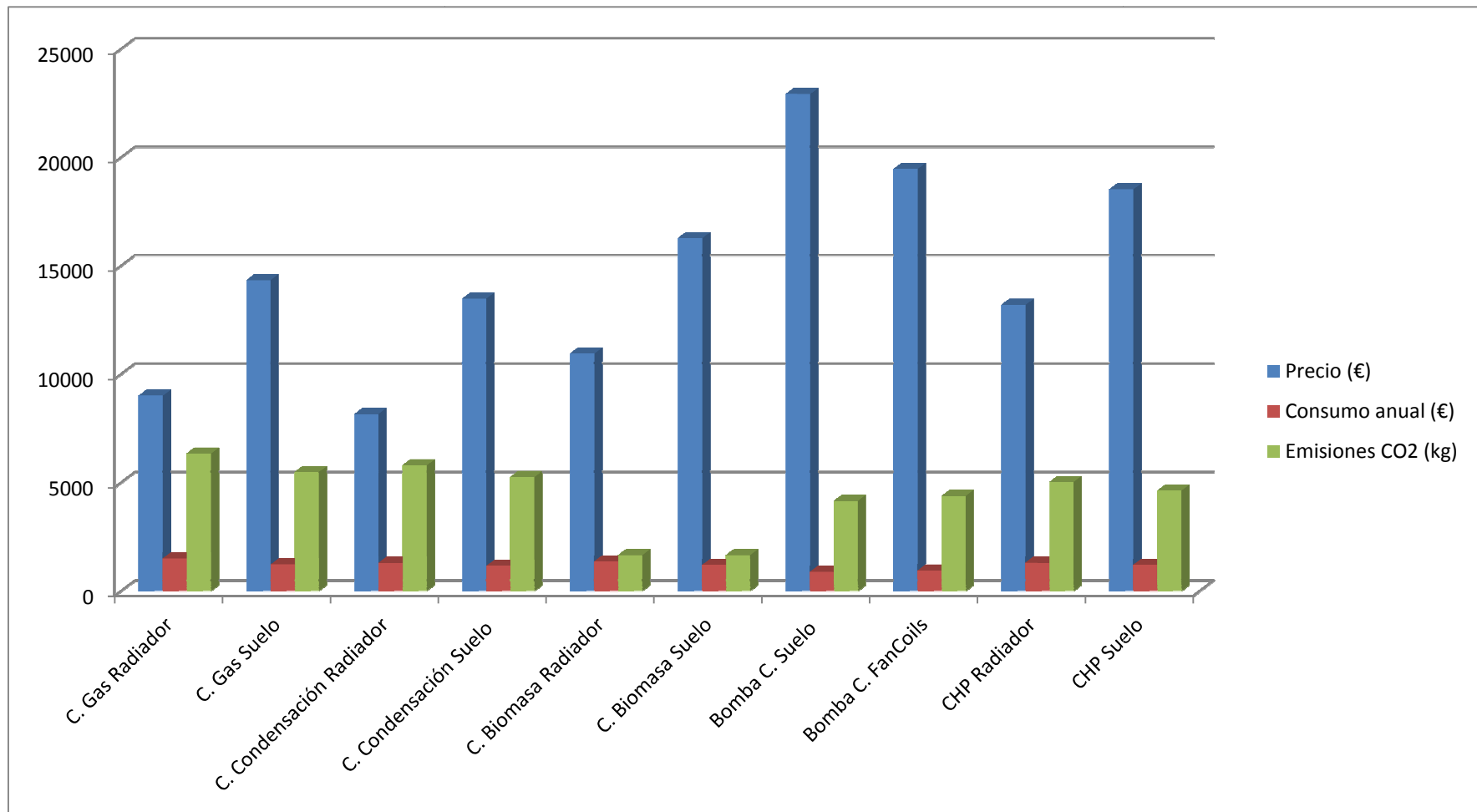
Tabla 28. Consumo y emisiones anuales

8.3. Estudio económico comparado

En la Tabla 29 se recogen todos los aspectos y características analizados en los sistemas a estudio para, a continuación, seleccionar el sistema que nos aporte mejores resultados, considerando la amortización del mismo al cabo de 20 años.

	Caldera de gas	Caldera Condensación	Caldera de Biomasa	Bomba de calor	Sistema microCHP
Fuente de energía	Gas Natural	Gas Natural	Pellet	Electricidad	Gas Natural
Potencia	40 kW	40 kW	50,2 kW	36,7/37,5 kW	3 x 14,5 kW
Rendimiento/COP	90%	109%	95%	5,72	96%
Precio de instalación	4.230,66 €	3.380 €	4.227,32 €	8.450 €	8.423,45 €
Mantenimiento (€/año)	81,95	81,95	180	125	118
Consumo anual (Radiadores) (€/año)	1498,99	1306,85	1365,98	1736,75	1311,84
Consumo anual (Suelo Radiante) (€/año)	1228,87	1164,09	1200,41		1257,52
Consumo anual (FanCoils) (€/año)				868,37	
Emisiones CO2 (Radiadores) (€/año)	6342,3	5799,5	1657	6656,5	4645,66
Emisiones CO2 (Suelo Radiante) (€/año)	5485,2	5256,7	1657		4444,67
Emisiones CO2 (FanCoils) (€/año)				3954,26	

Tabla 29. Aspectos y características de los calderas a estudio.

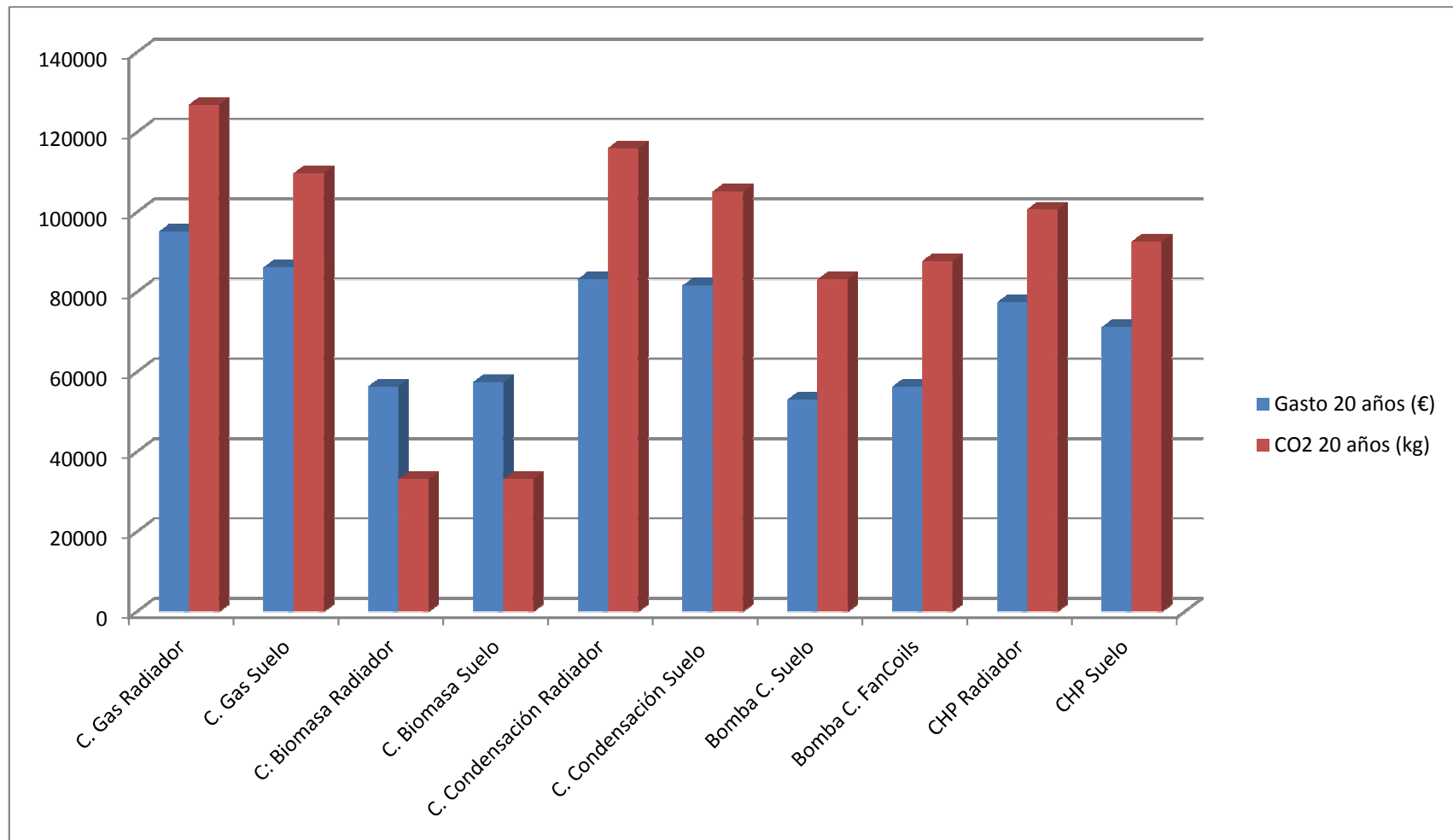


Gráfica 2. Comparación de precios, consumos anuales y emisiones de CO₂ de los distintos sistemas en estudio.

Estudio comparativo del sistema de calefacción y ACS en una vivienda unifamiliar

	Caldera de Gas		Caldera de Condensación		Caldera de Biomasa		Bomba de Calor		Micro-CHP	
	Radiador	Suelo radiante	Radiador	Suelo radiante	Radiador	Suelo radiante	Suelo Radiante	Fan Coils	Radiador	Suelo radiante
COSTE INICIAL DE LA INSTALACIÓN (€)										
	9012,81	14336,73	8162,15	13486,07	10954,47	16278,39	22921,47	19472,55	13205,6	18529,52
COSTE DE COMBUSTIBLE (€/año) Incremento anual del 10% en gas natural y del 5% en pellets										
1º año	1498,99	1228,87	1306,85	1164,09	1365,98	1200,41	882,23	938,59	1309,94	1201,79
2º año	1648,89	1351,76	1437,54	1280,50	1434,28	1260,43	970,45	1032,45	1440,93	1321,97
3º año	1813,78	1486,93	1581,29	1408,55	1505,99	1323,45	1067,50	1135,69	1585,03	1454,17
4º año	1995,16	1635,63	1739,42	1549,40	1581,29	1389,62	1174,25	1249,26	1743,53	1599,58
5º año	2194,67	1799,19	1913,36	1704,34	1660,36	1459,11	1291,67	1374,19	1917,88	1759,54
6º año	2414,14	1979,11	2104,69	1874,78	1743,38	1532,06	1420,84	1511,61	2109,67	1935,49
7º año	2655,55	2177,02	2315,16	2062,26	1830,54	1608,66	1562,92	1662,77	2320,64	2129,04
8º año	2921,11	2394,72	2546,68	2268,48	1922,07	1689,10	1719,22	1829,05	2552,70	2341,95
9º año	3213,22	2634,19	2801,35	2495,33	2018,17	1773,55	1891,14	2011,95	2807,97	2576,14
10º año	3534,54	2897,61	3081,48	2744,86	2119,08	1862,23	2080,25	2213,15	3088,77	2833,76
11º año	3887,99	3187,37	3389,63	3019,35	2225,04	1955,34	2288,28	2434,46	3397,65	3117,13
12º año	4276,79	3506,11	3728,60	3321,28	2336,29	2053,11	2517,11	2677,91	3737,41	3428,85
13º año	4704,47	3856,72	4101,46	3653,41	2453,10	2155,76	2768,82	2945,70	4111,15	3771,73
14º año	5174,92	4242,39	4511,60	4018,75	2575,76	2263,55	3045,70	3240,27	4522,27	4148,91
15º año	5692,41	4666,63	4962,76	4420,63	2704,55	2376,73	3350,27	3564,29	4974,49	4563,80
16º año	6261,65	5133,29	5459,04	4862,69	2839,77	2495,57	3685,29	3920,72	5471,94	5020,18
17º año	6887,82	5646,62	6004,94	5348,96	2981,76	2620,34	4053,82	4312,80	6019,14	5522,19
18º año	7576,60	6211,29	6605,43	5883,86	3130,85	2751,36	4459,21	4744,08	6621,05	6074,41
19º año	8334,26	6832,42	7265,98	6472,24	3287,39	2888,93	4905,13	5218,48	7283,16	6681,85
20º año	9167,69	7515,66	7992,58	7119,47	3451,76	3033,38	5395,64	5740,33	8011,47	7350,04
Total (€)	85854,65	70383,53	74849,83	66673,25	45167,43	39692,70	50529,72	53757,74	75026,81	68832,52
COSTE DE MANTENIMIENTO (€/año)										
	81,95	81,95	81,95	81,95	180	180	125	125	118	118
Total 20 años(€)	1639	1639	1639	1639	3600	3600	2500	2500	2360	2360
GASTO TOTAL A 20 AÑOS (€)										
	87493,65	72022,53	76488,83	68312,25	48767,43	43292,70	53029,72	56257,74	77386,81	71192,52

Tabla 30. Estudio económico a 20 años de los distintos sistemas en estudio.



Gráfica 3. Comparación de gasto de combustible y emisiones de CO₂ a 20 años de los distintos sistemas en estudio.

9. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES SOBRE EL ESTUDIO DE EMISIONES DE CO₂

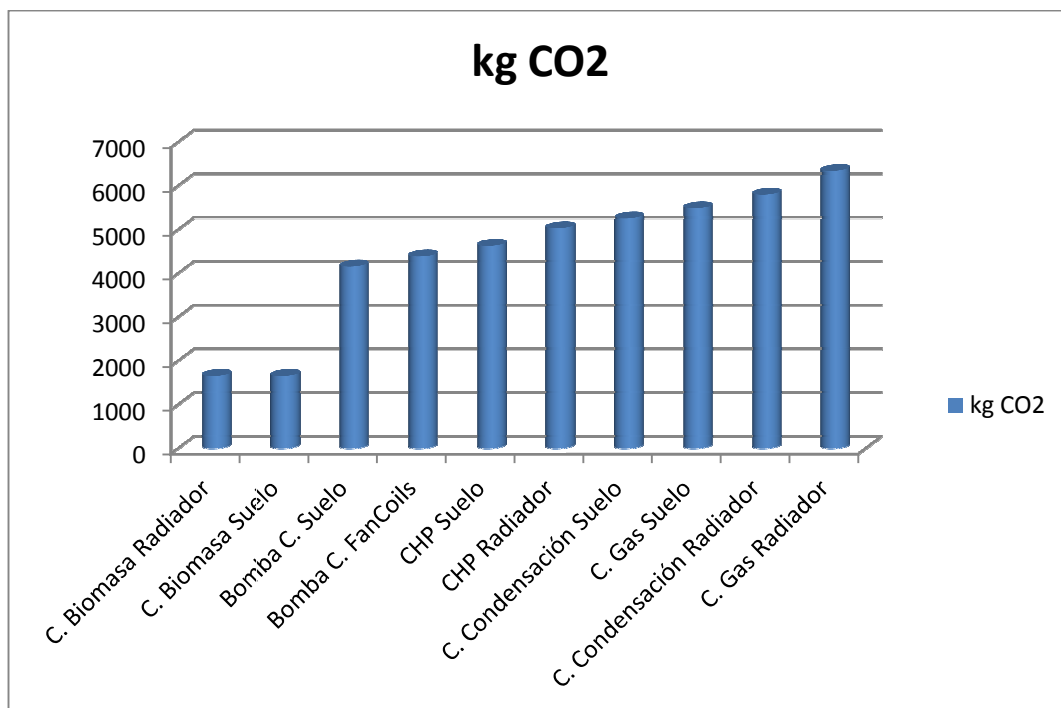
En lo que a emisiones de CO₂ se refiere, el estudio refleja que la opción menos contaminante es la caldera de biomasa, ya sea con radiadores o con suelo radiante como sistema de distribución.

Sus emisiones anuales son sólo de 1657 kg de CO₂ según Calener VyP. Este es un valor sólo de referencia ya que las emisiones de CO₂ de las calderas de biomasa se consideran neutras.

La bomba de calor geotérmica y el sistema de micro-CHP son los siguientes sistemas con menos emisiones de CO₂.

Si comparamos las emisiones de CO₂ de una caldera convencional de gas con los sistemas de micro-CHP, se comprueba que este novedoso sistema de calefacción evita hasta un 27% de emisiones contaminantes.

Y si lo hacemos con la bomba de calor, la reducción llega a ser del 34% en las emisiones de CO₂.



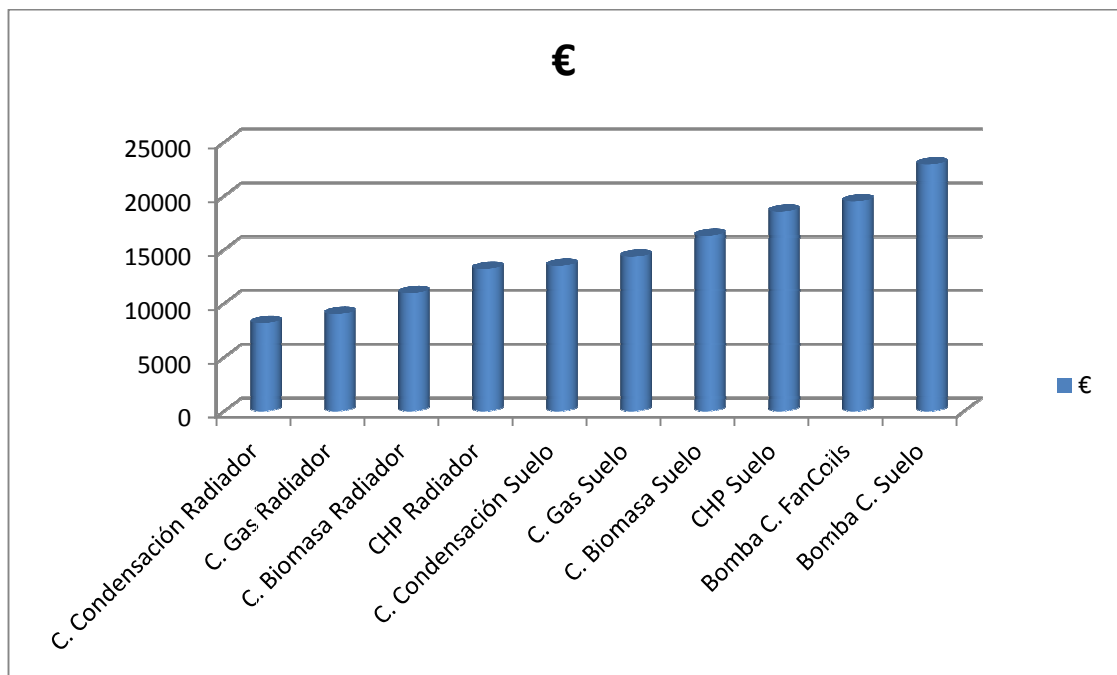
Gráfica 4. Kg de CO₂ anuales.

CONCLUSIONES SOBRE EL ESTUDIO ECONÓMICO

El estudio económico nos demuestra que las opciones más económicas, a la hora de ser instaladas, son aquellas en las que los emisores elegidos son los radiadores.

La diferencia de precio hoy día entre instalar radiadores o instalar suelo radiante o fan coils es muy elevada. Una instalación de suelo radiante, por ejemplo nos cuesta casi 3 veces más que una instalación con radiadores. Sin embargo esto no nos tiene que echar atrás a la hora de elegir.

También se ha comprobado que aunque los precios de las calderas de biomasa y el sistema de micro-CHP son más elevados que otras opciones, estos se equiparan gracias a las subvenciones de los respectivos gobiernos autonómicos de cada comunidad. En nuestro caso, la Comunidad Autónoma de Aragón, las calderas de biomasa tienen una subvención del 45%, y en el caso de los sistemas de cogeneración la subvención es del 30%.



Gráfica 5. Precio de instalación.

Esto hace que la instalación de una caldera de biomasa con suelo radiante nos cueste, por ejemplo, prácticamente lo mismo que con la caldera de gas.

No ocurre lo mismo con la bomba de calor geotérmica. Aunque la bomba geotérmica también tenga subvenciones para su instalación, un 22% en la Comunidad Autónoma de Aragón, las obras que se requieren para introducir los conductos bajo tierra son altamente costosas.

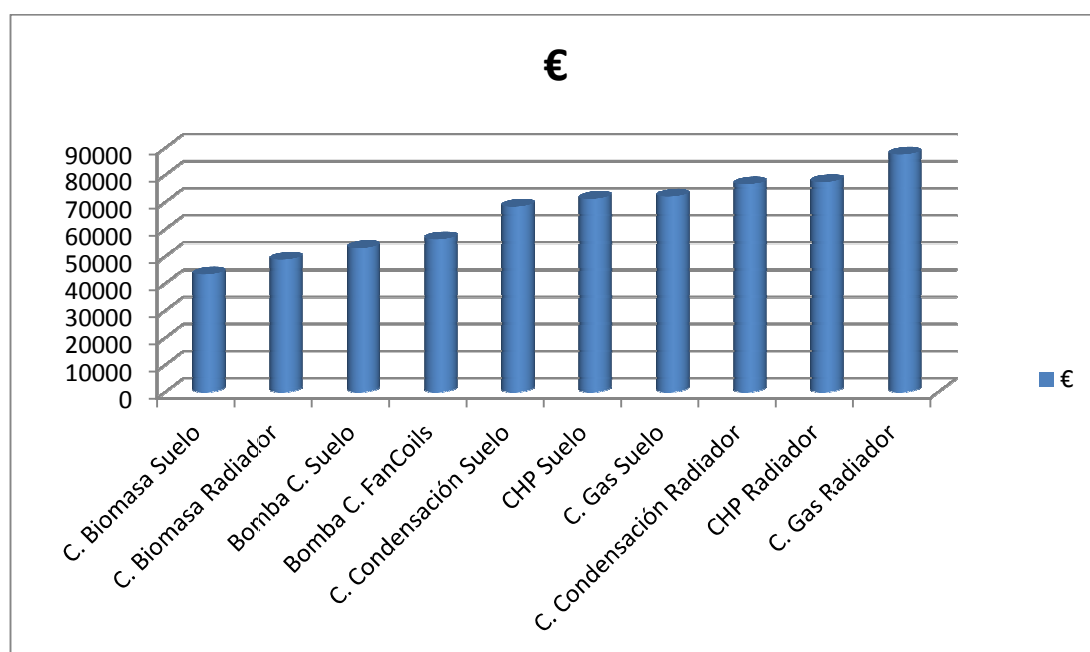
En general se comprueba que las diferencias de coste de instalación son significativas entre la mayoría de opciones. Por ejemplo, la instalación de una caldera de gas con suelo radiante es un 8% más caro que instalar una caldera de micro-CHP con radiadores y la opción de cogeneración con suelo radiante resulta hasta un 23% más cara que la caldera convencional de gas con suelo radiante que es la segunda opción con mayor coste de instalación.

Pero la diferencia llega a ser de más del 100% en el caso de comparar la caldera de condensación con radiadores y la bomba de calor con suelo radiante.

Al estudiar el gasto que acumularíamos pasados 20 años los resultados son claros: las opciones de la caldera de biomasa y de la bomba de calor geotérmica son las más rentables.

En el caso de la caldera de biomasa es debido a su bajo consumo y al menor incremento anual del precio del pellet respecto al gas o la electricidad.

Y en cuanto a la bomba de calor geotérmica es debido a que sólo una cuarta parte de la energía que utiliza la recibe de la fuente eléctrica, el resto es absorbida de la tierra.



Gráfica 6. Consumo de combustible en 20 años.

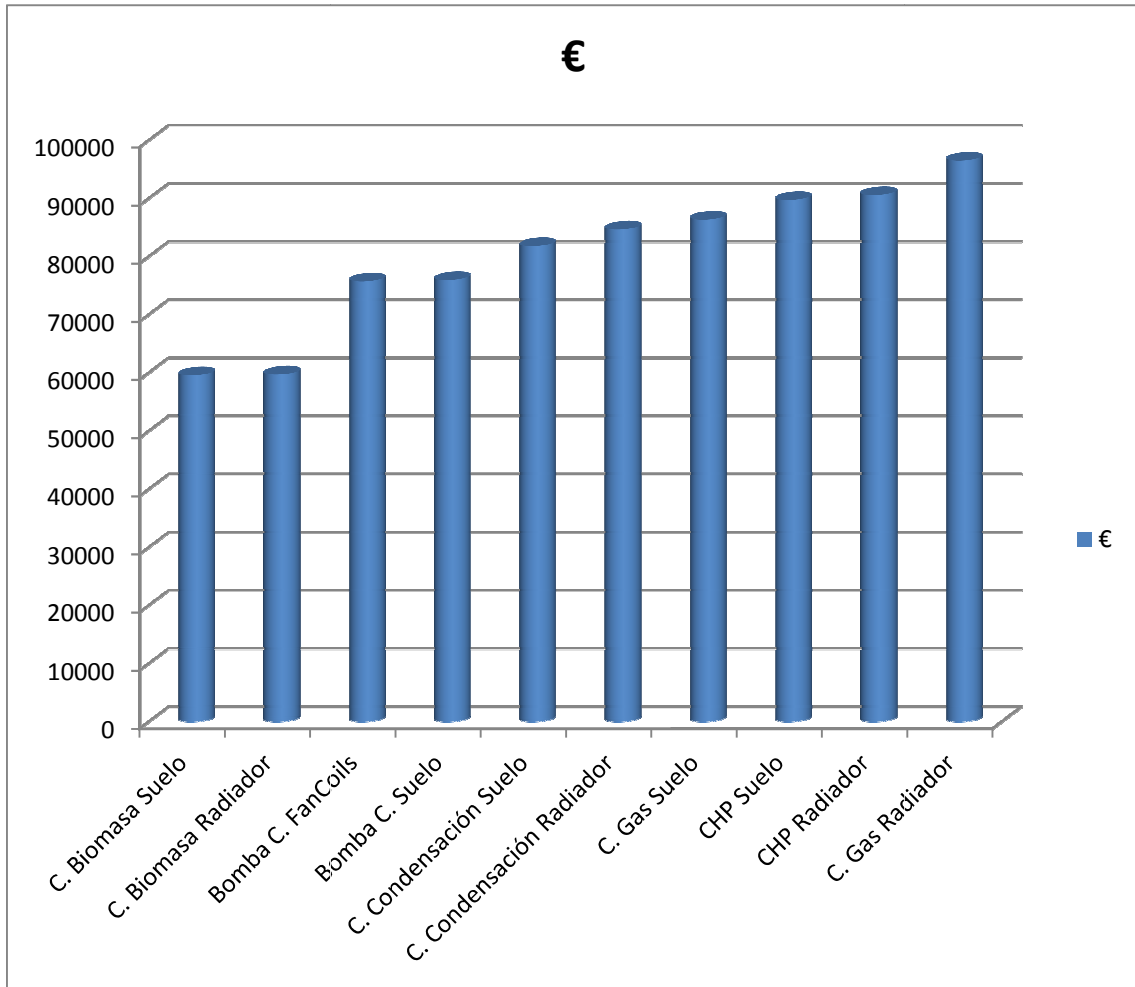
Entre las 4 opciones de caldera de biomasa y bomba de calor geotérmica el consumo a 20 años es similar. Sin embargo, entre la caldera de biomasa con suelo radiante y la bomba de calor geotérmica con fan coils la diferencia es de 8250.74 €, o lo que es lo mismo una diferencia del 16%.

Con respecto al resto, la diferencia es aún más abultada. Por ejemplo entre la bomba de calor geotérmica con fan coils y la caldera de condensación con suelo radiante la diferencia es de 16768.81 €, un 25%. Con esta diferencia se puede decir que el mayor gasto de la bomba de calor geotérmica prácticamente se amortiza en 20 años con respecto al resto de calderas convencionales. Lo mismo ocurre con la caldera de biomasa.

El resto podríamos decir que tiene un gasto muy parecido a excepción de la caldera de gas con radiadores. Entre la caldera de condensación con suelo radiante y la caldera de micro-CHP con radiador la diferencia es de 9183.39 €, un 12%.

La caldera de gas con radiadores es demasiado costosa en lo que a consumo se refiere. La diferencia de la caldera de gas con radiadores respecto del sistema micro-CHP con radiador es ya de 9998 €, un 12% más.

Si a estos gastos a 20 años le sumamos el coste de la instalación los datos son aclaradores.



Gráfica 7. Coste más consumo de combustible en 20 años.

Se observa la mínima diferencia que hay entre poner radiadores y suelo radiante, lo que indica que se rentabiliza el coste adicional a la hora de poner el suelo radiante. Ocurre lo mismo con los fan coils y el suelo radiante en la bomba de calor geotérmica.

Cabe destacar la diferencia en la caldera de biomasa y el resto de sistemas de calefacción. La caldera de biomasa con radiadores comparada con la bomba de calor geotérmica nos ahorra 16008.39 € en 20 años, lo que supone 800.41 € al año de ahorro.

Como era de esperar las opciones más económicas son la caldera de biomasa, la bomba de calor geotérmica y la caldera de condensación, aunque como explicaré más adelante, optaré por una de las dos primeras.

CONCLUSIONES GENERALES

De entrada merece una mención especial la problemática y dificultad derivada de las distintas limitaciones técnicas que se han encontrado en los programas LIDER y CALENER a la hora de evaluar edificios residenciales así como sistemas de producción de energía térmica fuera del estándar. Resulta paradójico que los programas oficiales destinados a evaluar y mejorar el nivel de eficiencia energética sea precisamente el que por sus limitaciones no permita aplicar nuevas tecnologías que mejoren las alternativas convencionales. Como ya se ha visto estas limitaciones han complicado y obligado a proponer alternativas que tal vez hayan desvirtuado en parte la precisión de los resultados por lo que debe tenerse en cuenta este factor a la hora de interpretar los datos.

Así pues ha quedado de manifiesto la importancia de una buena precisión en las estimaciones de cálculo y dimensionado para una correcta evaluación de las distintas alternativas que puedan plantearse a la hora de decantarse por la elección de uno u otro sistema.

Este estudio ha sido realizado para la zona climática de Zaragoza, por lo que los resultados obtenidos no tienen porque ser válidos en otras zonas. Por ejemplo, en una zona en la que en invierno las temperaturas mínimas fueran muy bajas no se podría instalar una bomba de calor convencional.

Como se ha podido comprobar las opciones más adecuadas son aquellas que utilizan una caldera de biomasa o una bomba de calor geotérmica como sistemas centrales de calefacción. Sus emisiones de CO₂ son muy bajas, neutras en el caso de la caldera de biomasa, y a lo largo del tiempo son las opciones que menos gasto nos producen por consumo.

Ambos sistemas se pueden amortizar en unos 25 años con respecto al resto debido a su bajo consumo y al ahorro que este nos proporciona.

Con la caldera de biomasa, a la hora de decantarme por radiadores o suelo radiante elijo la segunda opción, ya que, aunque su instalación sea claramente más cara, a la larga es más económico.

Con la bomba de calor geotérmica pasa lo mismo, la instalación de fan coils es más barata, pero el suelo radiante se amortiza prácticamente en esos 20 años.

También quiero destacar los datos de los sistemas de micro-CHP. Sus emisiones CO₂ son una ventaja a considerar su instalación y, en el caso de utilizar suelo radiante su consumo a la larga es equiparable al de los sistemas convencionales.

Otra gran ventaja que podríamos tener es el excedente eléctrico que genera y que se puede vender a eléctricas, pero requiere de un permiso de la compañía eléctrica para engancharse a su red y no lo conceden a potencias tan bajas como la nuestra.

El mayor problema de estos sistemas es que no se dan aún en España en viviendas, se empiezan a utilizar en empresas y en grandes edificios destinados para servicios como hoteles y hospitales. En Japón es un sistema que está ya muy arraigado y que se usa con relativa frecuencia y aquí en Europa se han empezado a instalar en Alemania, Reino Unido y Holanda.

En cuanto al suelo radiante, aparte de su uso poco habitual, el alto precio de instalación-es otro hándicap a la hora de elegirlo.

En resumen, el sistema que elegiría para calefactar una vivienda unifamiliar sería una caldera de biomasa o bomba de calor con suelo radiante debido a sus bajos consumos y a las bajas o nulas emisiones de CO₂ a la atmósfera. La decisión final entiendo que habría que tomarla en función de las posibilidades de asumir el mayor coste inicial de la bomba de calor frente a la caldera de biomasa.

La biomasa es una tecnología y un sistema de calefacción en auge, al igual que el resto de energías renovables. Debido a sus bajas emisiones ayudamos a cumplir con las expectativas del protocolo de Kioto de reducirlas.

Si a esto le unimos que disponemos de un sistema de energía solar térmica, se convierte en una opción claramente interesante desde el punto de vista ecológico.

Además es un recurso con una elevada disponibilidad y variedad. Indirectamente se contribuye a reducir los daños por los incendios.

Es un tipo de caldera que ya se equipara en rendimiento a las calderas de gasóleo y de gas.

Las únicas dudas que nos pueden surgir a la hora de su instalación son si disponemos de suficiente espacio y de suministro del combustible, y de cuál sería su mantenimiento.

En nuestro caso es una vivienda unifamiliar con jardín en donde se puede instalar fácilmente el silo para almacenar el pellet y el suministro correría al cargo de una empresa local.

Ya existen calderas en el mercado con sistemas automáticos de limpieza y solo nos deberíamos de preocupar de planificar la reposición del combustible para evitar la falta de suministro.

La bomba de calor geotérmica es otro sistema con muy bajas emisiones de CO₂, ya que obtiene la mayor parte de la energía de la tierra. Al absorber gran parte de la energía necesaria para calefactar la vivienda del suelo, su consumo eléctrico se reduce ostensiblemente.

El gran hándicap de la bomba de calor geotérmica, independientemente del coste, son las dificultades de su instalación. Es necesario disponer de un terreno o jardín adyacente a la vivienda familiar para poder perforar un pozo donde introducir los conductos, de lo contrario es imposible su instalación.

Quiero recalcar que las opciones que veo más interesantes y por las que me decantaría en un futuro son casualmente las más ecológicas y las más novedosas, por lo que es de esperar que se empiecen a utilizar de forma más frecuente y no sólo como la opción "verde".

10. BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN

BIBLIOGRAFÍA

Pizzetti, Carlo - Acondicionamiento de aire y refrigeración. 2ª edición, 1991.

Llorens, Martín - Enciclopedia de la climatización: Calefacción. Edición revisada y actualizada, 2002.

Martínez Sánchez, Daniel - Estudio comparativo en la eficiencia energética en edificio de viviendas con un sistema de microgeneración de energía térmica y electricidad frente a sistemas convencionales. Proyecto Fin de Grado de la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona.

Pérez, Sabina - Adosados de obra nueva en urbanización Montecanal. Proyecto Fin de Carrera de Arquitectura Técnica de la Escuela Universitaria Politécnica de la Almunia de Doña Godina.

Código Técnico de la Edificación. 3ª edición, 2011.

RITE: Reglamento de instalaciones térmicas de los edificios. 1998

PROGRAMAS UTILIZADOS

Programa LIDER

http://www.codigotecnico.org/web/recursos/aplicaciones/contenido/texto_0002.html

Programa CALENER

<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/eficienciaenergetica/certificacionenergetica/programacalener/paginas/documentosreconocidos.aspx>

Calsolar 2.0

<http://www.saunierduval.es/para-el-profesional/documentacion-y-programas/utilidades-1/calsolar-2/>

WEBS CONSULTADAS

Buderus

<http://www.buderus.es/>

Saunier Duval

<http://www.saunierduval.es/>

Roca

<http://www.roca.es/>

Junkers

<http://www.junkers.es/>

Facody

<http://www.facody.com/>

Bioebro

<http://bioebro.com/>

Whispergen

<http://www.whispergen.com/>

Cálculo de Radiadores

<http://www.calex.es/calculo-de-radiadores.html>

Fan Coils

<http://www.aerplus.com/tarifas%20precios%20pdf/TARIFAS%20FANCOILS.pdf>

Suelo Radiante

<http://www.presupuesta.com/>

Calor y Frío

<http://www.caloryfrio.com/consejos/instalaciones-y-confort/calculo-de-necesidades-de-calefaccion-para-su-vivienda.html>

Idae

<http://www.idae.es/>

Gas Natural Fenosa

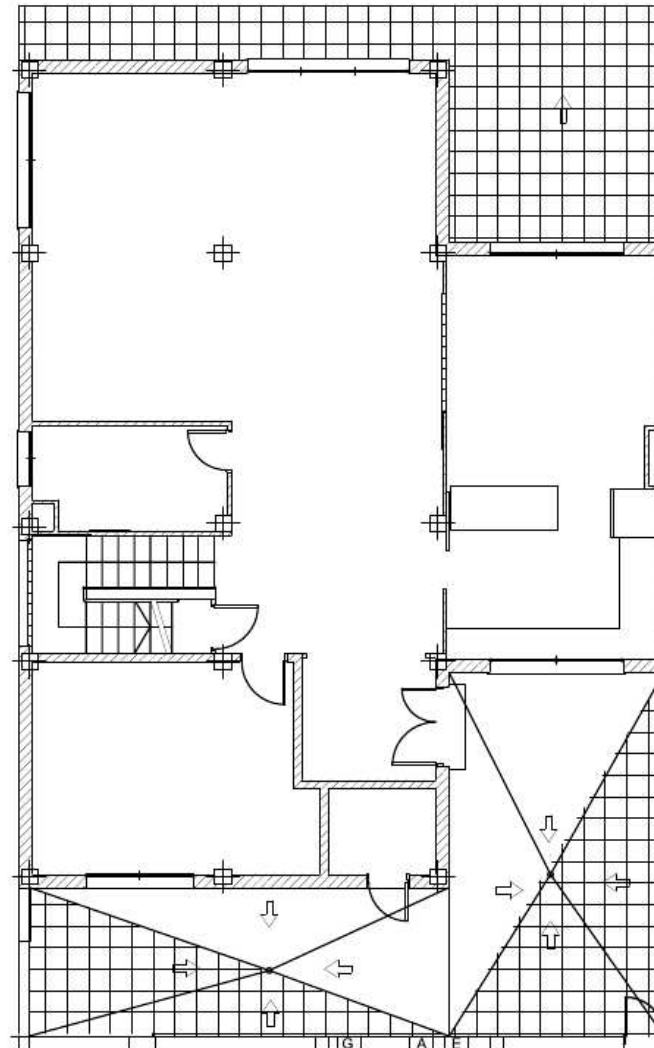
<http://www.gasnaturalfenosa.es/es/1285340760529/inicio.html>

Endesa

<http://www.endesaonline.com/>

ANEXO 1

PLANOS



DISTRIBUCIÓN

PLANTA BAJA

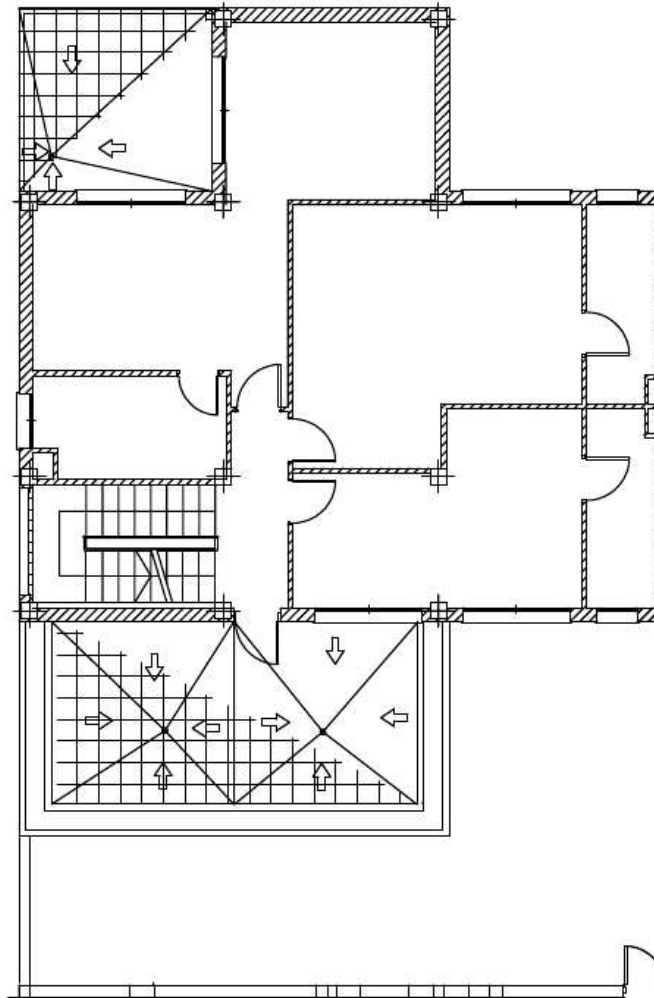
ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

La Almunia de D.Godina -ZARAGOZA-

ESCALA:
1:100

ADOSADOS DE OBRA NUEVA EN
URBANIZACIÓN MONTECANAL

N° P. : 181.09.179.005
N° O. : 181.09.179
Nom.Arch: 005.dwg



DISTRIBUCIÓN

PLANTA PRIMERA

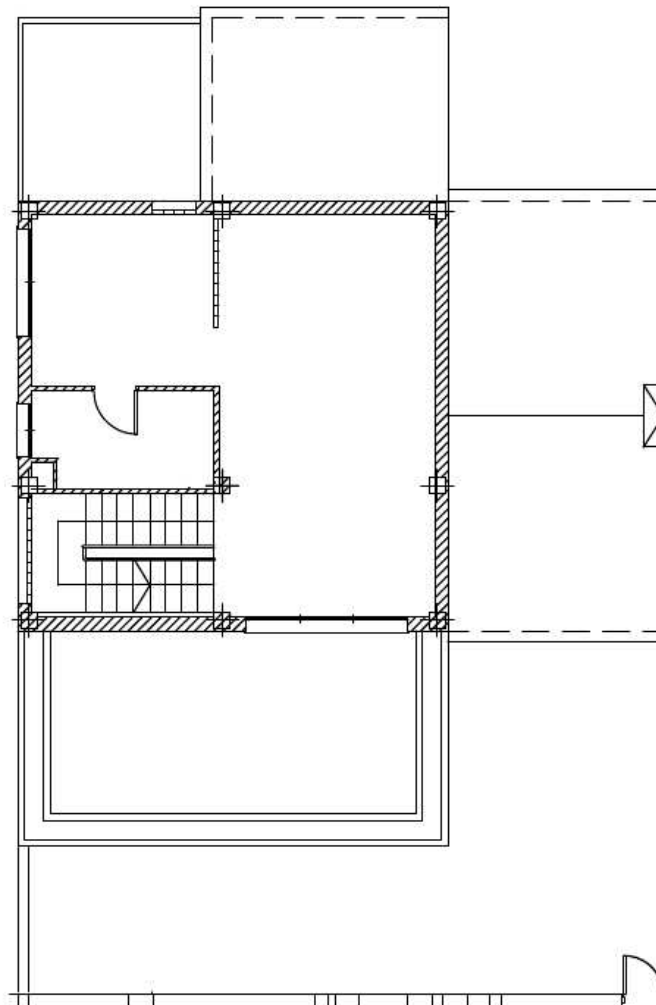
ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

La Almunia de D.Godina -ZARAGOZA-

ESCALA:
1:100

ADOSADOS DE OBRA NUEVA EN
URBANIZACIÓN MONTECANAL

N° P. : 181.09.179.005
N° O. : 181.09.179
Nom.Arch: 005.dwg



DISTRIBUCIÓN

PLANTA SEGUNDA

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

La Almunia de D.Godina -ZARAGOZA-

ESCALA:
1:100

ADOSADOS DE OBRA NUEVA EN
URBANIZACIÓN MONTECANAL

N° P. : 181.09.179.005

N° O. : 181.09.179

Nom.Arch: 005.dwg

ANEXO 2

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Estudio comparativo del sistema de calefacción y ACS en una vivienda unifamiliar

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Tabla 1

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 2

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Contribución solar mínima en %. Caso general				
	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Contribución solar mínima en %. Caso Efecto Joule				
	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

Tabla 3

DIMENSIONADO DE LAS PLACAS SOLARES

DESCRIPCION DE LA INSTALACIÓN

La instalación se proyecta mediante conjunto de colectores solares planos de baja temperatura de operación, depósito interacumulador de producción solar y apoyo mediante Apoyo con calentador como equipo complementario.

La instalación de colectores solares se proyecta implantarla en la cubierta de la vivienda.

El campo de colectores e dispone orientados al sur, 0 ° y con una inclinación del plano del captador de 85 ° Se disponen en varias filas separadas un espacio $e \geq D$, que se puede obtener mediante la expresión

$$D = \frac{h}{\text{tg}(61 - L)}$$

Siendo:

- h altura total del colector inclinado, más el incremento de cota producida por la estructura de sujeción.

- L latitud del lugar.

El sistema dispondrá de un circuito primario de captación solar, un secundario en el que se acumulará la energía producida por el campo de captadores en forma de calor y un tercer circuito de distribución del calor solar acumulado hasta el equipo complementario.

Como fluido en el circuito primario se utilizará agua con propilenglicol como anticongelante para proteger a la instalación hasta una temperatura de -28 °C (45% glicol).

El circuito secundario debe ser totalmente independiente de modo que el diseño y la ejecución impidan cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos, el del primario (captadores) y el de ACS del acumulador solar.

Dado que el fluido primario sobrepasará fácilmente los 60°C, y que el secundario se proyecta para impedir que el agua caliente sanitaria sobrepase una temperatura de 60°C conforme a normativa vigente, este nivel térmico impide el uso de tuberías de acero galvanizado en toda la instalación. Asimismo, es obligatorio el calorifugado de todo el trazado de tuberías, válvulas, accesorios y acumuladores (RITE - IT 1.2.4.2).

Dado el cambio de temperaturas que se producen en estas instalaciones, el circuito primario solar estará protegido mediante la instalación de vaso de expansión cerrado y válvula de seguridad.

Todo el circuito hidráulico se realizará en tubería metálica, las válvulas de corte y de regulación, purgadores y otros accesorios serán de cobre, latón o bronce. No se admitirá la presencia de componentes de acero galvanizado. Se deberán instalar manguitos electrolíticos entre los elementos de diferentes metales para evitar el par galvánico.

La regulación del circuito primario estará gestionada por un control diferencial de temperatura que procederá a la activación de la bomba cuando el salto térmico entre captadores y la parte fría del circuito de acumulación permita una transferencia energética superior al consumo eléctrico de la bomba. Marcándose un diferencial de temperatura máximo y mínimo, según características de la instalación, para la activación y parada de la bomba.

DATOS DE PARTIDA

Datos de Consumo de Agua Caliente Sanitaria.

La vivienda dispone de un total de 3 habitaciones. Se considerará un consumo diario de 22,00 litros por persona y día a una temperatura de 60 °C.

<u>ANÁLISIS DE LA DEMANDA POR MESES (litros/día)</u>												
	<u>Ene</u>	<u>Feb</u>	<u>Mar</u>	<u>Abr</u>	<u>May</u>	<u>Jun</u>	<u>Jul</u>	<u>Ago</u>	<u>Sep</u>	<u>Oct</u>	<u>Nov</u>	<u>Dic</u>
CONSUMO TOTAL ACS:	<u>3720</u>	<u>3360</u>	<u>3720</u>	<u>3600</u>	<u>3720</u>	<u>3600</u>	<u>1488</u>	<u>1488</u>	<u>3600</u>	<u>3720</u>	<u>3600</u>	<u>3720</u>
Temperatura media agua de red (°C):	<u>6</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>13</u>	<u>16</u>	<u>18</u>	<u>18</u>	<u>16</u>	<u>12</u>	<u>9</u>	<u>7</u>

Datos de Condiciones Climáticas

Los datos de radiación solar global incidente, así como la temperatura ambiente media para cada mes se han tomado del Programa de Cálculo de Instalaciones de Energía Solar CALSOLAR 2, los cuales proceden de la base de datos meteorológicos del IDAE o en su defecto de datos locales admitidos oficialmente.

Ciudad	Zaragoza
Latitud	41,67
Zona climática	IV

Radiación horizontal media diaria:	4,2	kWh/m ² día											
Radiación en el captador media diaria	3,5	kWh/m ² día											
Temperatura media diurna anual:	14,6	°C											
Temperatura mínima histórica:	-11	°C											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Radiación global horizontal (kWh/m ² día):		1,8	2,7	3,8	4,8	6,0	6,6	7,0	6,3	4,6	3,2	2,1	1,6
Radiación en el plano de captador (kWh/m ² día):		3,1	3,8	3,7	3,2	3,1	3,0	3,3	3,7	3,8	4,1	3,5	3,0
Temperatura ambiente media diaria (°C):		6,2	8	10,3	12,8	16,8	21	24,3	23,8	20,7	15,4	9,7	6,5
Temperatura media agua de red (°C):		6	8	9	10	13	16	18	18	16	12	9	7

Los datos de Radiación media en el plano de captadores es la radiación referida a una inclinación de 85 ° con respecto a la horizontal y una desviación de 0 ° con respecto a la orientación sur.

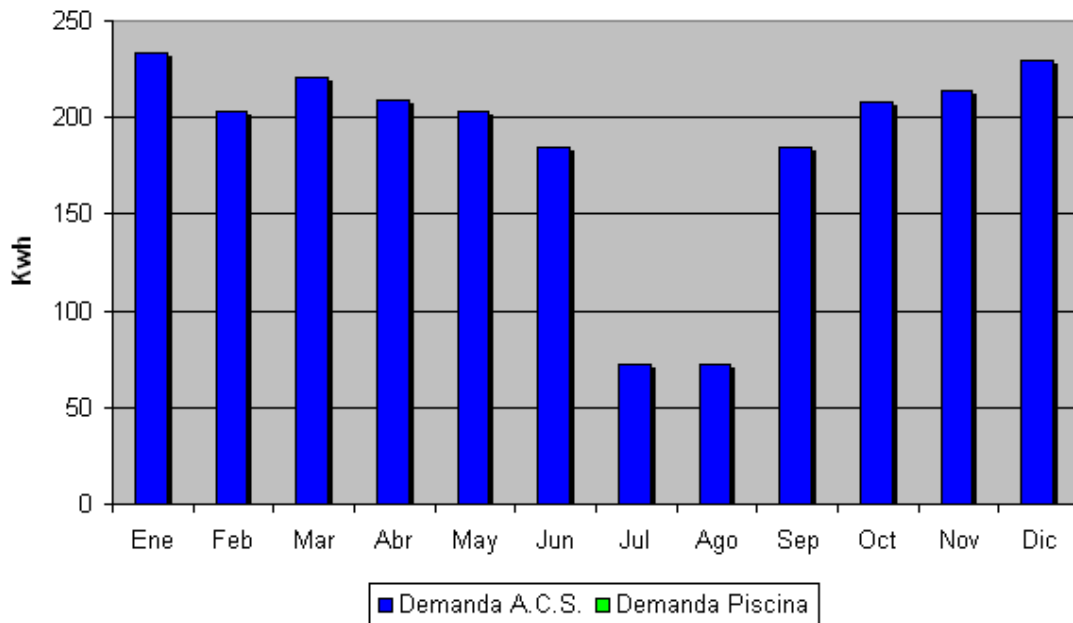
CARGA DE CONSUMO

Los datos que se presentan a continuación han sido obtenidos, a partir de las condiciones de partida presentadas en el apartado anterior, utilizando el Programa de Cálculo de Instalaciones de Energía Solar CALSOLAR 2.

Se establece un consumo 30,00 litros por persona y día a una temperatura de uso de 60°C, según CTE o en su defecto ordenanzas locales y autonómicas. El consumo Diario de Agua Total en litros es de: 120 l/día

Se presentan a continuación los resultados de la demanda mensual.

Demanda energética (KWh)



SUPERFICIE DE CAPTACIÓN Y VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

La superficie de captación se dimensiona de manera que el aporte solar anual que cubra el aporte solar exigido del 60% de la demanda energética, según se indica en el “Código Técnico de la Edificación” (CTE) sin perjuicio de la normativa local o autonómica aplicable para el término municipal de Zaragoza .

El número de captadores se ajusta de forma que se obtenga una configuración homogénea y equilibrada del campo de los mismos, lo más cercana posible en número a la superficie que cubra el requisito de demanda solar.

Para el edificio se establece una instalación de 1 captador(es) de 2,352 m² de superficie útil, resultando una superficie total de captación de 2,352 m².

El grado de cobertura conseguido por la instalación de los captadores es del **62,2 %**.

La acumulación de Agua Caliente Sanitaria procedente de la aportación solar se realizará mediante un depósito de 200 litros, que servirá para hacer frente a la demanda diaria.

El C.T.E., en su Documento Básico HE, Exigencia Básica HE4, Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria establece que para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

Siendo:

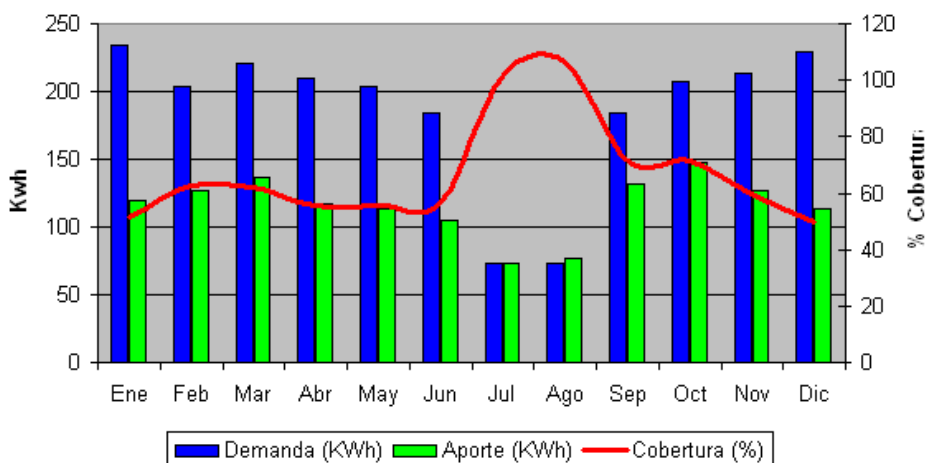
A la suma de las áreas de los captadores [m²];

V el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

Este volumen de acumulación supone una relación de 85,03 litros por metro cuadrado de captadores.

A continuación se presentan los datos de aporte solares mensuales de Agua Caliente, así como una gráfica en la que se representa la necesidad mensual de energía y el aporte solar.

APORTE SOLAR A.C.S.



CAMPO DE CAPTADORES

La instalación se ha dimensionado para 1 captador(es) plano(s), homologado(s), marca SAUNIER DUVAL, modelo SRH 2.3

η_0	0,801
K_1 (W/m ² K)	3,320
K_2 (W/m ² K ²)	0,023
Superficie Total (m ²)	2,51
Superficie Neta (m ²)	2,352

Los captadores se colocarán en la cubierta del edificio, quedando orientados con una desviación de 0 ° con respecto al Sur y con una inclinación de 85 ° con respecto a la horizontal.

Se instalarán válvulas de corte a la entrada y salida de cada batería, a fin de poder aislarla del resto para posibles mantenimientos o reparaciones. Se prevén también purgadores, válvulas de seguridad y válvulas para llenado y vaciado del circuito.

La estructura soporte de los captadores se compone de perfiles prefabricados de aluminio, dimensionados por el fabricante.

CUMPLIMIENTO DEL CTE-HE

HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria 1 Generalidades	<input checked="" type="checkbox"/>	1.1 Ámbito de aplicación
	<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.1 Edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.
	<input type="checkbox"/>	1.1.2 Disminución de la contribución solar mínima:
	<input type="checkbox"/>	a) Se cubre el aporte energético de agua caliente sanitaria mediante el aprovechamiento de energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia generación de calor del edificio.
	<input checked="" type="checkbox"/>	b) El cumplimiento de este nivel de producción supone sobrepasar los criterios de cálculo que marca la legislación de carácter básico aplicable.
	<input type="checkbox"/>	c) El emplazamiento del edificio no cuenta con suficiente acceso al sol por barreras externas al mismo.
	<input type="checkbox"/>	d) Por tratarse de rehabilitación de edificio, y existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente o de la normativa urbanística aplicable.
	<input type="checkbox"/>	e) Existen limitaciones no subsanables derivadas de la normativa urbanística aplicable, que imposibilitan de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria.
	<input type="checkbox"/>	f) Por determinación del órgano competente que debe dictaminar en materia de protección histórico-artística.
	<input type="checkbox"/>	1.2 Procedimiento de verificación
	a) Obtención de la contribución solar mínima según apartado 2.1.	
	b) Cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del apartado 3.	
	c) Cumplimiento de las condiciones de mantenimiento del apartado 4.	

HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria 2. Caracterización y cuantificación de las exigencias	<input checked="" type="checkbox"/>	2.1 Contribución solar mínima		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Caso general Tabla 2.1 (zona climática)	30 %	
	<input type="checkbox"/>	Efecto Joule	No procede	
	<input type="checkbox"/>	Medidas de reducción de contribución solar	No procede	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Pérdidas por orientación e inclinación del sistema generador	1,0445868	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Orientación del sistema generador	0	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Inclinación del sistema generador:	45 °	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación de las pérdidas por orientación e inclinación y sombras de la superficie de captación	S/ apartados 3.5 y 3.6	
	<input type="checkbox"/>	Contribución solar mínima anual piscinas cubiertas	No procede	
	<input type="checkbox"/>	Ocupación parcial de instalaciones de uso residencial turísticos, criterios de dimensionado	No procede	
	<input type="checkbox"/>	Medidas a adoptar en caso de que la contribución solar real sobrepase el 110% de la demanda energética en algún mes del año o en más de tres meses seguidos el 100%	No procede	
	<input type="checkbox"/>	a) dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario).		
	<input type="checkbox"/>	b) tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador).		
	<input type="checkbox"/>	c) pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares debiendo incluirse este trabajo en ese caso entre las labores del contrato de mantenimiento;		
	<input type="checkbox"/>	d) desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.		
	Pérdidas máximas por orientación e inclinación del sist, generador	Orientación inclinación ^e	Sombras	Total
<input type="checkbox"/>	General	10%	10%	15%
<input checked="" type="checkbox"/>	Superposición	20%	15%	30%
<input type="checkbox"/>	Integración arquitectónica	40%	20%	50%

HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria 3 Cálculo y dimensionado	3.1 Datos previos			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura elegida en el acumulador final	60°	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Demanda de referencia a 60°, Criterio de demanda: Viviendas multifamiliares	22 l/p persona	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Nº real de personas (nº mínimo según tabla CTE= 77)	0	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Cálculo de la demanda real	0 l/d	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Para el caso de que se elija una temperatura en el acumulador final diferente de 60 °C, se deberá alcanzar la contribución solar mínima correspondiente a la demanda obtenida con las demandas de referencia a 60 °C. No obstante, la demanda a considerar a efectos de cálculo, según la temperatura elegida, será la que se obtenga a partir de la siguiente expresión	60	
		$D(T) = \sum_{T} D_i(T) \quad (3.1)$		
		$D_i(T) = D_i(60 \text{ °C}) \times \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right) \quad (3.2)$		
		siendo D(T) Demanda de agua caliente sanitaria anual a la temperatura T elegida; D _i (T) Demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura T elegida; D _i (60 °C) Demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura de 60 °C; T Temperatura del acumulador final; T _i Temperatura media del agua fría en el mes i.		
	<input type="checkbox"/>	Radiación Solar Global		
	<input checked="" type="checkbox"/>			
		Zona climática	MJ/m2	KWh/m2
	3.2 Condiciones generales de la instalación			
		La instalación cumplirá con los requisitos contenidos en el apartado 3.2 del Documento Básico HE, Ahorro de Energía, Sección HE 4, referidos a los siguientes aspectos:	Apartado	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Condiciones generales de la instalación	3.2.2	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Fluido de trabajo	3.2.2.1	
	<input type="checkbox"/>	Protección contra heladas	No procede	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Protección contra sobrecalentamientos	3.2.2.3.1	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Protección contra quemaduras	3.2.2.3.2	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Protección de materiales contra altas temperaturas	3.2.2.3.3	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Resistencia a presión	3.2.2.3.4	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Prevención de flujo inverso	3.2.2.3.4	
	3.3 Criterios generales de cálculo			
	<input checked="" type="checkbox"/>	1 Dimensionado básico: método de cálculo		
	Valores medios diarios			
	demanda de energía		6,72KWh	
	contribución solar		5,20KWh	
<input checked="" type="checkbox"/>	2 Prestaciones globales anuales			
	Demanda de energía térmica		2452,6KWh	
	Energía solar térmica aportada		1899,5KWh	
	Fracciones solares mensual y anual		valor	
	Rendimiento medio anual		77%	
<input type="checkbox"/>	3 Meses del año en los que la energía producida supera la demanda de la ocupación real		2	
	Periodo de tiempo en el cual puedan darse condiciones de sobrecalentamiento		valor	
<input checked="" type="checkbox"/>	Medidas adoptadas para la protección de la instalación	campo descriptivo		
<input checked="" type="checkbox"/>	4 Sistemas de captación			
	El captador seleccionado posee la certificación emitida por el organismo competente en la materia según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de Abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de Julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares, o la certificación o condiciones que considere la reglamentación que lo sustituya.			
	Los captadores que integran la instalación son del mismo modelo.			
<input checked="" type="checkbox"/>	5 Conexionado			
	La instalación se ha proyectado de manera que los captadores se dispongan en filas constituidas por el mismo número de elementos.			
	Conexión de las filas de captadores	En serie <input type="checkbox"/>	En paralelo <input checked="" type="checkbox"/>	
	Instalación de válvulas de cierre en las baterías de captadores	Entrada <input checked="" type="checkbox"/>	Salida <input checked="" type="checkbox"/>	
			Entre bombas <input checked="" type="checkbox"/>	
	<input checked="" type="checkbox"/> Instalación de válvula de seguridad			
	Tipo de retorno	Invertido <input type="checkbox"/>	Válvulas de equilibrado <input checked="" type="checkbox"/>	

HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria 3 Cálculo y dimensionado	6	Estructura de soporte	Cumplimiento de las exigencias del CTE de aplicación en cuanto a seguridad:	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Previsiones de cálculo y construcción para evitar transferencias de cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico por dilataciones térmicas.		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Estructura portante	Campo descriptivo	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Sistema de fijación de captadores	Campo descriptivo	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Flexión máxima del captador permitida por el fabricante	Valor	
		Número de puntos de sujeción de captadores	Valor	
		Área de apoyo	Valor	
		Posición de los puntos de apoyo	Descripción	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Se ha previsto que los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojen sombra sobre los captadores		
	<input type="checkbox"/>	Instalación integrada en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, la estructura y la estanqueidad entre captadores se ajustará a las exigencias indicadas en la parte correspondiente del Código Técnico de la Edificación y demás normativa de aplicación.		
	7	Sistema de acumulación solar		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Volumen del depósito de acumulación solar (litros)	200 litros	
		Justificación del volumen del depósito de acumulación solar (Considerando que el diseño de la instalación solar térmica debe tener en cuenta que la demanda no es simultánea con la generación), A= dato Suma de las áreas de los captadores (m2) V= dato Volumen del depósito de acumulación solar (litros)	FÓRMULA $50 < V/A < 180$ RESULTADO $50 < 85,03 < 180$	
	<input type="checkbox"/>	Nº de depósitos del sistema de acumulación solar	Valor	
		Configuración del depósito de acumulación solar	Vertical <input checked="" type="checkbox"/> Horizontal <input type="checkbox"/>	
		Zona de ubicación	Exterior <input type="checkbox"/> Interior <input checked="" type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	Fraccionamiento del volumen de acumulación en depósitos: nº de depósitos		
		Disposición de los depósitos en el ciclo de consumo	<input checked="" type="checkbox"/> En serie invertida <input type="checkbox"/> En paralelo, con los circuitos primarios y secundarios equilibrados	
	<input type="checkbox"/>	Prevención de la legionelosis: medidas adoptadas		
	<input type="checkbox"/>	nivel térmico necesario mediante el no uso de la instalación Instalaciones prefabricadas		
	<input type="checkbox"/>	conexionado puntual entre el sistema auxiliar y el acumulador solar, de forma que se pueda calentar éste último con el auxiliar (resto de instalaciones)		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Instalación de termómetro		
		Corte de flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema (en el caso de volumen mayor de 2 m3)	Válvulas de corte <input checked="" type="checkbox"/> Otro sistema (Especificar) <input type="checkbox"/>	
	8	Situación de las conexiones		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Depósitos verticales		
		Altura de la conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al intercambiador	Valor	
		La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste		
		La conexión de retorno de consumo al acumulador y agua fría de red se realizarán por la parte inferior		
	la extracción de agua caliente del acumulador se realizará por la parte superior			
<input type="checkbox"/>	Depósitos horizontales: las tomas de agua caliente y fría estarán situadas en extremos diagonalmente opuestos.			
<input checked="" type="checkbox"/>	Desconexión individual de los acumuladores sin interrumpir el funcionamiento de la instalación			
9	Sistema de intercambio			
<input checked="" type="checkbox"/>	Intercambiador independiente: la potencia P se determina para las condiciones de trabajo en las horas centrales suponiendo una radiación solar de 1.000 w/m2 y un rendimiento de la conversión de energía solar del 50%	Fórmula $P \geq 500 * A$ P = Valor Resultado= $Valor \geq 500 * A$		
<input type="checkbox"/>	Intercambiador incorporado al acumulador: relación entre superficie útil de intercambio (SUi) y la superficie total de captación (STc)	$SU_i \geq 0,15 ST_c$		
<input checked="" type="checkbox"/>	Instalación de válvula de cierre en cada una de las tuberías de entrada y salida de agua del intercambiador de calor			
10	Circuito hidráulico			
<input type="checkbox"/>	Equilibrio del circuito hidráulico			
<input type="checkbox"/>	Se ha concebido un circuito hidráulico equilibrado en sí mismo			
<input checked="" type="checkbox"/>	Se ha dispuesto un control de flujo mediante válvulas de equilibrado			
	Caudal del fluido portador			

Estudio comparativo del sistema de calefacción y ACS en una vivienda unifamiliar

HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria 3 Cálculo y dimensionado	<input checked="" type="checkbox"/>	El caudal del fluido portador se ha determinado de acuerdo con las especificaciones del fabricante como consecuencia del diseño de su producto. En su defecto, valor estará comprendido entre 1,2l/s y 2 l/s por cada 100 m ² de red de captadores	40 (l/h·m ²)	Se cumple que $1,2 \leq \text{Valor} \leq 2$ c/ 100 m ² de red de captadores	
	<input type="checkbox"/>	Captadores conectados en serie	Valor / n° de captadores		
	<input type="checkbox"/>	11 Tuberías			
	<input checked="" type="checkbox"/>	El sistema de tuberías y sus materiales se ha proyectado de manera que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal para las condiciones de trabajo.			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Con objeto de evitar pérdidas térmicas, se ha tenido en cuenta que la longitud de tuberías del sistema sea lo más corta posible, y se ha evitado al máximo los codos y pérdidas de carga en general.			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Pendiente mínima de los tramos horizontales en el sentido de la circulación	1%		
	<input type="checkbox"/>	Material de revestimiento para el aislamiento de las tuberías de intemperie con el objeto de proporcionar una protección externa que asegure la durabilidad ante las acciones climatológicas			
	<input type="checkbox"/>	Tipo de material	Descripción del producto		
	<input type="checkbox"/>	Pintura asfáltica	Campo descriptivo		
	<input type="checkbox"/>	Poliéster reforzado con fibra de vidrio			
	<input type="checkbox"/>	Pintura acrílica			
	<input type="checkbox"/>	12 Bombas			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Caída máxima de presión en el circuito	Valor		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Se ha diseñado el circuito de manera que las bombas en línea se monten en las zonas más frías del mismo, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.			
	<input type="checkbox"/>	Instalaciones superiores a 50 m ² de superficie: se han instalado dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario, previéndose el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.			
	<input type="checkbox"/>	Piscinas cubiertas:	Colocación del filtro	Entre la bomba y los captadores.	
	<input type="checkbox"/>	Disposición de elementos	Sentido de la corriente	bomba-filtro-captadores	
	<input type="checkbox"/>		Impulsión del agua caliente	Por la parte inferior de la piscina.	
	<input type="checkbox"/>		Impulsión de agua filtrada	En superficie	
	<input type="checkbox"/>	13 Vasos de expansión			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Se ha previsto su conexión en la aspiración de la bomba.			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Altura en la que se sitúan los vasos de expansión	Valor		
	<input type="checkbox"/>	14 Purga de aire			
	<input type="checkbox"/>	En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático.			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Volumen útil del botellín	Valor > 100 cm ³		
	<input type="checkbox"/>	Volumen útil del botellín si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.	Valor		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Por utilizar purgadores automáticos, adicionalmente, se colocarán los dispositivos necesarios para la purga manual.			
	<input type="checkbox"/>	15 Drenajes			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.			
	<input type="checkbox"/>	16 Sistema de energía convencional adicional			
<input checked="" type="checkbox"/>	Se ha dispuesto de un Sistema convencional adicional para asegurar el abastecimiento de la demanda térmica.				
<input checked="" type="checkbox"/>	El sistema convencional auxiliar se diseñado para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar. Sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación.				
<input checked="" type="checkbox"/>	Sistema de aporte de energía convencional auxiliar con acumulación o en línea: dispone de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con la legislación vigente en cada momento referente a la prevención y control de la legionelosis.	Normativa de aplicación			
<input type="checkbox"/>	Sistema de energía convencional auxiliar sin acumulación, es decir es una fuente instantánea: El equipo es modulante, es decir, capaz de regular su potencia de forma que se obtenga la temperatura de manera permanente con independencia de cual sea la temperatura del agua de entrada al citado equipo.				
<input type="checkbox"/>	Climatización de piscinas: para el control de la temperatura del agua se dispone de una sonda de temperatura en el retorno de agua al intercambiador de calor y un termostato de seguridad dotado de rearme manual en la impulsión que enclave el sistema de generación de calor. a temperatura de tarado del termostato de seguridad será, como máximo, 10 °C mayor que la temperatura máxima de impulsión.	Temperatura máxima de impulsión			
<input type="checkbox"/>		Temperatura de tarado			

HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria 3 Cálculo y dimensionado	17	Sistema de Control		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Tipos de sistema		
	<input checked="" type="checkbox"/>	De circulación forzada, supone un control de funcionamiento normal de las bombas del circuito de tipo diferencial.		
	<input type="checkbox"/>	Con depósito de acumulación solar: el control de funcionamiento normal de las bombas del circuito deberá actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2 °C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que 2 °C.		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Colocación de las sondas de temperatura para el control diferencial	en la parte superior de los captadores	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Colocación del sensor de temperatura de la acumulación.	en la parte inferior en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura máxima a la que debe estar ajustado el sistema de control (de manera que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.)	80°C	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura mínima a la que debe ajustarse el sistema de control (de manera que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido).	5°C	
	18	Sistemas de medida		
		Además de los aparatos de medida de presión y temperatura que permitan la correcta operación, para el caso de instalaciones mayores de 20 m2 se deberá disponer al menos de un sistema analógico de medida local y registro de datos que indique como mínimo las siguientes variables:		
	<input checked="" type="checkbox"/>	temperatura de entrada agua fría de red	Valor	
	<input checked="" type="checkbox"/>	temperatura de salida acumulador solar	Valor	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Caudal de agua fría de red.	Valor	
		3.4 Componentes		
		La instalación cumplirá con los requisitos contenidos en el apartado 3.4 del Documento Básico HE, Ahorro de Energía, Sección HE 4, referidos a los siguientes aspectos:		apartado
	<input checked="" type="checkbox"/>	Captadores solares	3.4.1	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Acumuladores	3.4.2	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Intercambiador de calor	3.4.3	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Bombas de circulación	3.4.4	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Tuberías	3.4.5	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Válvulas	3.4.6	
		Vasos de expansión		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Cerrados	3.4.7.1	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Abiertos	3.4.7.2	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Purgadores	3.4.8	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Sistema de llenado	3.4.9	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Sistema eléctrico y de control	3.4.10	
		3.5 Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación		
1	Introducción			
<input checked="" type="checkbox"/>	Ángulo de acimut	$\alpha=0$		
<input checked="" type="checkbox"/>	Ángulo de inclinación	$\beta=45$		
<input checked="" type="checkbox"/>	Latitud	$\Phi=41,67$		
<input checked="" type="checkbox"/>	Valor de inclinación máxima	Valor		
<input checked="" type="checkbox"/>	Valor de inclinación mínima	Valor		
	Corrección de los límites de inclinación aceptables			
<input checked="" type="checkbox"/>	Inclinación máxima	Valor		
<input checked="" type="checkbox"/>	Inclinación mínima	Valor		
	3.6 Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras			
<input checked="" type="checkbox"/>	Porcentaje de radiación solar perdida por sombras	0,00		

ANEXO 3

CUMPLIMIENTO DEL CTE-HE1 MEDIANTE EL PROGRAMA LIDER

Para comprobar el cumplimiento del CTE-HE1 utilizaremos el programa LIDER.

Para ello primero hay que modelar la vivienda en cuestión en LIDER. Introducimos la descripción de nuestra vivienda: zona climática, orientación, tipo de edificio y tipo de uso.

En nuestro caso es una vivienda unifamiliar de Montecanal, y por tanto:

Zonificación climática

Zona:

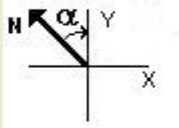
Localidad:

Latitud:

Altitud:

Orientación del edificio

Ángulo °



Tipo edificio

Vivienda unifamiliar

Vivienda en bloque

Edificio sector terciario

Clase por defecto de los espacios habitables

Tipo de Uso:

Condiciones higrometría

Clase 3 o inferior

Clase 4

Clase 5

Número de renovaciones hora requerido

Ahora debemos crear los cerramientos y los huecos con los que construiremos nuestra vivienda, asegurándonos de que cumplan el artículo 2.1 del DB HE 1.

Como cerramientos verticales tenemos: FACHADA y TABIQUERÍA.

Opacos | Semitransparentes |

Materiales y productos: Cerramientos y particiones interiores |

Grupo: CERRAMIENTOS VERTICALES

Nombre: FACHADA

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80 mm	0,1150	0,567	1020	1000	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,0150	0,700	1350	1000	
3	MW Lana mineral [0.04 W/(mK)]	0,0340	0,041	40	1000	
4	Aluminio	0,0010	230,000	2700	880	
5	Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm					0,170
6	Cámara de aire sin ventilar vertical 1 cm					0,150
7	Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	0,0400	0,445	1000	1000	
8	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,0150	0,570	1150	1000	

Grupo Material: Aislantes

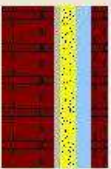
Material: EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/(mK)]

0,020 Espesor (m)

Añadir | Cambiar | Eliminar | Subir | Bajar

U: 0,60 w/(m²K)

Aceptar



Opacos | Semitransparentes

Materiales y productos | Cerramientos y particiones interiores

Grupo: CERRAMIENTOS VERTICALES

Nombre: TABIQUERIA

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,0150	0,570	1150	1000	
2	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,0700	0,432	930	1000	
3	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,0150	0,570	1150	1000	
4						

Grupo Material: Aislantes

Material: EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/(mK)]

0,020 Espesor (m)

Añadir | Cambiar | Eliminar | Subir | Bajar

U 2.60 w/(m²K)

Aceptar

Como cerramientos horizontales tenemos: SUELO CONTACTO TERRENO, INTERIOR ENTREPLANTAS, TERRAZA y TEJADO.

Opacos | Semitransparentes |
 Materiales y productos: Cerramientos y particiones interiores |
 Grupo: CERRAMIENTOS HORIZONTALES
 Nombre: SUELO CONTACTO TERRENO INTERIOR

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa de gres	0,0700	2,300	2500	1000	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,0300	0,550	1125	1000	
3	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	0,0400	1,650	2150	1000	
4	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,2000	2,300	2400	1000	
5	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/(mK)]	0,0400	0,038	30	1000	
6	Polietileno alta densidad [HDPE]	0,0020	0,500	980	1800	
7	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,2500	2,000	1450	1050	
8	Tierra apisonada adobe bloques de tierra comprimida	0,2500	1,100	1885	1000	

Grupo Material: Aislantes
 Material: EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/(mK)]
 Espesor (m): 0,020

Añadir | Cambiar | Eliminar | Subir | Bajar

U: 0,56 w/(m²K)

Aceptar

Opacos | Semitransparentes

Materiales y productos | Cerramientos y particiones interiores

Grupo CERRAMIENTOS HORIZONTALES

Nombre INTERIOR ENTREPLANTAS

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,0070	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,0300	0,550	1125	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,0400	0,038	30	1000	
4	FU Entrevigado de hormigón aligerado -Canto 250	0,2500	1,020	1180	1000	
5	Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600	0,0150	0,180	550	1000	
6						

Grupo Material Aislantes

Material EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]

0,020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 0,62 w/(m²K)

Aceptar

Opacos | Semitransparentes

Materiales y productos | Cerramientos y particiones interiores

Grupo CERRAMIENTOS HORIZONTALES

Nombre TERRAZA

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,0250	1,000	2000	800	
2	Cámara de aire sin ventilar horizontal 1 cm					0,150
3	MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,0200	0,041	40	1000	
4	Cámara de aire sin ventilar horizontal 1 cm					0,150
5	Betún fieltro o lámina	0,0100	0,230	1100	1000	
6	Hormigón con arcilla expandida como árido principal	0,1000	0,550	1400	1000	
7	FU Entregado cerámico -Canto 300 mm	0,3000	0,846	1110	1000	
8	MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,0200	0,041	40	1000	

Grupo Material Aislantes

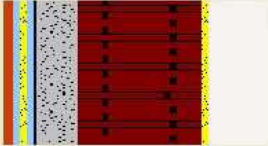
Material EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]

0,020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 0,38 w/(m²K)

Aceptar



Opacos | Semitransparentes

Materiales y productos | Cerramientos y particiones interiores

Grupo: CERRAMIENTOS HORIZONTALES

Nombre: TEJADO

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Teja de arcilla cocida	0,0100	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,0300	0,700	1350	1000	
3	Betún fieltro o lámina	0,0100	0,230	1100	1000	
4	Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	0,0400	0,445	1000	1000	
5	MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,0500	0,041	40	1000	
6	Betún fieltro o lámina	0,0100	0,230	1100	1000	
7	FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,2500	0,908	1220	1000	
8	Cámara de aire sin ventilar horizontal 5 cm					0,160

Grupo Material: Aislantes

Material: EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]

Espesor (m): 0,020

U: 0,34 w/[m²K]

Añadir | Cambiar | Eliminar | Subir | Bajar

Aceptar

Y como huecos tenemos: VENTANA, PUERTA DE CRISTAL Y PUERTA DE MADERA

La transmitancia térmica (U) debe ser menor o igual a la señalada en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de *cerramientos y particiones interiores* de la envolvente térmica U en W/m²K

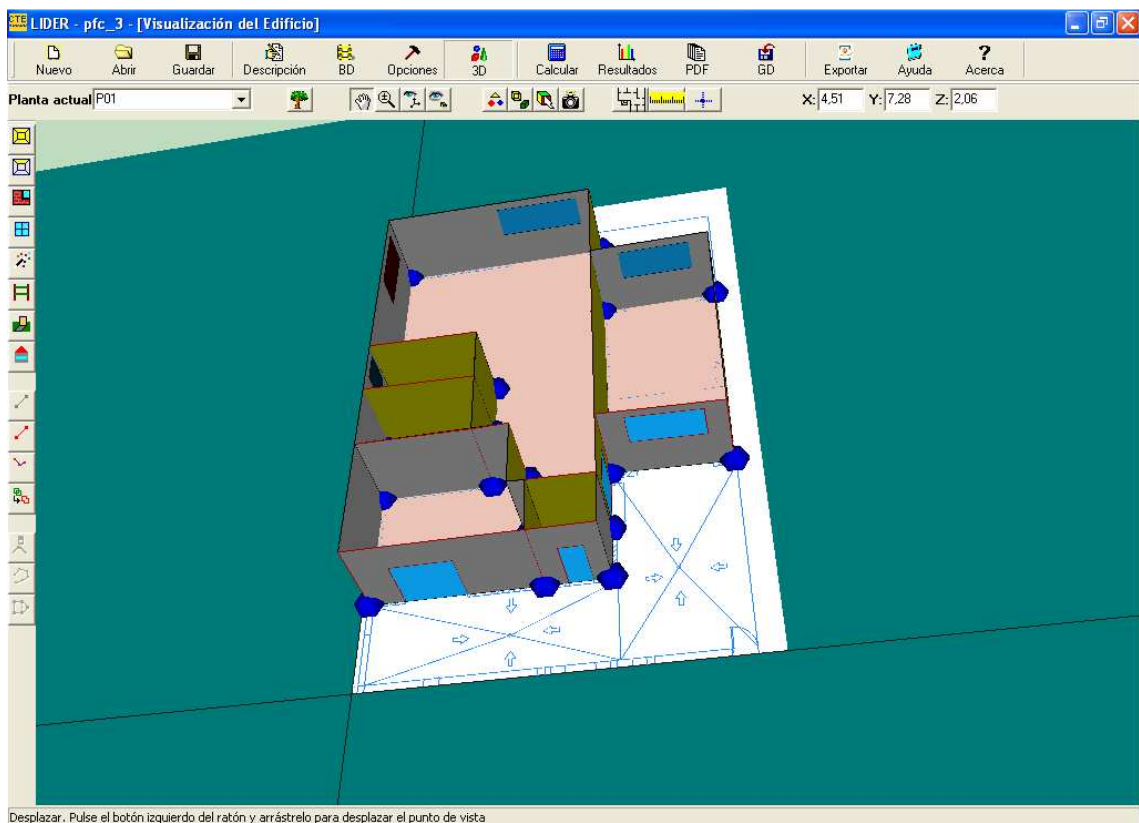
<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios no habitables; primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

Sabemos que nuestra vivienda pertenece a la Zona D, por lo que deberemos regirnos sólo por los valores de esta zona.

Comprobamos que nuestros cerramientos y huecos cumplen la normativa:

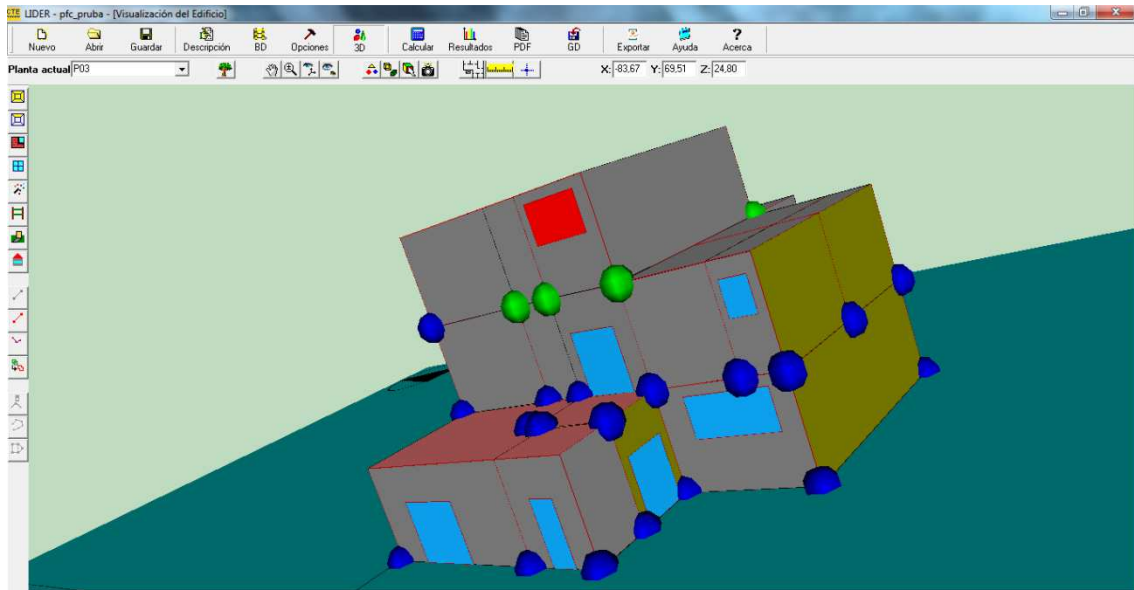
CERRAMIENTO/HUECO	U obtenida (W/m ² K)	U _{max} ZONA D (W/m ² K)	CUMPLE/ NO CUMPLE
FACHADA	0.60	0.86	CUMPLE
TABIQUERÍA	0.52	0.86	CUMPLE
SUELO	0.56	0.64	CUMPLE
ENTREPLANTAS	0.62	0.64	CUMPLE
TERRAZA	0.38	0.49	CUMPLE
TEJADO	0.34	0.49	CUMPLE
VIDRIO VER_DC_4-12-331	2.80	3.50	CUMPLE
MARCO VER_MADERA DENSIDA MEDIA ALTA	2.20	3.50	CUMPLE

Después se ha realizado el modelo en 3D de la vivienda unifamiliar en cuestión. Para ello nos ayudaremos de los planos situados en el **Anexo 1**.

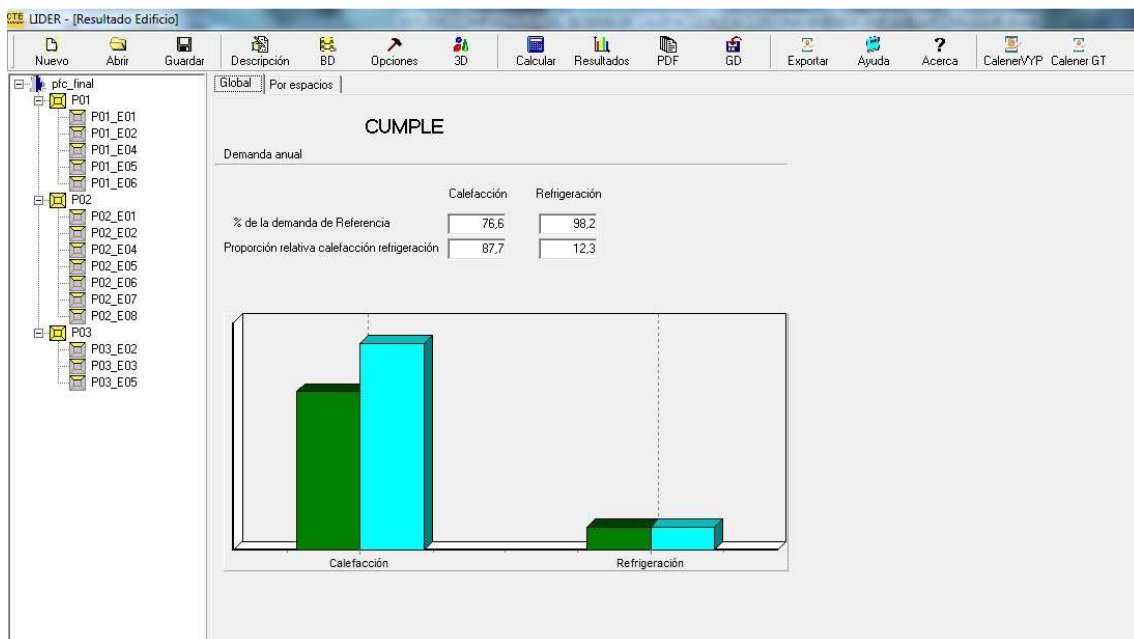


La vivienda consta de tres plantas, las cuales se han realizado de una en una y calculando una vez terminada cada planta la demanda energética para comprobar que no haya errores.

Al final nuestra vivienda unifamiliar nos queda así:



Una vez terminado el modelado, calcularemos la demanda energética de la vivienda:

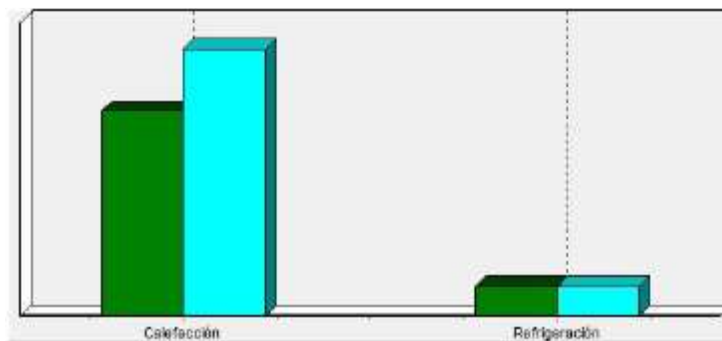


Tal y como y como se puede observar los valores de demanda del edificio Objeto (nuestro edificio) son inferiores a los del edificio de referencia (columna azul) tanto en Calefacción como en Refrigeración. Siempre que se cumpla esta condición podemos considerar que el edificio **CUMPLE** los requisitos mínimos exigidos por el CTE-HE en lo referente a ahorro energético.

CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	76,6	98,2
Proporción relativa calefacción refrigeración	87,7	12,3



DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA

ESPACIOS

P01	Residencial	3	7,67	3,00
P01	Nivel de estanqueidad 1	3	8,66	3,00
P01	Residencial	3	22,20	3,00
P01	Residencial	3	4,21	3,00
P01	Residencial	3	30,97	3,00
P02	Residencial	3	35,51	3,00
P02	Residencial	3	7,67	3,00
P02	Nivel de estanqueidad 1	3	8,66	3,00
P02	Residencial	3	24,35	3,00
P02	Residencial	3	5,21	3,00
P02	Residencial	3	5,08	3,00
P02	Residencial	3	17,54	3,00
P02	Residencial	3	0,18	3,00
P03	Residencial	3	12,29	3,00
P03	Residencial	3	7,67	3,00
P03	Nivel de estanqueidad 1	3	8,66	3,00

CERRAMIENTOS OPACOS

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m²)	Altura (m)
P01_E01	P01	Residencial	3	74,69	3,00
P01_E02	P01	Residencial	3	7,67	3,00
P01_E03	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	8,66	3,00
P01_E04	P01	Residencial	3	22,20	3,00
P01_E05	P01	Residencial	3	4,21	3,00
P01_E06	P01	Residencial	3	30,97	3,00
P02_E01	P02	Residencial	3	35,51	3,00
P02_E02	P02	Residencial	3	7,67	3,00
P02_E03	P02	Nivel de estanqueidad 1	3	8,66	3,00
P02_E04	P02	Residencial	3	24,35	3,00
P02_E05	P02	Residencial	3	5,21	3,00
P02_E06	P02	Residencial	3	5,08	3,00
P02_E07	P02	Residencial	3	17,54	3,00
P02_E08	P02	Residencial	3	0,18	3,00
P03_E02	P03	Residencial	3	12,29	3,00
P03_E03	P03	Residencial	3	7,67	3,00
P03_E04	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	8,66	3,00
P03_E05	P03	Residencial	3	30,43	3,00

MATERIALES

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m ³)	Cp (J/kgK)	R (m ² K/W)	Z (m ² sPa/kg)	Just.
Plaqueta o baldosa cerámica	1,000	2000,00	800,00	-	30	--
Cámara de aire sin ventilar horizontal 1 cm	-	-	-	0,15	-	--
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	-	1	SI
Betún fieltro o lámina	0,230	1100,00	1000,00	-	50000	--
Hormigón con arcilla expandida como árido	0,550	1400,00	1000,00	-	6	--
FU Entrevigado cerámico -Canto 300 mm	0,846	1110,00	1000,00	-	10	--
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,250	825,00	1000,00	-	4	--
Teja de arcilla cocida	1,000	2000,00	800,00	-	30	--
Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,700	1350,00	1000,00	-	10	--
Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor <	0,445	1000,00	1000,00	-	10	--
FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,908	1220,00	1000,00	-	10	--
Cámara de aire sin ventilar horizontal 5 cm	-	-	-	0,16	-	--
Cámara de aire sin ventilar horizontal 2 cm	-	-	-	0,16	-	--
Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,550	1125,00	1000,00	-	10	--
EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,038	30,00	1000,00	-	20	SI
FU Entrevigado de hormigón aligerado -	1,020	1180,00	1000,00	-	6	--
Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600	0,180	550,00	1000,00	-	6	--
Plaqueta o baldosa de gres	2,300	2500,00	1000,00	-	30	--
Hormigón en masa 2000 < d < 2300	1,650	2150,00	1000,00	-	70	--
Hormigón armado 2300 < d < 2500	2,300	2400,00	1000,00	-	80	--
Polietileno alta densidad [HDPE]	0,500	980,00	1800,00	-	100000	--
Arena y grava [1700 < d < 2200]	2,000	1450,00	1050,00	-	50	--
Tierra apisonada adobe bloques de tierra co	1,100	1885,00	1000,00	-	1	--

Estudio comparativo del sistema de calefacción y ACS en una vivienda unifamiliar

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m ³)	Cp (J/kgK)	R (m ² K/W)	Z (m ² sPa/kg)	Just.
1/2 pie LP métrico o catalán 60 mm < G < 80	0,567	1020,00	1000,00	-	10	--
Aluminio	230,000	2700,00	880,00	-	1e+30	--
Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm	-	-	-	0,17	-	--
Cámara de aire sin ventilar vertical 1 cm	-	-	-	0,15	-	--
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,570	1150,00	1000,00	-	6	--
Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,432	930,00	1000,00	-	10	--

COMPOSICIÓN DE CERRAMIENTOS

Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
TERRAZA	0,38	Plaqueta o baldosa cerámica	0,025
		Cámara de aire sin ventilar horizontal 1 cm	0,000
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,020
		Cámara de aire sin ventilar horizontal 1 cm	0,000
		Betún fieltro o lámina	0,010
		Hormigón con arcilla expandida como árido princ	0,100
		FU Entrevigado cerámico -Canto 300 mm	0,300
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,020
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,150
TEJADO	0,34	Teja de arcilla cocida	0,010
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,030
		Betún fieltro o lámina	0,010
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,040
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,050

Estudio comparativo del sistema de calefacción y ACS en una vivienda unifamiliar

Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
TEJADO	0,34	Betún fieltro o lámina	0,010
		FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		Cámara de aire sin ventilar horizontal 5 cm	0,000
		Cámara de aire sin ventilar horizontal 2 cm	0,000
		Cámara de aire sin ventilar horizontal 1 cm	0,000
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,020
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
INTERIOR ENTREPLANTAS	0,61	Plaqueta o baldosa cerámica	0,007
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,030
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040
		FU Entrevigado de hormigón aligerado -Canto	0,250
		25	0,015
SUELO CONTACTO TERRENO INTE	0,56	Plaqueta o baldosa de gres	0,070
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,030
		Hormigón en masa 2000 < d < 2300	0,040
		Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,200
		EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,040
		Polietileno alta densidad [HDPE]	0,002
		Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,250
		Tierra apisonada adobe bloques de tierra compri	0,250
		FACHADA	0,60
Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015		
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,034		
Aluminio	0,001		

Nombre	U (W/m ² K)	Material	Espesor (m)
FACHADA	0,60	Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm	0,000
		Cámara de aire sin ventilar vertical 1 cm	0,000
		Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,040
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015
TABIQUERIA	0,52	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,030
		Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,070
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,030
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015

CERRAMIENTOS SEMITRANSSPARENTES

VIDRIOS

Nombre	U (W/m ² K)	Factor solar	Just.
VER_DC_4-12-331	2,80	0,75	SI
VER_M_4	5,70	0,00	SI

MARCOS

Nombre	U (W/m ² K)	Just.
VER_Madera de densidad media alta	2,20	--
VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm	4,00	--

HUECOS

Nombre	VENTANA
Acrilamiento	VER_DC_4-12-331
Marco	VER_Madera de densidad media alta
% Hueco	10,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	27,00
U (W/m²K)	2,74
Factor solar	0,68
Justificación	SI

Nombre	PUERTA CRISTAL
Acrilamiento	VER_DC_4-12-331
Marco	VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm
% Hueco	10,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	60,00
U (W/m²K)	2,92
Factor solar	0,69
Justificación	SI

Nombre	PUERTA MADERA
Acrilamiento	VER_M_4
Marco	VER_Madera de densidad media alta
% Hueco	100,00
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	60,00

U (W/m²K)	2,20
Factor solar	0,06
Justificación	SI

PUENTES TÉRMICOS

En el cálculo de la demanda energética, se han utilizado los siguientes valores de transmitancias térmicas lineales y factores de temperatura superficial de los puentes térmicos.

	Y W/(mK)	FRSI
Encuentro forjado-fachada	0,41	0,76
Encuentro suelo exterior-fachada	0,46	0,74
Encuentro cubierta-fachada	0,46	0,74
Esquina saliente	0,16	0,81
Hueco ventana	0,27	0,64
Esquina entrante	-0,13	0,84
Pilar	0,77	0,64
Unión solera pared exterior	0,13	0,75

RESULTADOS

RESULTADOS POR ESPACIOS

Espacios	Área (m ²)	Nº espacios iguales	Calefacción % de max	Calefacción % de ref	Refrigeración % de max	Refrigeración % de ref
P01_E01	74,7	1	46,5	69,0	25,2	78,4
P01_E02	7,7	1	72,7	57,8	20,6	56,9
P01_E04	22,2	1	68,5	73,3	66,9	107,1
P01_E05	4,2	1	100,0	80,8	100,0	76,6
P01_E06	31,0	1	42,3	68,1	60,7	88,3
P02_E01	35,5	1	64,7	84,3	41,6	114,9
P02_E02	7,7	1	72,1	67,2	31,9	79,1
P02_E04	24,4	1	33,6	88,8	17,5	88,1
P02_E05	5,2	1	49,6	86,5	61,9	106,3
P02_E06	5,1	1	46,4	84,9	82,2	110,2
P02_E07	17,5	1	52,0	85,0	95,8	135,8
P02_E08	0,2	1	29,6	93,3	0,0	0,0
P03_E02	12,3	1	75,5	89,6	57,4	107,2
P03_E03	7,7	1	69,3	70,0	40,5	90,3
P03_E05	30,4	1	63,5	90,8	55,9	105,9

ANEXO 4

COSTE DE LOS RADIADORES

Dependiendo del radiador elegido, necesitaremos los siguientes elementos:

	Kcal/h	DUBAL 45	Kcal Elemento	DUVAL 60	Kcal Elemento
Baño 1	672,41	8	79,5	6	103,9
Baño 2	672,41	8	79,5	6	103,9
Baño 3	672,41	8	79,5	6	103,9
Cocina-Comedor	3155,17	40	79,5	30	103,9
Salón	5275,86	66	79,5	51	103,9
Recibidor	1620,69	20	79,5	16	103,9
Oficina	1862,07	23	79,5	18	103,9
Aseo 1	431,03	5	79,5	4	103,9
Aseo 2	525,86	7	79,5	5	103,9
Dormitorio 1	2017,24	25	79,5	19	103,9
Dormitorio 2	2456,90	31	79,5	24	103,9
Dormitorio 3	1232,76	16	79,5	12	103,9
Salita	1577,59	20	79,5	15	103,9
Buhardilla	3637,93	46	79,5	35	103,9

	Kcal/h	DUVAL 70	Kcal Elemento	DUVAL 80	Kcal Elemento
Baño 1	672,41	6	119,1	5	133,7
Baño 2	672,41	6	119,1	5	133,7
Baño 3	672,41	6	119,1	5	133,7
Cocina-Comedor	3155,17	26	119,1	24	133,7
Salón	5275,86	44	119,1	39	133,7
Recibidor	1620,69	14	119,1	12	133,7
Oficina	1862,07	16	119,1	14	133,7
Aseo 1	431,03	4	119,1	3	133,7
Aseo 2	525,86	4	119,1	4	133,7
Dormitorio 1	2017,24	17	119,1	15	133,7
Dormitorio 2	2456,90	21	119,1	9	133,7
Dormitorio 3	1232,76	10	119,1	9	133,7
Salita	1577,59	13	119,1	12	133,7
Buhardilla	3637,93	31	119,1	27	133,7

Los precios de los radiadores son los siguientes:

PVP					
ELEMENTOS	DUBAL 30	DUBAL 45	DUBAL 60	DUBAL 70	DUBAL 80
3	70,00 €	60,00 €	60,00 €	70,00 €	70,00 €
4	90,00 €	70,00 €	70,00 €	80,00 €	90,00 €
5	100,00 €	80,00 €	80,00 €	100,00 €	100,00 €
6	120,00 €	90,00 €	90,00 €	110,00 €	120,00 €
7	130,00 €	100,00 €	100,00 €	120,00 €	130,00 €
8	150,00 €	110,00 €	120,00 €	140,00 €	140,00 €
10	180,00 €	130,00 €	140,00 €	160,00 €	170,00 €
12	210,00 €	150,00 €	160,00 €	190,00 €	200,00 €
14	240,00 €	180,00 €	180,00 €	220,00 €	230,00 €

Estos radiadores sólo se expiden en bloques de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12 y 14 elementos.

Hemos elegido los siguientes para nuestra vivienda:

	Radiador	Nº Elementos	Precio (€)
Baño 1	DUVAL 60	6	90
Baño 2	DUVAL 60	6	90
Baño 3	DUVAL 60	6	90
Cocina-Comedor	DUVAL 70	2 DE 14	440
Salón	DUVAL 80	3 DE 14	690
Recibidor	DUVAL 70	14	220
Oficina	DUVAL 80	14	230
Aseo 1	DUVAL 60	4	70
Aseo 2	DUVAL 60	6	90
Dormitorio 1	DUVAL 60	2 DE 10	280
Dormitorio 2	DUVAL 60	2 DE 12	320
Dormitorio 3	DUVAL 60	12	160
Salita	DUVAL 70	14	220
Buhardilla	DUVAL 60	3 DE 12	480
Precio Total			3470

ANEXO 5

CONSUMO ANUAL Y EMISIONES DE CO₂

CONSUMO ANUAL Y EMISIONES DE CO₂ MEDIANTE CALENER V_yP

CALDERA DE GAS (Radiadores)

Resultados:

Resultados

Gráfico Resultados

Demandas	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	77,8	22226,5	100,4	28683,0
Refrigeración	10,6	3028,3	11,0	3142,6

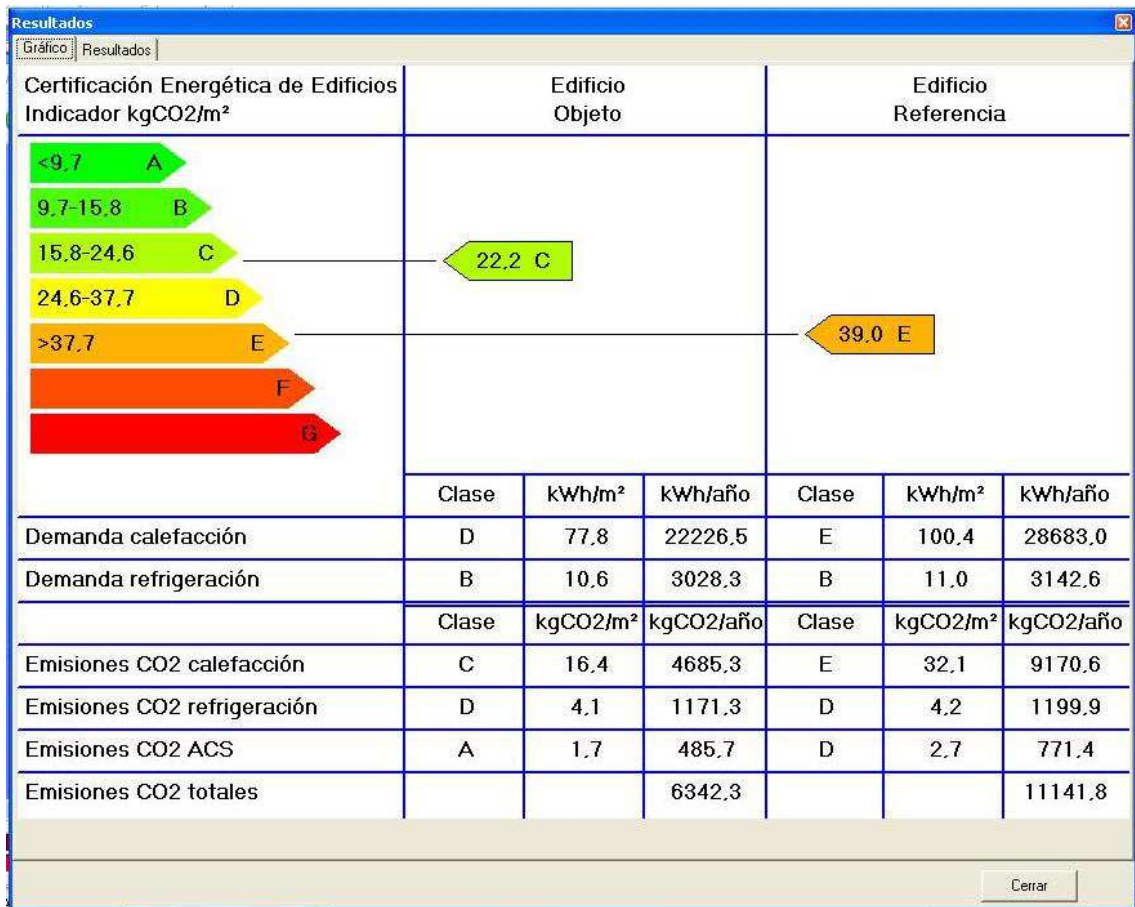
Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	80,4	22960,7	134,2	38329,8
Refrigeración	6,3	1796,5	6,5	1844,6
ACS	8,5	2430,6	12,8	3647,7
Total	95,2	27187,7	153,4	43822,1

Consumos Energía Primaria	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	81,3	23213,2	145,6	41583,7
Refrigeración	16,4	4676,2	17,1	4891,8
ACS	8,6	2457,4	11,2	3200,7
Total	106,2	30346,8	173,9	49676,2

Emisiones	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Calefacción	16,4	4685,3	32,1	9170,6
Refrigeración	4,1	1171,3	4,2	1199,9
ACS	1,7	485,7	2,7	771,4
Total	22,2	6342,3	39,0	11141,8

Cerrar

Gráfica:



CALDERA DE GAS (Suelo Radiante)

Resultados:

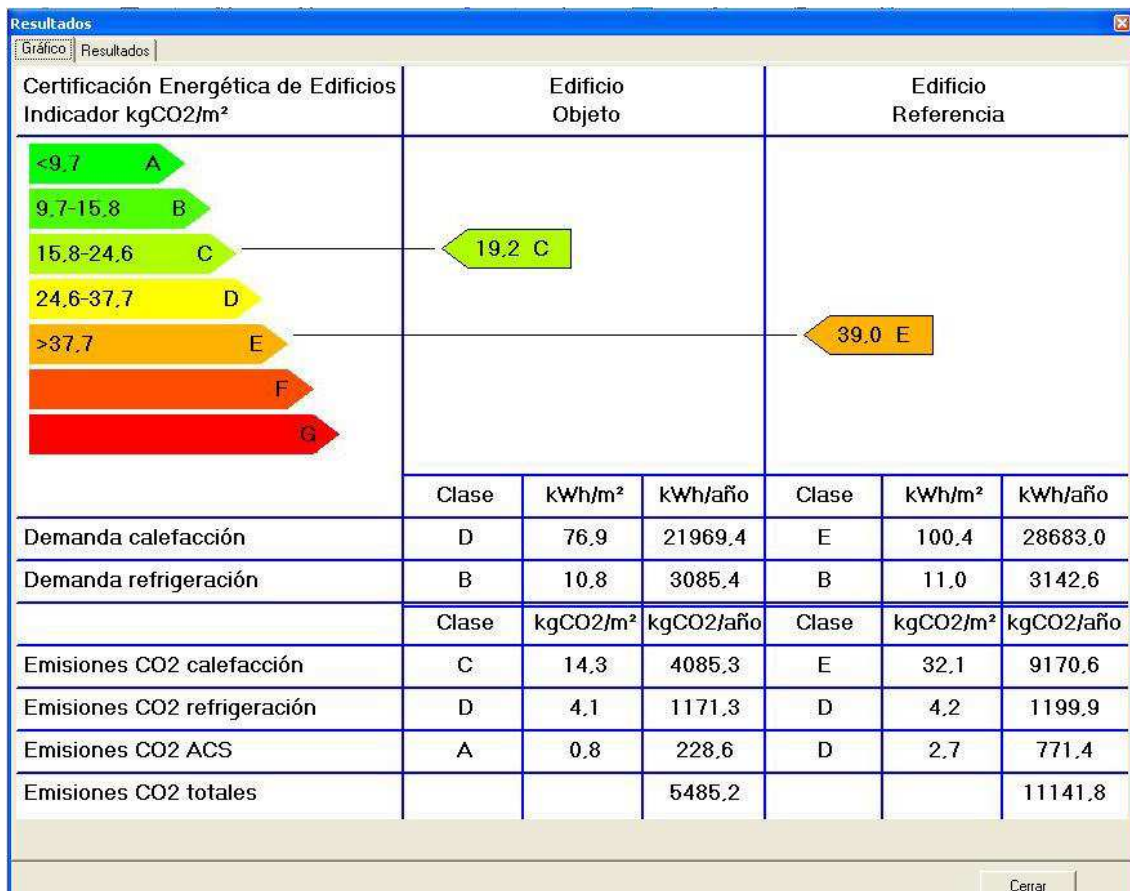
Edificio Objeto					Edificio Referencia				
Demandas	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año	
Calefacción	76,9	21969,4	100,4	28683,0					
Refrigeración	10,8	3085,4	11,0	3142,6					

Edificio Objeto					Edificio Referencia				
Consumos Energía Final	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año	
Calefacción	67,7	19347,3	134,2	38349,5					
Refrigeración	6,4	1816,0	6,4	1840,5					
ACS	3,9	1125,1	12,8	3647,7					
Total	78,0	22288,4	153,5	43837,6					

Edificio Objeto					Edificio Referencia				
Consumos Energía Primaria	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año	
Calefacción	68,9	19681,0	145,6	41605,0					
Refrigeración	16,6	4726,9	17,1	4880,9					
ACS	4,0	1137,5	11,2	3200,7					
Total	89,4	25545,4	173,9	49686,6					

Edificio Objeto					Edificio Referencia				
Emisiones	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	
Calefacción	14,3	4085,3	32,1	9170,6					
Refrigeración	4,1	1171,3	4,2	1199,9					
ACS	0,8	228,6	2,7	771,4					
Total	19,2	5485,2	39,0	11141,8					

Gráfica:



CALDERA DE CONDENSACIÓN (Radiadores)

Resultados:

Resultados

Gráfico: Resultados

Demandas	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	76,9	21969,4	100,4	28683,0
Refrigeración	10,8	3085,4	11,0	3142,6

Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	72,4	20673,2	134,2	38349,5
Refrigeración	6,4	1816,0	6,4	1840,5
ACS	4,3	1213,7	12,8	3647,7
Total	83,0	23702,8	153,5	43837,6

Consumos Energía Primaria	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	73,6	21021,5	145,6	41605,0
Refrigeración	16,6	4726,9	17,1	4880,9
ACS	4,3	1227,0	11,2	3200,7
Total	94,4	26975,4	173,9	49686,6

Emisiones	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Calefacción	15,3	4371,0	32,1	9170,6
Refrigeración	4,1	1171,3	4,2	1199,9
ACS	0,9	257,1	2,7	771,4
Total	20,3	5799,5	39,0	11141,8

Cerrar

CALDERA DE CONDENSACIÓN (Suelo Radiante)

Resultados:

Resultados

Gráfico Resultados

Demandas	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	76,9	21969,4	100,4	28683,0
Refrigeración	10,8	3085,4	11,0	3142,6

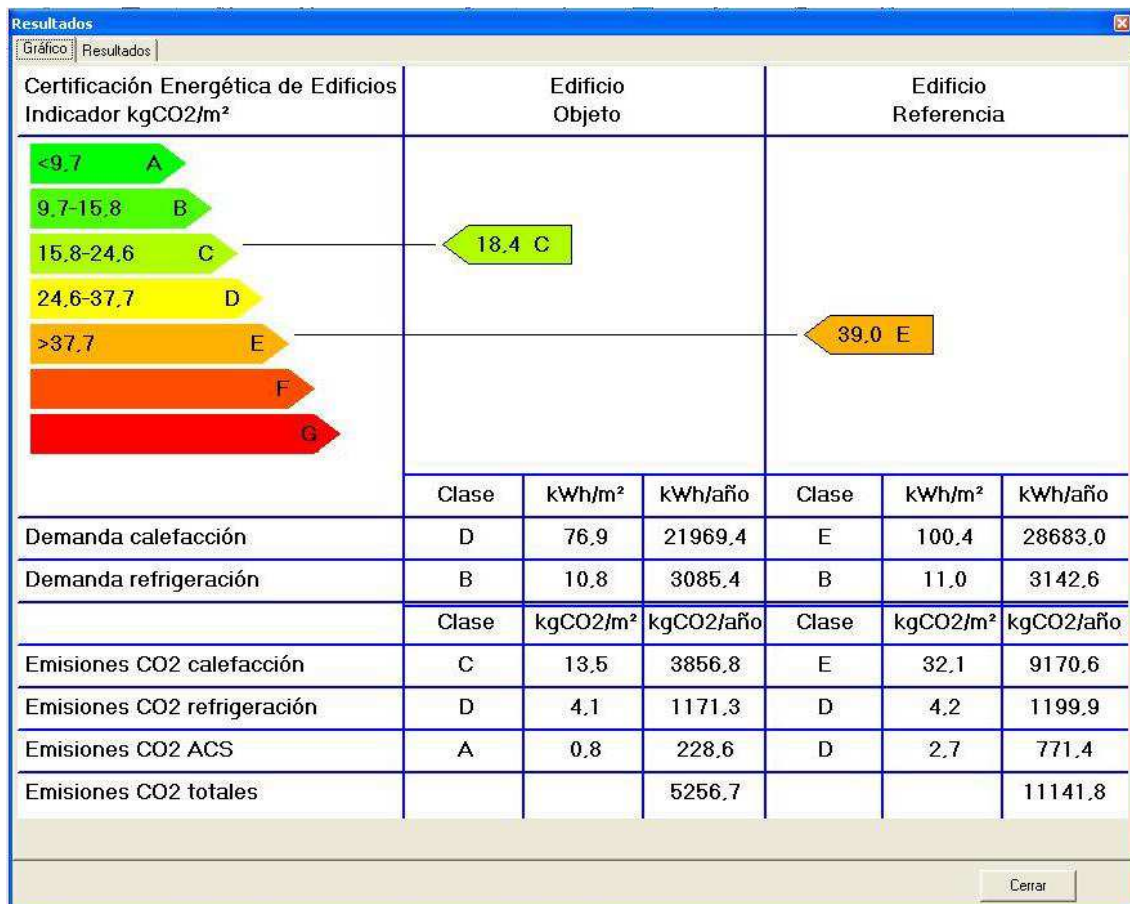
Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	63,9	18239,7	134,2	38349,5
Refrigeración	6,4	1816,0	6,4	1840,5
ACS	3,7	1057,8	12,8	3647,7
Total	73,9	21113,4	153,5	43837,6

Consumos Energía Primaria	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	65,0	18561,2	145,6	41605,0
Refrigeración	16,6	4726,9	17,1	4880,9
ACS	3,7	1069,4	11,2	3200,7
Total	85,3	24357,5	173,9	49686,6

Emisiones	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Calefacción	13,5	3856,8	32,1	9170,6
Refrigeración	4,1	1171,3	4,2	1199,9
ACS	0,8	228,6	2,7	771,4
Total	18,4	5256,7	39,0	11141,8

Cerrar

Gráfica:



CALDERA DE BIOMASA (Radiadores)

Resultados:

Resultados				
Gráfico: Resultados				
	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Demandas	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	76,9	21969,4	100,4	28683,0
Refrigeración	10,8	3085,4	11,0	3142,6
	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Final	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	101,0	28843,5	134,2	38349,5
Refrigeración	6,4	1816,0	6,4	1840,5
ACS	4,3	1213,7	12,8	3647,7
Total	111,6	31873,1	153,5	43837,6
	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Primaria	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	101,5	28983,3	145,6	41605,0
Refrigeración	16,6	4726,9	17,1	4880,9
ACS	4,3	1213,7	11,2	3200,7
Total	122,3	34923,9	173,9	49686,6
	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Emisiones	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Calefacción	1,7	485,7	32,1	9170,6
Refrigeración	4,1	1171,3	4,2	1199,9
ACS	0,0	0,0	2,7	771,4
Total	5,8	1657,0	39,0	11141,8

Cerrar

CALDERA DE BIOMASA (Suelo Radiante)

Resultados:

Resultados

Gráfico Resultados

Demandas	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	76,9	21969,4	100,4	28683,0
Refrigeración	10,8	3085,4	11,0	3142,6

Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	96,2	27487,6	134,2	38349,5
Refrigeración	6,4	1816,0	6,4	1840,5
ACS	4,0	1153,0	12,8	3647,7
Total	106,6	30456,5	153,5	43837,6

Consumos Energía Primaria	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	96,7	27627,5	145,6	41605,0
Refrigeración	16,6	4726,9	17,1	4880,9
ACS	4,0	1153,0	11,2	3200,7
Total	117,3	33507,4	173,9	49686,6

Emisiones	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Calefacción	1,7	485,7	32,1	9170,6
Refrigeración	4,1	1171,3	4,2	1199,9
ACS	0,0	0,0	2,7	771,4
Total	5,8	1657,0	39,0	11141,8

Cerrar

Gráfica:

