



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento de Economía y Administración de Empresas

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DEL CALOR DE AGUAS GRISES SANITARIAS

Grado en:

GRADO EN INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

Autor: Irene de Dios García

Tutor: Rosa María Anaya Aguilar

MÁLAGA, septiembre de 2.023





RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es el estudio de la aplicación de un sistema de aprovechamiento del calor generado en las aguas utilizadas en las duchas de las viviendas para aplicarlo en diferentes usos.

El sistema que se expondrá se basa en la idea de conseguir una mayor eficiencia energética gracias al aprovechamiento del calor ya generado para calentar el agua utilizada en la ducha, de tal manera que, tras ser desechada por el desagüe, ese calor que ya ha sido producido pueda ser reutilizado para otras funciones. Algunos de los ejemplos de aplicación que se estudiarán a lo largo de este proyecto pueden ser:

- Creación de un circuito intercambiador de calor para el calentamiento de las tuberías de agua fría.
- Creación de circuito intercambiador de calor para el calentamiento de las bombonas de propano y butano de las viviendas, consiguiendo una mayor gasificación y aprovechamiento del producto.
- Dosificación de un flujo de apoyo de agua caliente para ser conectado y abastecer sistemas de suelo radiante eléctrico e hidráulico.

Se analizarán cada una de estas posibles aplicaciones, así como sus ventajas y desventajas, eficiencia e instalación en comparación a los sistemas actuales existentes.

Esta idea se basa en el prototipo de vivienda Passivhaus, tratando de aplicar los mismos principios en la reutilización de aguas en lugar de en flujos de aire, como ocurre en el caso de este ejemplo mencionado. Se consigue de esta manera una mayor eficiencia energética de la vivienda, reduciendo la generación de calor que se necesita producir y provocando así el consecuente ahorro energético y económico.

Palabras clave: eficiencia, reutilización, energía, aguas, calor.

ABSTRACT

The main goal of this project is elaborating a study about how efficient it would be to install a wasted water heat recovery systems in real life homes.

The idea consists in using the heat from the water that showers or baths send down the drain to warm the incoming flows of new water and other applications for that heat, in order to produce a more energetically efficient system and less waste of energy and heat.

Some of the applications that will be studied in this project are:

- Creating a cycle to heat up new water for the shower or bath.
- Creating a cycle to heat up gas bottles leading to a proper vaporization.
- Using some of the water to support the installation of underfloor heating systems.

As well as installation, costs and efficiencies will also be studied to see if this process is economically and energetically worth it.

Key words: heat, flows, efficiency, water.



ÍNDICE GENERAL

| | | |
|-----------------|---|---------------|
| 1. | INTRODUCCIÓN | - 9 - |
| 1.1. | Contexto y justificación del proyecto | - 9 - |
| 1.2. | Objetivo del proyecto..... | - 11 - |
| 1.3. | Alcance del proyecto | - 11 - |
| 2. | LA EFICIENCIA ENERGÉTICA | - 12 - |
| 2.1. | El consumo energético en España | - 14 - |
| 2.2. | La eficiencia energética en España..... | - 20 - |
| 3. | NORMATIVAS Y CERTIFICACIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA..... | - 24 - |
| 3.1. | Certificaciones energéticas en la vivienda | - 25 - |
| 3.2. | Código Técnico de la Edificación | - 27 - |
| 3.2.1. | Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios | - 28 - |
| 4. | AGUA CALIENTE SANITARIA | - 30 - |
| 4.1. | Fuentes de energía para generar ACS | - 32 - |
| 4.1.1. | Fuentes de energía tradicionales | - 33 - |
| 4.1.1.1. | Gas..... | - 33 - |
| 4.1.1.2. | Gasóleo | - 35 - |
| 4.1.1.3. | Electricidad..... | - 36 - |
| 4.1.2. | Fuentes de energía renovables | - 36 - |
| 4.1.2.1. | Energía solar | - 36 - |
| 4.1.2.2. | Biomasa..... | - 37 - |
| 4.1.3. | Cálculo gasto energético | - 38 - |
| 5. | PROTOTIPO SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DEL CALOR RESIDUAL..... | - 41 - |
| 5.1. | Identificación de amenazas y oportunidades..... | - 46 - |
| 5.2. | Otros usos | - 49 - |
| 5.2.1. | Gasificación de bombonas de butano o propano | - 49 - |
| 5.2.2. | Conexión al sistema de calefacción por suelo radiante | - 51 - |
| 6. | CONCLUSIONES | - 52 - |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA | - 54 - |

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La eficiencia energética se basa en la búsqueda de la optimización del consumo energético, procurando alcanzar niveles determinados de confort y servicio de forma simultánea.

A nivel industrial, el objetivo principal es conseguir la reducción de la cantidad de energía empleada a la hora de proporcionar servicios o productos. Sin embargo, cada día toma más importancia la búsqueda de la eficiencia energética no solo a nivel industrial, sino también de manera individual en la vida de cada persona. No se trata únicamente de reducir los efectos y consecuencias del mal uso de la energía y los medios en el ámbito global o comercial, es cada día más común el aumento de la conciencia energética en todos los individuos de la sociedad.

La optimización energética de las viviendas es un gran avance en la búsqueda de soluciones al exceso de consumo de energías, y es un camino que se encuentra en desarrollo en el mundo actual. Dentro de esta línea encontramos las edificaciones denominadas Passivehaus (“casas pasivas” o “casas solares pasivas”), las cuales se tratan de construcciones más eficientes energéticamente gracias al uso de recursos de la arquitectura bioclimática.

La tecnología de este tipo de edificaciones se basa en conseguir un gran aislamiento térmico que conlleve a la menor pérdida de la climatización interior posible y, al mismo tiempo, mantener la calidad del aire en la vivienda.

El descubrimiento de estas construcciones y su tecnología gracias a la información proporcionada por un profesor en este último año de mis estudios, me llevaron a interesarme por este tema y a querer continuar ampliando mis conocimientos sobre ello, conllevando finalmente a ser una fuente de inspiración para mi proyecto final de grado. Sin embargo, he querido introducir variaciones respecto a las bases originales de las Passivehaus.

Mi padre es agente comercial de diversas marcas de grifería y productos sanitarios. Es por ello por lo que, desde temprana edad, he ido adquiriendo, en la mayor parte de las ocasiones inconscientemente, conocimientos sobre el funcionamiento de los diferentes modelos de griferías y las nuevas tecnologías que se desarrollan de manera continua para mejorar su calidad y eficiencia. Es evidente que, en los últimos años, algunas de estas modificaciones y mejoras han sido orientadas a la mejora de la eficiencia energética de sus productos, adaptándose así a las necesidades actuales del mercado y la sociedad.

Es por todo esto que he querido realizar en mi trabajo una fusión de ambos factores: métodos para conseguir una mejor eficiencia energética en las viviendas, pero en lugar de centrarme en los flujos de calor y aire, poniendo el objetivo en la mejora de los flujos de agua y el reaprovechamiento de calor generado en ellos.

Además, una cualidad que considero importante en los ingenieros del mundo actual es buscar siempre la optimización, procurando tener siempre el enfoque en la eficiencia energética, de cara al desarrollo de productos y servicios que aseguren un mundo futuro mejor.

1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO

Con este Trabajo Final de Grado se tiene como objetivo principal el estudio de un método para el aprovechamiento del calor generado para el calentamiento de aguas utilizadas en las viviendas mediante el uso del calor latente residual, de tal manera que la energía empleada en calentarla no genere un solo uso de breves segundos o minutos para ser posteriormente desechada.

El calentamiento de los flujos de agua empleadas para acciones cotidianas como lavarse las manos o ducharse, produce un consumo energético que tan solo es aprovechado los segundos que tarda el agua en su recorrido desde el grifo al desagüe.

Se buscarán y analizarán a lo largo de este proyecto, por tanto, modelos de tecnologías que logren solucionar esta problemática, además de la búsqueda e incorporación de mejoras en el caso de ser necesarias. Este análisis podrá concluir en el posible diseño de prototipos de productos que sirvan como mejoras a aquellos ya existentes o que constituyan innovaciones útiles y originales por ellos mismos.

1.3. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance de este proyecto es el análisis y estudio del consumo energético en España y la propuesta de soluciones para la mejora de la eficiencia y sostenibilidad. Para ello, se llevarán a cabo los siguientes puntos:

- a) Analizar del consumo energético en España mediante datos oficiales.

- b) Desarrollar los diferentes sistemas actuales de calentamiento de aguas sanitarias para facilitar la comprensión de su funcionamiento.
- c) Desarrollar el prototipo de sistema de reutilización de calor generado para calentar los nuevos flujos de agua entrantes.

2. LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

La apuesta por la eficiencia energética resulta cada vez más imprescindible en la actualidad debido al aumento de la presencia de la tecnología en nuestras vidas, teniendo como consecuencia el incremento de la demanda eléctrica. Además de verse incrementado el coste de la electricidad por la subida de su demanda, su generación trae otras consecuencias para el medio ambiente, como sobreexplotación de los recursos naturales y emisión de gases de efecto invernadero.

La eficiencia energética consiste en el uso de instalaciones o equipos que supongan un menor consumo energético para realizar las mismas funciones y conseguir los mismos o mejores rendimientos que aquellos menos eficientes energéticamente. Mediante este sistema, se consigue un mayor aprovechamiento de la energía y un menor derroche y empleo de recursos, reduciendo las cantidades a únicamente las necesarias.

Algunas acciones o avances actuales que sirven como ejemplo de mejora de la eficiencia energética pueden ser el aislamiento térmico de edificios para reducir el consumo de los sistemas de climatización; modelos de arquitectura que contribuyen al aprovechamiento de la luz natural, evitando así encender bombillas cuando no resulte necesario; o instalación de lámparas LED que consumen una menor cantidad de energía.

Por otro lado, la principal desventaja de la eficiencia energética es el precio elevado que pueden suponer las alternativas más eficientes respecto a las convencionales. Sin embargo, la rentabilidad a largo plazo puede resultar beneficiosa frente al desembolso inicial, aún más teniendo en cuenta la situación global actual, cambiante de manera constante, y la inmediatez de cambios y legislaciones que están comenzando a llevarse a cabo para apostar por un mundo más ecológico. Aún nos encontramos en un momento en el que apostar por la eficiencia energética, en la mayor parte de los casos, se trata de una elección personal en la que podemos decidir si llevarla a cabo o no. Sin embargo, en un futuro próximo puede tomar carácter obligatorio, y la instalación de sistemas energéticos eficientes junto con la capacidad de autoproducción mediante recursos naturales podría convertirse en un gran seguro de independencia.

Un modelo energético sostenible debe cumplir diversas características: compatibilizar unos patrones de producción y consumo que permitan de manera simultánea el desarrollo ambiental, económico y social. Se considera un sistema sostenible aquel que es capaz de satisfacer las necesidades de la población actual sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones.

Los principios básicos del modelo energético sostenible deben ser la sostenibilidad ambiental, la seguridad energética y la competitividad.

El sector energético, entendido como el “conjunto de todas las actividades económicas relacionadas con el uso de recursos renovables y no renovables para la producción, entrega y consumo de energía en sus diferentes formas”, (Yépez García, 2016, p. 4) tanto para consumo industrial como doméstico, es responsable de producir gran porcentaje de los gases de efecto invernadero. Juega un papel fundamental, por tanto, en la persecución de la sostenibilidad ambiental.

Por otro lado, los avances y legislaciones destinados a reducir el consumo energético suponen también una contribución beneficiosa para la seguridad energética, pues permiten reducir la dependencia energética exterior de los países que cuenten con tecnologías más avanzadas, aumentando así la competitividad de la economía y su crecimiento.

2.1. EL CONSUMO ENERGÉTICO EN ESPAÑA

Según la última actualización del informe de Consumos del Sector Residencial en España (2021) elaborado por la IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), tratándose éste de un organismo adscrito al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, el consumo medio de electricidad en los hogares españoles es de 3.487 kWh al año. Al dividir esta cifra para realizar un análisis mensual, se obtiene que el gasto medio por hogar en España es 290,58 kWh al mes, pudiendo resultar un dato no representativo de manera completa al existir gran variación del consumo en función de la época del año.

En este informe podemos encontrar, además, otros datos de interés y clasificaciones de los tipos de consumos en función de diferentes variables, como el tipo de vivienda, la zona geográfica o las fuentes de consumo y generación de energía.

En lo que respecta a este proyecto, analizaremos únicamente aquellas clasificaciones más relevantes que servirán para enmarcar el contexto de la eficiencia energética en el consumo y producción de aguas calientes sanitarias.

Al centrarnos en el porcentaje del consumo total según fuentes de energía, la lista está encabezada por la electricidad, representando un 35,1% de total de la producción de energía, seguida por el gas natural (24,9%) y los derivados del petróleo (22,1%).

En cuanto al consumo total según servicios, el gasto energético para agua caliente sanitaria¹ asciende hasta un 18,9% del total, siendo tan solo superado por la energía destinada a la calefacción (47%) y la consumida por los diferentes electrodomésticos (19,4%). En términos de utilización de electricidad según servicios, el ACS supone un gasto del 7,5% del gasto eléctrico total.

Sin embargo, es importante diferenciar este consumo según diferentes criterios, como la zona geográfica o el tipo de vivienda. Tomando como punto de partida los datos de la Tabla 1:

Tabla 1. Distribución de los hogares en España en el año 2021.

| | España | Unifamiliares | Pisos |
|--|------------|---------------|------------|
| Nº de hogares (viviendas ocupadas permanentemente) | 17.199.630 | 5.159.889 | 12.039.741 |

| | España | Zona Atlántica | Zona Continental | Zona Mediterránea |
|--|------------|----------------|------------------|-------------------|
| Nº de hogares (viviendas ocupadas permanentemente) | 17.199.630 | 2.253.421 | 5.782.834 | 9.163.375 |

Fuente: elaboración propia a partir de datos de *Consumos del Sector Residencial en España. (2021)* (https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf).

¹ Servicio energético para calentamiento de aguas de baños, limpieza y otras aplicaciones de cocina. Queda excluida en este grupo la climatización de piscinas.

Del total anual del consumo de los hogares en España, 14.676 ktep², las viviendas unifamiliares son responsables de 6.800 ktep, mientras que los pisos consumen 7.851 ktep. Teniendo en cuenta que el número de viviendas unifamiliares es significativamente menor que el número de pisos, se puede confirmar que el consumo energético de este primer tipo de hogar es bastante superior al resultante en los apartamentos. Estos datos se representan en la Tabla 2.

Tabla 2. Consumo por tipo de hogar en España en el año 2021.

| Unidad: ktep | España | Unifamiliares | | Pisos | |
|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| TOTAL | 14.676 | 6.800 | 46,33% | 7.851 | 53,50% |

Fuente: elaboración propia a partir de datos de *Consumos del Sector Residencial en España. (2021)* (https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf).

Por otro lado, la Tabla 3 muestra que, en el análisis del consumo energético en las diferentes zonas geográficas de la península, quedando dividida en zona atlántica, zona continental y zona mediterránea, el resultado es que aproximadamente el 45% del total de energía consumida en España corresponde a esta última área. Sin embargo, en relación a la proporción entre gasto energético y número de hogares, la zona continental lidera el ranking, seguida de la zona atlántica y, por último, la zona mediterránea.

Tabla 3. Consumo por zona geográfica en España en el año 2021.

| Unidad: ktep | España | Zona Atlántica | | Zona Continental | | Zona Mediterránea | |
|--------------|---------------|----------------|---------------|------------------|---------------|-------------------|---------------|
| TOTAL | 14.676 | 1.801 | 12,27% | 6.284 | 42,82% | 6.591 | 44,91% |

Fuente: elaboración propia a partir de datos de *Consumos del Sector Residencial en España. (2021)* (https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf).

² tep: tonelada equivalente de petróleo. Unidad de energía equivalente a lo que rinde una tonelada de petróleo, tomando un valor convencional de 11630 kWh o 41,868 x 10⁹ J.

En cuanto a lo que respecta a ACS, se realiza el análisis de nuevo atendiendo tanto a la tipología de hogar como a la zona geográfica de estudio.

España, como se indicó anteriormente, cuenta con un consumo energético total anual de 14.676 ktep. Según datos de la Tabla 4, el 18,9% del total corresponde al empleado en las actividades y equipos de ACS. La zona Atlántica, en la que representa un mayor porcentaje, destina un 21,9% del gasto de energía a estas tareas, quedando en último lugar con el menor consumo la zona continental.

Tabla 4. Consumo de energía para ACS por zona geográfica en España en el año 2021.

| Unidad: ktep | España | | Zona Atlántica | | Zona Continental | | Zona Mediterránea | |
|-------------------------|---------------|-------------|----------------|---------------|------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Agua caliente sanitaria | 2.776 | 18,90% | 395 | 21,90% | 1.091 | 17,40% | 1.291 | 19,60% |
| TOTAL | 14.676 | 100% | 1.801 | 12,27% | 6.284 | 42,82% | 6.591 | 44,91% |

Fuente: elaboración propia a partir de datos de *Consumos del Sector Residencial en España. (2021)* (https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf).

Siguiendo lo expuesto a continuación en la Tabla 5, los pisos españoles dedican más de un cuarto de la energía al calentamiento de aguas sanitarias (26%), mientras en las viviendas unifamiliares este porcentaje tan solo se trata de un 10,7%.

Tabla 5. Consumo de energía para ACS por tipo de hogar en España en el año 2021.

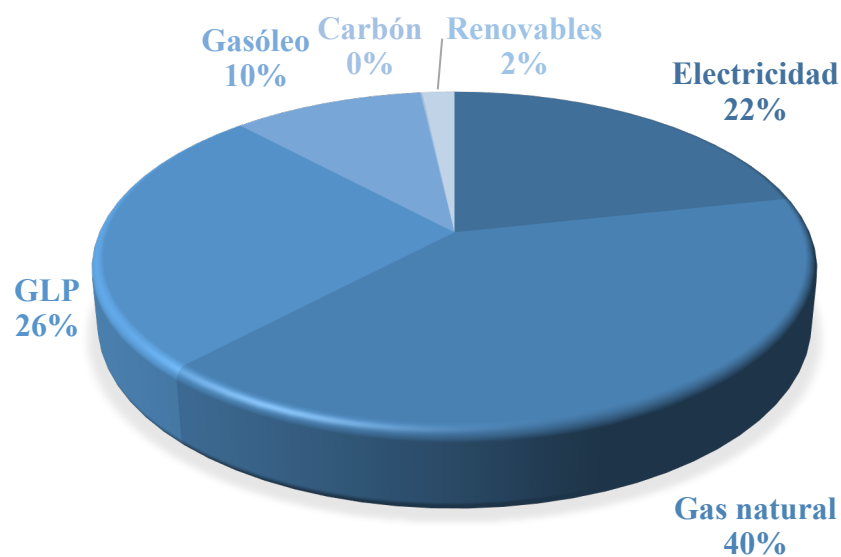
| Unidad: ktep | España | | Unifamiliares | | Pisos | |
|-------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|--------------|-------------|
| Agua caliente sanitaria | 2.776 | 18,90% | 729 | 10,70% | 2.038 | 26,00% |
| TOTAL | 14.676 | 100% | 6.800 | 100% | 7.851 | 100% |

Fuente: elaboración propia a partir de datos de *Consumos del Sector Residencial en España. (2021)* (https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf).

Además de la cantidad numérica total, resulta relevante conocer la fuente de suministro energético, en este caso para ACS.

En nuestro país, el gas natural supone la mayor fuente de suministro de energía para ACS, tratándose del 40,3% del total. Le sigue la energía generada por GLP (25,9%), electricidad (21,5%) y gasóleo (10,1%). El carbón solo representa actualmente un 0,1% en cuanto a fuente energética y es superado por las energías renovables, con un 1,7%. Las energías renovables incluyen energía hidráulica, eólica, solar, marina y biomasa entre otras, esperándose que su porcentaje se vea incrementado a lo largo de los años. Se observan estos resultados en la Figura 1.

Figura 1. Distribución de las fuentes de energía para generar ACS en España en el año 2021.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de *Consumos del Sector Residencial en España. (2021)* (https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf).

Realizando el análisis diferenciando entre las zonas geográficas del país en la Tabla 6, la zona mediterránea es la primera posicionada en el uso de fuentes de energía renovables. Esto se debe al clima presente en esta área, ya que permite el empleo de la

energía solar como fuente de energía un mayor número de días al año por su elevada cantidad de horas de luz solar recibida en comparación con el centro o norte de España.

En lo que respecta al gas natural, por los porcentajes de uso se puede deducir que la zona atlántica cuenta con una menor red de cobertura de este tipo de fuente de energía, pues representa un porcentaje muy inferior a la zona continental o la zona mediterránea.

El carbón pasa a ser una fuente de energía prácticamente en extinción, sustituida por el uso de gas o incluso gasóleo. El uso perjudicial de este elemento medioambientalmente, contribuyendo su calentamiento al aumento del efecto invernadero, lo ha convertido en el producto menos empleado en la actualidad a la hora de producir energía calorífica en las viviendas. Reducir la huella de carbono es una prioridad en el mundo actual, tanto a nivel empresarial como individual.

Tabla 6. Fuente de suministro energético de ACS en España por zona geográfica en el año 2021.

| | | España | Zona Atlántica | Zona Continental | Zona Mediterránea |
|-----|-------------------------|--------------|----------------|------------------|-------------------|
| ACS | Electricidad | 21,50% | 1,80% | 17,00% | 25,30% |
| | Gas natural | 40,30% | 4,20% | 46,60% | 36,00% |
| | GLP | 25,90% | 3,00% | 15,40% | 31,50% |
| | Gasóleo | 10,10% | 1,00% | 19,60% | 4,20% |
| | Carbón | 0,10% | 0,00% | 0,20% | 0,10% |
| | Renovables | 1,70% | 0,20% | 1,30% | 2,40% |
| | Total ACS (ktep) | 2.776 | 395 | 1.091 | 1.291 |

Fuente: elaboración propia a partir de datos de *Consumos del Sector Residencial en España*. (2021) (https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf).

El uso de energías renovables para la producción de calor dedicado al calentamiento de las aguas sanitarias está más extendido en viviendas unifamiliares que en los edificios de múltiples viviendas, tal y como se aprecia en la Tabla 7. En estos últimos, la energía eléctrica se convierte en la fuente principal, seguida del gas natural que también supera a su porcentaje en los hogares unifamiliares.

Tabla 7. Fuente de suministro energético de ACS en España por tipo de hogar.

| | | España | Pisos | Unifamiliares |
|-----|-------------------------|--------------|--------------|---------------|
| ACS | Electricidad | 21,50% | 68,30% | 22,40% |
| | Gas natural | 40,30% | 25,80% | 20,30% |
| | GLP | 25,90% | 2,60% | 7,50% |
| | Gasóleo | 10,10% | 1,70% | 43,50% |
| | Carbón | 0,10% | 0,90% | 2,90% |
| | Renovables | 1,70% | 0,80% | 3,40% |
| | Total ACS (ktep) | 2.776 | 2.038 | 729 |

Fuente: elaboración propia a partir de datos de *Consumos del Sector Residencial en España. (2021)* (https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf).

2.2. LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESPAÑA

Para contextualizar el consumo energético, resulta útil la comparación con otros países o entidades como método de contraste numérico. En este caso, se comparará España con otros países de la Unión Europea para conocer su eficiencia energética en relación con el resto de Europa.

Para ello se empleará la herramienta RISE (Regulatory Indicators for Sustainable Energy) elaborada por el Banco Mundial, siendo un conjunto de indicadores que ayudan a comparar y evaluar las políticas nacionales de los países para la consecución de sostenibilidad energética. Cuentan con más de 30 indicadores y se cubre un total de 140 países, proporcionando un punto de referencia en el que se valoran tanto la calidad de las políticas y regímenes regulatorios de sostenibilidad como su aplicación real.

Los indicadores RISE evalúan los principios de cada país respecto a cuatro pilares de la energía sostenible: el acceso a electricidad, la energía sostenible, la eficiencia energética y el acceso a la cocina limpia (para 54 países que sufren déficit de acceso a ella). El acceso a la cocción limpia, al igual que el acceso a la electricidad, se enmarca en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7, que exige alcanzar en el año 2030 la garantía de acceso a energía asequible, fiable, sostenible y moderna para toda la población mundial, en este caso solventando el problema que genera esta práctica tanto en el medio ambiente como en la salud humana.

Cada uno de estos indicadores se puntúan de forma numérica del 1 al 100, obteniendo una media de la puntuación obtenida para conseguir la calificación final del país. La nota global de España se establece en un 88 sobre 100 (Rise, 2021), obteniendo el acceso a la electricidad 100 puntos, la energía renovable 81 puntos y la eficiencia energética 83 puntos.

En el año 2021, España se posicionó como el 11º país en la lista de resultados globales a nivel mundial, superando a países vecinos como Francia y por debajo de otros como Portugal, Alemania, Canadá o Dinamarca, el cual encabeza el ranking. La Figura 2 muestra el posicionamiento de los 20 países con mejor puntuación globalmente.

Figura 2. Ranking de puntuación global de los 20 países más sostenibles energéticamente según RISE en el año 2021.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de *Rise*. (2021) (<https://rise.esmap.org/country/spain>).

Por tanto, se puede concluir que España se encuentra bien encaminada hacia la eficiencia energética. Este posicionamiento permite al país ser competente frente el resto de las naciones de su entorno, aportando beneficios económicos además de ambientales.

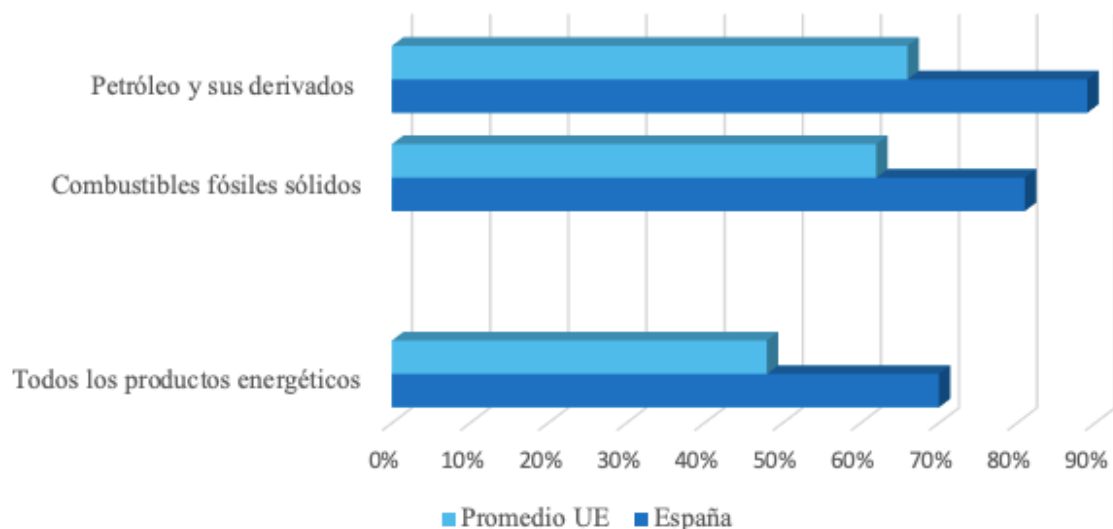
Sin embargo, otro factor a tener en cuenta para contextualizar la capacidad energética de un país es la dependencia externa que éste tiene respecto a otros países para obtener energía.

En el caso que se analiza, según el informe más reciente del Banco de España, se ha incrementado en las últimas décadas la dependencia, tanto de la Unión Europea (UE) como de España, de terceros países para la importación de productos energéticos (La dependencia energética de la Unión Europea y de España, 2019). Destacan entre estos productos el gas natural, petróleo, carbón uranio o antracita, todos ellos escasos en la Unión Europea y que resultan de difícil sustitución. Pese a que acontecimientos actuales

como la guerra de Ucrania están derivando en alteraciones de los patrones de dependencia energética dentro de la UE, se puede afirmar que España es uno de los países que presenta un mayor grado de dependencia externa, aunque sus proveedores son más diversificados. Representar una de las mayores dependencias de importaciones energéticas aumenta la vulnerabilidad del país, que se puede ver condicionado por la materialización de las tensiones geopolíticas y económicas entre naciones, sujeto a la volatilidad de los precios y al riesgo cortes de suministros.

Como se representa posteriormente en la Figura 3, en el año 2019, España importó un 70% de la energía disponible de otros países externos, superando la media europea de aproximadamente 48%. El porcentaje de petróleo y sus derivados alcanzó cerca de un 90% de importación, seguido por los combustibles fósiles sólidos con un 81%.

Figura 3. Dependencia energética de otros países en el año 2019: España y UE.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de *La dependencia energética de la Unión Europea y de España*. (2019) (<https://doi.org/10.53479/30252>)

España, con respecto a las mayores economías de la Unión Europea, sufre una mayor dependencia externa y también una mayor diversificación de sus importaciones.

3. **NORMATIVAS Y CERTIFICACIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Existen en la actualidad diversas legislaciones, certificaciones y planes de desarrollo, tanto de carácter obligatorio como opcional, que tienen como objetivo favorecer el medio ambiente mediante la eficiencia y ahorro energético de las naciones. Además de beneficios ecológicos, la obtención de certificados y sellos indicadores de garantía de sostenibilidad pueden aportar otro tipo de beneficios a los propietarios de las instalaciones que así lo reciban, pues representan una serie de ventajas administrativas y económicas como recompensa por la aplicación de prácticas eficientes ecológicamente.

En el marco europeo y global encontramos, con carácter general, medidas como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) registrados en el Pacto Mundial de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Los ODS son 17 objetivos comunes globalmente interconectados entre naciones mediante los cuales se persigue la consecución de un mundo mejor y más sostenible para todos. Además de objetivos relacionados con la igualdad o la lucha contra la pobreza o el hambre, entre otros, también se encuentran objetivos dedicados a la obtención de energía más eficiente y sostenible, considerándose por tanto uno de los pilares principales para el desarrollo del mundo futuro. Destacan en este ámbito el ODS 7 - Energía asequible y no contaminante, ODS 11 - Ciudades y comunidades sostenibles, ODS 12 - Producción y consumo sostenibles y ODS 13 – Acción por el cambio climático.

3.1. CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS EN LA VIVIENDA

Además de la industria, aproximadamente la mitad de la polución de las ciudades y cerca del 40% de las emisiones mundiales de CO₂ son generadas por el sector de la construcción y por el uso de las edificaciones existentes. Es por ello que en la actualidad existen metodologías como LEEDS (Leadership in Energy and Environmental Design System), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) o VERDE, todas ellas con el mismo objetivo.

Mientras LEEDS es la versión estadounidense, BREEAM la europea y VERDE la española, tienen como finalidad común servir como métodos de evaluación y certificación de la sostenibilidad de las edificaciones, tanto en su fase constructiva, como durante su uso y en el estudio de los residuos generados tras el fin de su vida útil. La puesta en práctica de estas herramientas permite que en la actualidad haya edificios energéticamente independientes, contruidos con materiales de bajo impacto y que resulten respetuosos con la biodiversidad. Entre los puntos que se evalúan se encuentran la eficiencia energética, para contar con el menor impacto atmosférico, y la eficiencia y aprovechamiento del agua.

En España, para la compraventa y alquiler de edificaciones es de obligado cumplimiento contar con el certificado de eficiencia energética o certificado energético del inmueble. Su obligatoriedad está regulada por el RD 390/2021, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. El responsable de obtener el certificado energético de la vivienda, oficina o local es el propietario de ésta y no contar con esta certificación en regla puede suponer multas u otros impedimentos.

El documento debe ser elaborado por un técnico competente e incluye datos sobre las características energéticas de la vivienda, como producción de agua caliente sanitaria, climatización, iluminación o ventilación. Se calcula el consumo energético que la edificación requiere durante un plazo de un año. Una vez obtenidos estos valores numéricos, se puntúa el inmueble mediante una escala energética formada por siete letras, desde la A hasta la G, siendo A la puntuación más elevada y G la representante de un peor resultado.

Figura 4. Certificado energético de la vivienda.



Fuente: elaboración propia

Existen excepciones aisladas en las que contar con una certificación energética de la vivienda no resulta obligatorio, como edificios y monumentos protegidos o edificios religiosos y de culto.

Para la compra de un edificio resulta una información de importante valor, ya que permite anticipar el gasto energético de la futura vivienda y su consecuente gasto económico. Su caducidad se produce transcurridos 10 años desde su emisión.

3.2. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

En el año 2006 llega a España el Código Técnico de la Edificación (CTE), regulado por el RD 314/2006 del 17 de marzo, por el que se aprueba este documento. Se trata de un marco normativo en el que se establecen las exigencias de calidad básicas que deben cumplir las edificaciones según los requisitos de seguridad y habitabilidad de viviendas e inmuebles.

El CTE se complementa con los Documentos Básicos (Parte II, RD 314/06 del 17 de marzo), que desarrollan las condiciones en las que se debe ejecutar los requerimientos para lograr la calidad exigida en los edificios. De entre todas las exigencias expuestas, se destacan como punto de interés para el desarrollo de este proyecto las Exigencias básicas de ahorro de energía (HE).

El Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE del CTE) comprende las imposiciones en términos de eficiencia energética y energías renovables con las que deben contar los edificios de nueva construcción y aquellos existentes en los que se llevan a cabo intervenciones.

La estructura del DB-HE queda dividida en seis partes, siendo estas:

- Exigencia básica HE0: Limitación del consumo energético.
- Exigencia básica HE1: Condiciones para el control de la demanda energética.
- Exigencia básica HE2: Condiciones de las instalaciones térmicas.
- Exigencia básica HE3: Condiciones de las instalaciones de iluminación.
- Exigencia básica HE4: Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.

- Exigencia básica HE5: Generación mínima de energía eléctrica procedente de fuentes renovables.
- Exigencia básica HE6: Dotaciones mínimas para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos.

El CTE ha sido modificado desde el 2006 a la actualidad, incorporando puntos como la Exigencia básica HE6, con el objetivo de mantener el documento actualizado, innovador y facilitar la adaptación coherente a la situación actual.

En la Exigencia básica HE4, relacionada con el objeto de este proyecto, se define que las edificaciones satisfarán las necesidades de ACS empleando en la mayor medida energía procedente de fuentes renovables, principalmente energía solar o biomasa, generada por el propio edificio o mediante la conexión a sistemas urbanos de calefacción.

La Exigencia básica HE2 se desarrolla en el documento Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), donde se busca lograr el bienestar térmico de los ocupantes de la edificación mediante las instalaciones térmicas adecuadas. En estas instalaciones térmicas se incluyen aquellas dedicadas a ACS.

3.2.1. REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS

El 20 de julio de 2007 se aprobó por el RD 1027/2007 el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE).

En él (RD 1027/2007 del 20 de julio), se establecen las condiciones a cumplir por las instalaciones de equipos y sistemas de calefacción, climatización y agua caliente

sanitaria destinados a atender la demanda térmica y conseguir un uso racional de la energía, además del bienestar térmico e higiénico de los habitantes.

Algunos de los requerimientos de eficiencia energética que se recogen en el RITE son:

- Aislar los equipos destinados a la conducción de los fluidos térmicos para disminuir pérdidas caloríficas.
- Cumplir con niveles determinados de rendimiento energético de los equipos encargados de la generación de frío y calor, además de aquellos destinados al movimiento y transporte de los fluidos.
- Incorporar subsistemas que permitan la recuperación y aprovechamiento de las energías residuales.
- Emplear fuentes de energía renovables, potenciando especialmente la energía solar y la biomasa.
- Implantar sistemas de contabilización para controlar los consumos en las instalaciones colectivas.

En las últimas actualizaciones del RITE cobran especial relevancia temas como el aprovechamiento de energías residuales, añadiendo al término eficiencia energética las características de renovables y residuales.

De cara a este último punto surgen alternativas como el District Cooling System, sistemas a penas popularizados en Europa pero que permiten reducir la emisión de gases contaminantes y disminuir la tasa de energía utilizada, todo gracias al enfriamiento de los fluidos en una estación central y su posterior distribución a las edificaciones y viviendas mediante un sistema urbano subterráneo de redes de comunicación, en lugar de realizar

este enfriamiento de forma individual en los sistemas de refrigeración de cada edificio, los cuales conllevan mayor consumo energético.

4. AGUA CALIENTE SANITARIA

ACS es el acrónimo empleado para referirse al término Agua Caliente Sanitaria, utilizado tanto en el ámbito de la calefacción como en fontanería. En lo que respecta al objeto de este proyecto, nos centraremos en el segundo caso, pues se hablará sobre los sistemas de ACS como sistemas de producción de agua caliente sanitaria utilizados en viviendas y edificios para suministrar agua caliente en tareas cotidianas como ducharse, lavarse las manos o limpiar.

La potencia requerida para calentar agua para uso doméstico puede ser superior a la necesaria para generar calor en la vivienda. El objetivo es producir agua caliente para ser utilizada en duchas, lavamanos u otros dispositivos sanitarios. Generalmente, el sistema ACS se activa de manera automática al detectar el encendido de algún grifo de agua caliente conectado a él.

El sistema de ACS está compuesto por una serie de dispositivos entre los que podemos encontrar un calentador, una bomba hidráulica, tuberías y un posible depósito de almacenamiento. La función principal es calentar el agua a menor temperatura proveniente de las redes de suministro para distribuirla a las zonas donde se requiera agua caliente.

El funcionamiento básico de un equipo de ACS es el siguiente: el agua suministrada por la red pasa por un serpentín³ que se encuentra en el interior del equipo

³ Serpentín: Tubo de forma espiral a través del que circula agua fría, caliente, refrigerante o vapor.

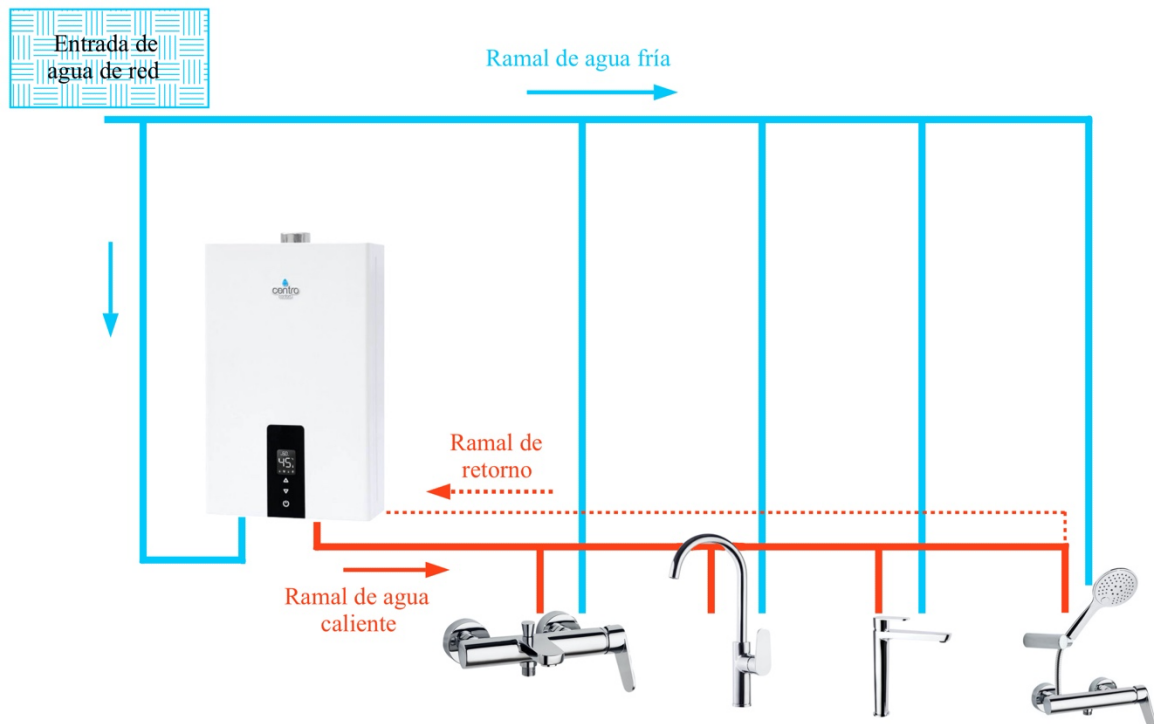
instalado en la edificación y que además está conectado a una fuente de calor. Las diferentes fuentes de calor a las que puede estar conectadas se explicaran a continuación en el presente documento. La energía generada por estas fuentes de calor da lugar al calentamiento del agua que se encuentra dentro del serpentín. El agua calentada será posteriormente enviada a los puntos requeridos, pasando antes por un termostato que permite regular la temperatura hasta alcanzar la solicitada por el usuario.

Es importante destacar que durante el transporte del flujo de agua por el sistema completo de ACS esta debe siempre tener una temperatura mínima obligatoria para cumplir con los requisitos de higiene y salud, evitando así la transmisión de enfermedades como la Legionella. Tras producir el ACS, tanto si esta va a ser acumulada como en caso contrario, el agua debe alcanzar una temperatura mínima de 60°C previamente a ser impulsada a la red de distribución. En el punto más desfavorable del circuito de retorno en su vuelta hacia la caldera, el agua no debe estar nunca por debajo de los 50°C. La temperatura de confort para el usuario final (recomendada entre los 30°C – 35°C, distinguiendo entre duchas frescas por debajo de los 25°C en verano y duchas calientes por encima de los 38°C en invierno) se alcanza justo a la entrada de los puntos de consumo, templándola con grifos mezcladores.

En las instalaciones comunes en las viviendas, lo usual es encontrar un único circuito y solo de impulsión, aunque puede existir un circuito de retorno de agua caliente a la caldera. En él se calienta el agua de suministro hasta alcanzar la temperatura segura mencionada anteriormente mediante equipos instantáneos (como calentadores de gas) o equipos de acumulación (como los termos eléctricos). En el punto de consumo se atempera a la temperatura deseada.

La Figura 5 representa el esquema general de una instalación de un sistema de ACS en viviendas.

Figura 5. Equipo ACS en viviendas.



Fuente: elaboración propia.

En instalaciones donde se requiere mayores volúmenes de agua, como hoteles, hospitales o residencias, encontramos circuito primario y secundario tanto de impulsión como de retorno y se consigue el calentamiento de agua mediante intercambiadores. Este tipo de equipos no se desarrollarán, pues nos centramos en aquellos cuyo uso sea destinado a las viviendas.

4.1. FUENTES DE ENERGÍA PARA GENERAR ACS

Existen diversas fuentes de energía que pueden ser utilizadas en los equipos de ACS, dependiendo estas del uso que se le quiera dar, el tipo de vivienda en el que se encuentren instalados o el clima de la zona geográfica en el que está situada la vivienda.

Entre la variedad de opciones, la meta es seleccionar aquella que resulte más adecuada para conseguir el confort y funcionamiento correcto de la vivienda, tratando de lograr al mismo tiempo causar los menores daños o los mayores beneficios para el medio ambiente.

4.1.1. FUENTES DE ENERGÍA TRADICIONALES

4.1.1.1. GAS

Los sistemas de ACS pueden emplear para la combustión gas natural, propano o butano.

El funcionamiento de un calentador de gas es el siguiente. En primer lugar, el termostato detecta que la temperatura solicitada por el usuario es menos que la temperatura ambiente, por lo que se activa la caldera. El flujo de gas (natural, propano o butano) se abre y este entra hasta la cámara de premezcla, donde se combina con oxígeno y se mezcla para subir al quemador. La bujía del interior del calentador provoca el encendido de la mezcla de combustible y oxígeno, y gracias a las llamas producidas, se calientan las tuberías de agua que se encuentran a su alrededor, aumentando la temperatura del agua en su interior. En las calderas de condensación, el humo es extraído por la salida de humos, pero antes vuelve a pasar cerca de las tuberías para aprovechar su calor latente. El agua resultante de la condensación es expulsada por el desagüe y el agua calentada se dirige al circuito de ACS en el que se demanda.

El gas natural, al igual que el gas propano y butano, proviene del crudo. Es un producto de origen fósil y está constituido por una mezcla de gases en la que el principal es el metano (aproximadamente un 95%). Según su origen, puede contener cantidades

variables otros alcanos como etano, butano o propano y pequeños porcentajes de gases como dióxido de carbono, helio o nitrógeno.

En cuanto a sus ventajas, el gas natural ofrece un servicio ininterrumpido, ya que se encuentra conectado a la red de gas, tiene un menor precio que el resto de los tipos mencionados, no requiere espacio de almacenamiento extra en el hogar y es más respetuoso con el medio ambiente. Por el contrario, pese a que en los últimos años se ha expandido la red de distribución de gas natural por el territorio español, aún hay zonas a las que no llegan los sistemas de este tipo de gas.

Según el objetivo que tenga su venta, el estado del gas puede alterarse mediante modificaciones en su temperatura o presión para conseguir gas natural licuado (GNL) o gas natural comprimido (GNC).

El butano y el propano son gases licuados del petróleo (GLP). Es común que las zonas que no cuenten con cobertura de gas natural cuenten con este tipo de energía en sus hogares para generar agua caliente mediante calderas de gas por condensación.

Entre ellos encontramos algunas diferencias, como la diferencia de temperatura que soportan. El butano se congela a menos de $-0,5^{\circ}\text{C}$, mientras que el propano es apto para bajas temperaturas, algo a tener en cuenta según el clima de la zona geográfica del inmueble. Además, el propano se comercializa en bombonas de 11 kg y 35 kg, resultando además más económico que el butano, y este último en bombonas de 6 kg, 12 kg o 12,5 kg. No son tóxicos, aunque no es recomendable respirarlos durante largos periodos de tiempo y tienen un rendimiento elevado en comparación con otros combustibles, pero, pese a ser energías limpias, son recursos no renovables y por tanto finitos, siendo su uso perjudicial para generaciones futuras.

Se recomienda en gas butano en zonas más cálidas y con consumos más bajos y gas propano en viviendas situadas en zonas más frías y que produzcan un alto consumo.

4.1.1.2. GASÓLEO

El gasóleo es un hidrocarburo líquido que se utiliza como combustible en vehículos y sistemas de calefacción o ACS.

La instalación de calderas de gasoil es común en viviendas aisladas a las que no llega la red de gas. En comparación con otro tipo de calderas, resultan de sencillo mantenimiento, aunque contaminan más que las calderas de gas natural o las fuentes de energía renovables, teniendo un mayor impacto medioambiental. Su precio es más elevado que el precio de fuentes como el gas natural.

Su funcionamiento es similar al de una caldera de gas. En este caso, el gasoil almacenado fluye desde el tanque de almacenamiento por un conducto hasta llegar a la cámara de combustión. El gasóleo es almacenado en estado líquido, por lo que se requiere una bomba que lo absorba del depósito y lo inyecte en la caldera. Una vez allí, el gasoil se atomiza, dividiéndose en mini partículas que, junto con los electrodos de la cámara de combustión, generan llamas controladas que calientan el intercambiador de calor. El calor producido en el intercambiador es el utilizado para calentar el flujo de agua y los humos generados son evacuados por la cámara de expulsión.

4.1.1.3. ELECTRICIDAD

La electricidad es una fuente de energía para ACS limpia y de alcance para todos. Sin embargo, económicamente, puede suponer desventajas. La volatilidad del precio de la electricidad en el mundo actual, al igual que ocurre con el gasóleo, lo convierte en una alternativa más susceptible a resultar desfavorable a los bolsillos.

Como ventaja, las calderas eléctricas presentan un mayor rendimiento, un menor mantenimiento y no generan contaminación. En el aspecto contrario, suponen contratar en el hogar una mayor potencia eléctrica, elevando el precio de la factura.

De manera general, a la caldera eléctrica se le adjunta un tanque de agua. En su parte inferior se encuentran una serie de elementos calefactores que, al pasar la electricidad a través de ellos, generarán altas temperaturas para calentar el agua. El calentamiento mediante resistencias eléctricas es el procedimiento más común de este tipo de calderas. Las resistencias eléctricas son sumergidas directamente en el tanque de agua y, al ser atravesadas por corriente eléctrica, se calientan aumentando la temperatura del agua en contacto con ellas.

4.1.2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES

4.1.2.1. ENERGÍA SOLAR

La energía solar térmica es una fuente de producción de ACS limpia y ecológica. España es un país que recibe un número elevado de horas de luz solar. Su media anual de

2.500 horas de sol lo convierte en el lugar idóneo para generar energía gracias a la instalación de placas solares. Aprovechar esta energía para el calentamiento de agua se convierte en una forma eficiente de contar con un equipo de ACS que genere grandes beneficios, siendo capaz de conseguir un 100% de efectividad e independencia de las redes de distribución.

Entre sus ventajas destacan el ahorro de energía y costes a largo plazo, la baja contaminación que generan y la larga vida útil de los equipos. Se necesitan una media de entre 2 y 4 placas solares en la instalación de una vivienda para generar ACS, dependiendo del número de habitantes y de la cantidad de consumo que generen.

Las placas solares o capadores van conectadas a un acumulador en el que se almacena el agua caliente. El sistema de distribución, en el que se encuentran las tuberías por las que fluye el agua calentada y la bomba que la impulsa por ellas, envía el ACS a los puntos de demanda.

La generación de energía mediante energía solar térmica se presenta en la actualidad, gracias a sus avances, como un medio renovable eficiente y rentable al contar con un sistema adecuado.

4.1.2.2. BIOMASA

La consecución de ACS mediante un sistema cuya fuente de energía es la biomasa, normalmente suministrada en forma de pellets, es un método que aumenta su expansión en la actualidad. Los pellets son biocombustibles sólidos elaborados a partir de la compresión de materia orgánica y que se emplean para generar bioenergía.

Es una fuente de energía limpia, barata y su principal ventaja es que, al tratarse de biomasa, su suministro siempre está garantizado y no depende de variables como el clima o la situación geográfica, a comparación de otras energías renovables como la solar o la eólica. Se emplean residuos agroforestales para transformarlos en materia prima de las termoestufas generadoras de energía.

Las termoestufas funcionan quemando el combustible y aprovechando los gases generados en la combustión para calentar las tuberías de agua hasta la temperatura necesaria.

El principal inconveniente de este método de consecución de ACS es su mantenimiento. Se trata de un combustible que los habitantes del hogar deben ir reponiendo ellos mismos de manera periódica, afectando al confort, y se requiere de un espacio extra para el almacenaje del combustible. Además, es necesario contar con una tubería o chimenea para la salida de humos, instalación que puede no encontrarse en todas las viviendas y que requiere una serie de medidas para su homologación, pudiendo perjudicar el espacio o la estética del inmueble.

4.1.3. CÁLCULO GASTO ENERGÉTICO

El cálculo del consumo de ACS de una vivienda es primordial para conocer el gasto energético, a la vez que económico, que conlleva el consumo de agua caliente. Además de que su conocimiento tiene un alto valor informativo, puede resultar obligatorio para completar y obtener algunas certificaciones energéticas. Este es el caso del certificado energético de la vivienda, pues se requiere el valor del consumo total diario de ACS medido en L/día.

Para el correcto cálculo de este dato, debemos dirigirnos al DB-HE del CTE, documento mencionado anteriormente en este proyecto. Dentro de este escrito, se anexan un conjunto de anejos con tablas, fórmulas y valores numéricos que nos permiten realizar los cálculos necesarios para cumplir con el objeto del DB-HE.

Para ayudar al cálculo del consumo de ACS en viviendas de uso residencial privado, tanto unifamiliares como plurifamiliares, se establece el Anejo F – Demanda de referencia de ACS.

Para comenzar, tal y como se establece, se considera una necesidad diaria de 28 L de agua por persona a 60° C. En segundo lugar, se deberá tener en cuenta la ocupación de la vivienda en función del número de dormitorios de acuerdo con la tabla a del anejo F del DB-HE del CTE, representada en el presente documento en la Tabla 8.

Tabla 8. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso de residencial privado.

| Nº de dormitorios | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | >6 |
|-------------------|-----|---|---|---|---|---|----|
| Ocupación | 1,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 |

Fuente: elaboración propia a partir de *Documento Básico HE. Ahorro de Energía*.
(<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DcmHE.pdf>)

En el caso de viviendas unifamiliares, basta con calcular la ocupación y multiplicarlo por la demanda media por persona establecida. Por otro lado, en el cálculo de la demanda de ACS para edificaciones que se traten de edificios plurifamiliares, será necesario aplicar un factor de centralización también normalizado en la tabla b del Anejo F, representada en el presente documento en la Tabla 9.

Tabla 9. Valor del factor de centralización en viviendas multifamiliares.

| Nº de viviendas | N≤3 | 4≤N≤10 | 11≤N≤20 | 21≤N≤50 | 51≤N≤75 | 76≤N≤100 | N≥101 |
|--------------------------|-----|--------|---------|---------|---------|----------|-------|
| Factor de centralización | 1 | 0,95 | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 0,75 | 0,7 |

Fuente: elaboración propia a partir de *Documento Básico HE. Ahorro de Energía*.
(<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DcmHE.pdf>)

Como ejemplo, en un edificio plurifamiliar en el que existen 15 viviendas, 10 de ellas con 2 dormitorios y 5 con 3 dormitorios, el cálculo a realizar es:

a) Cálculo de la ocupación.

10 viviendas × 3 personas/vivienda = 30 personas.

5 viviendas × 4 personas/vivienda = 20 personas.

Total de personas = 30 + 20 = 50 personas.

b) Considerar el consumo medio de 28 L/día por persona.

50 personas × 28 L/día por persona = 1400 L/día de demanda de ACS.

c) Aplicar factor de centralización para 15 viviendas.

1400 L/día × 0,90 = 1260 L/día de consumo final de ACS.

En el caso de edificios de uso no residencial, aunque no se detallará su explicación al salirse del ámbito de aplicación de este proyecto, se aplicará la tabla c del Anejo F, en la que se detalla la demanda orientativa de ACS para usos no residenciales, como es el caso de hospitales y clínicas, hoteles, escuelas, oficinas o gimnasios. Posteriormente, se aplicará la expresión:

$$D(T) = \sum_{i=1}^{12} D_i(T) \quad ; \quad D_i(T) = D_i(60^\circ\text{C}) \frac{60-T_i}{T-T_i}$$

Donde:

$D(T)$ – Demanda de ACS anual a la temperatura solicitada T .

$D_i(T)$ – Demanda de ACS para el mes i a la temperatura solicitada T .

$D_i(60^\circ\text{C})$ – Demanda de ACS para el mes i a 60°C de temperatura.

T – Temperatura del acumulador.

T_i – Temperatura del mes media de agua fría. Para conocer su valor debemos dirigirnos al Anejo G del DB-HE del CTE.

5. PROTOTIPO SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DEL CALOR RESIDUAL

A diario se desperdicia en todos los hogares gran cantidad de energía en forma de calor empleada en el calentamiento de aguas sanitarias.

El provecho de la energía invertida en el calentamiento de ACS tiene por lo general una corta duración ya que, por ejemplo, la energía térmica que permite calentar el agua de un lavabo para un lavado de manos tan solo tiene utilidad durante los escasos segundos que dura esta acción.

En cada ducha de agua caliente se emplea una media de 40 a 70 litros de agua a una temperatura estimada de entre 30°C a 35°C . En el caso de baños por inmersión, se produce un gasto de entre 200 y 500 litros, de igual manera a una temperatura media alrededor de los 38°C . Gestos como lavarse las manos con agua caliente pueden suponer un gasto de 12 litros de agua en el peor de los casos, en el que no se cierra el grifo adecuadamente durante los momentos en los que no resuelve necesario, y 3 litros de agua si se pone en práctica esta última recomendación. Consumos similares tienen lugar en

otras labores diarias como lavar los platos, cocinar o limpiar. El uso de un lavavajillas eficiente, pese a resultar más ecológico que lavar grandes cantidades de platos y cubertería a mano, supone un gasto de unos 10 litros de agua en cada puesta en marcha. En el caso de las lavadoras, dependiendo de su capacidad, el consumo por lavado oscila entre 42 y 62 litros para lavadoras con capacidad de carga de 7 kg y entre 39 y 52 litros para aquellas capaces de operar con 5 kg.

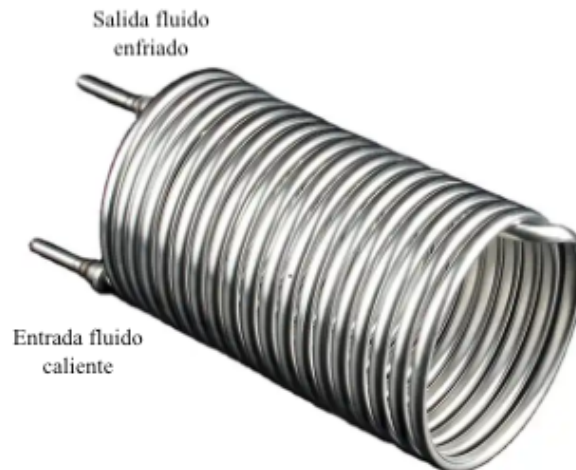
Gran parte de los volúmenes de agua empleados en los ejemplos mencionados son aguas a temperaturas elevadas, en las que han tenido que intervenir sistemas de calentamiento de ACS para lograr la temperatura requerida. Sin embargo, tras escasos minutos de uso, los flujos de agua ahora grises⁴, junto con el calor conseguido en ellos, son expulsados por los desagües desperdiciando toda la energía ya generada.

Es por ello por lo que se propone a continuación un sistema que permita reutilizar y aprovechar el calor latente presente en aguas grises sanitarias con el objetivo principal de reducir el consumo de agua y energía en los hogares.

El aprovechamiento del calor de las aguas grises sanitarias se puede conseguir gracias al montaje de un dispositivo de sencilla y económica instalación: un recuperador o intercambiador de calor de doble pared.

⁴ Aguas grises residuales: aguas provenientes de uso doméstico que proceden de duchas, bañeras o lavados. Se diferencian de las aguas negras en que su composición no está alterada y contaminada, no presentando contenido en materia fecal.

Figura 6. Recuperador o intercambiador de calor helicoidal.



Fuente: elaboración propia

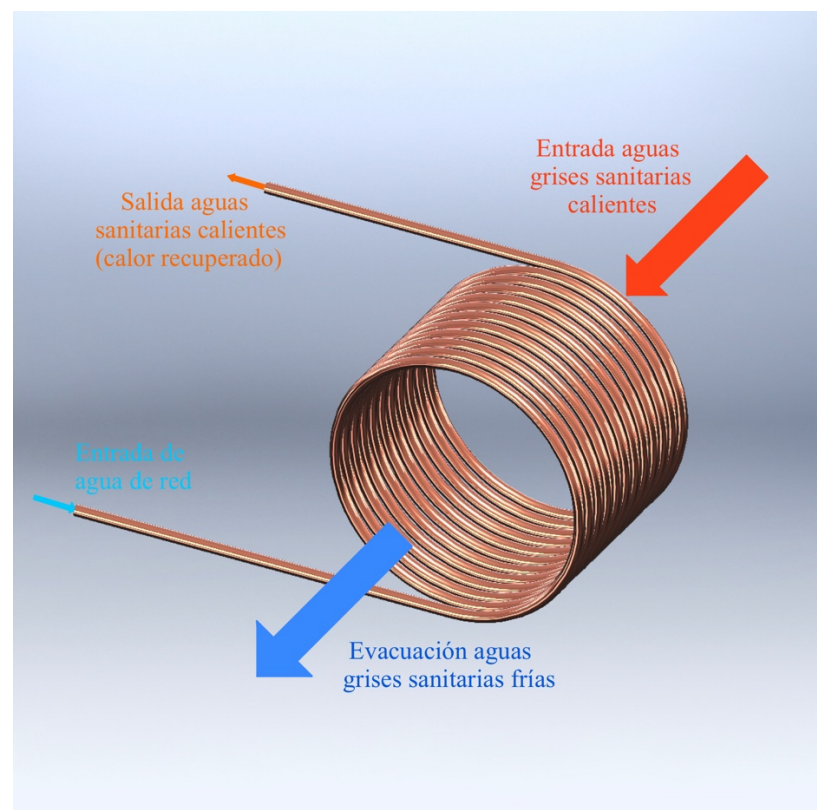
Un recuperador de calor es un equipo que permite minimizar las pérdidas térmicas y sirve como solución a diferentes exigencias de normativas energéticas. En nuestro caso, el principio de este recuperador de calor será aprovechar el intercambio de calor por conducción de los diferentes flujos de agua que intervienen.

Para ello, se instalarán de manera individualizada en red de evacuación de aguas grises, o de aguas residuales en el caso de no contar con una red separativa en la edificación, recuperadores de calor de forma helicoidal.

El diseño más efectivo para esta aplicación de los recuperadores de calor consiste en rodear un conducto de cobre a modo de tubería con otro conducto helicoidal también de cobre, siendo este un material con gran conductividad térmica. El conducto central será la tubería de recogida encargada de transportar el agua caliente residual proveniente de la actividad del hogar. A su entrada al dispositivo la temperatura será elevada, tratándose de aguas grises calientes, y al salir por el otro extremo de la tubería se habrán transformado en aguas grises

frías, derivadas de la pérdida de calor en el intercambiador. El conducto de menor diámetro que rodea a esta tubería central tendrá en su interior el agua de entrada de red, dependiendo su temperatura de diversas condiciones, como época del año, zona en la que esté situada la vivienda u otras características de los sistemas centrales de distribución de aguas.

Figura 7. Estructura funcional de un recuperador de calor.



Fuente: elaboración propia

El calor se transfiere desde las aguas grises que bajan por el conducto central hasta el agua de la red central fría, que se desplaza hacia arriba siguiendo flujo de agua que llegará hasta el punto de salida final para el usuario. Se estima que este dispositivo es capaz de elevar la temperatura de la red de agua fría de

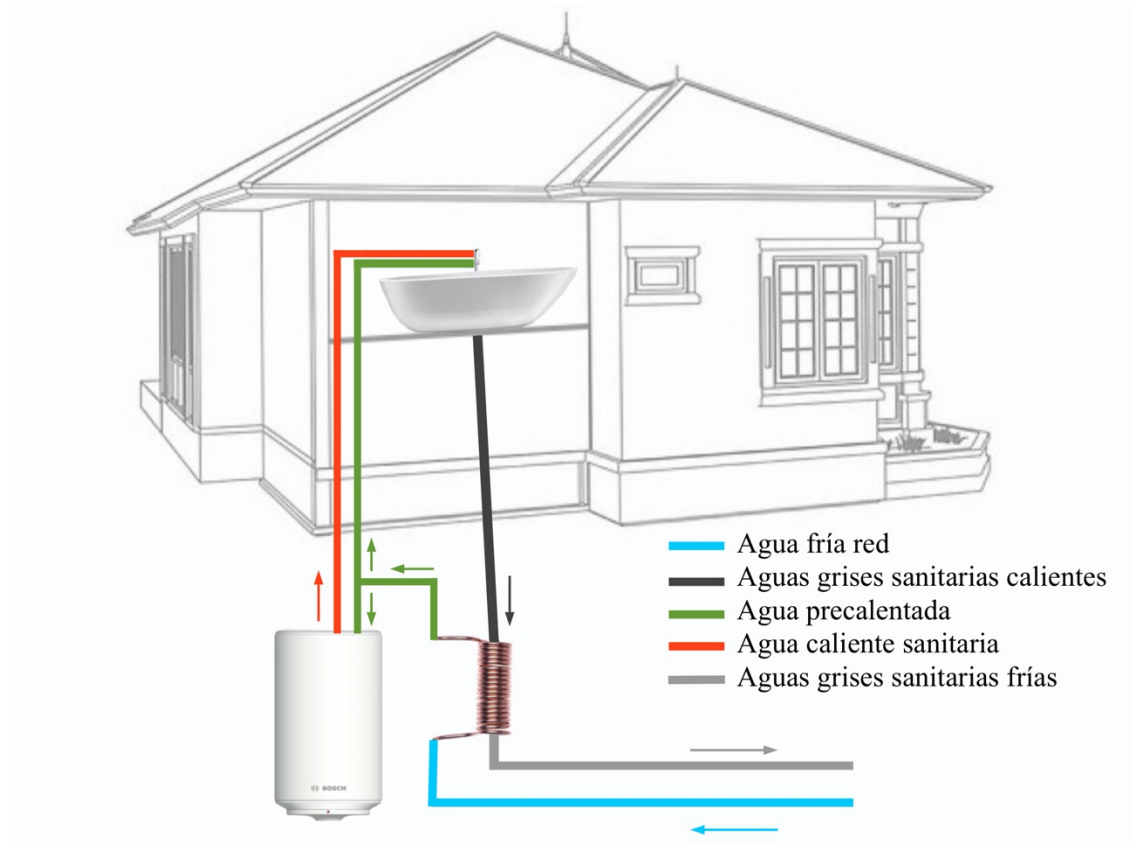
10°C hasta 25°C aproximadamente, suponiendo una menor necesidad de energía para calentar el agua entrante hasta la temperatura deseada.

Para aumentar la conducción térmica, el conducto helicoidal tendrá una sección ligeramente aplanada en la cara colindante al conducto central, aumentando así la superficie de contacto y la transmisión de calor. Además, a este propósito ayuda el fenómeno físico gracias al que el agua bajante por la tubería central, debido a la gravedad que experimenta en un descenso por un conducto de evacuación abierto, se adhiere a las paredes de la tubería, logrando la comunicación directa con la superficie de contacto entre ambos conductos.

En el caso de edificios con múltiples viviendas, se podrá instalar este sistema de manera separativa e individualizada en el tramo bajante de aguas residuales de cada domicilio. Cada una de las redes de evacuación de ACS se conectará de manera individual a un recuperador de calor y por el otro extremo,

a su salida, a una red de salida común por la que expulsar aguas grises sanitarias frías.

Figura 8. Esquema de una instalación de recuperación de calor de aguas grises sanitarias.



Fuente: elaboración propia

La instalación de estos dispositivos se convierte en una solución de alta rentabilidad para el aprovechamiento de la energía térmica del agua que, de otro modo, se perdería por la red de alcantarillado.

5.1. IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS Y OPORTUNIDADES

El sistema propuesto de recuperación de calor de las aguas residuales sanitarias representa una novedad frente a las instalaciones ya existentes. Por

ello, se requiere un estudio de su eficiencia y factibilidad antes de su puesta en marcha o salida al mercado para comprobar su viabilidad.

Para comprobar la rentabilidad de la introducción de un nuevo producto al mercado, en este caso un nuevo modelo de instalación térmica en las viviendas, resulta de gran utilidad la realización de un análisis DAFO. Un análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) es una herramienta que permite evaluar las características positivas y negativas internas del producto y una comparación con las amenazas y oportunidades externas que pueden afectar a su comercialización. Para determinar la viabilidad de la puesta en

marcha del sistema de reutilización del calor residual generado en las aguas grises sanitarias, en la Tabla 10 se realiza su análisis DAFO.

Tabla 10. Análisis DAFO del sistema de recuperación de calor de aguas grises sanitarias.

| DEBILIDADES | Medidas para eliminar o reducir | Coste/Recursos a emplear | Ventaja competitiva a obtener |
|--|--|---|---|
| Tecnología nueva en vías de desarrollo | Continuación en la investigación de la tecnología y su puesta en marcha, realizar instalaciones de prueba para comprobar las ganancias | Inversión económica en investigación y prueba de prototipos | Tecnología pionera gracias a pequeños cambios en la metodología actual |
| Factibilidad en viviendas de nueva construcción únicamente | Conversión en elementos sencillos y de fácil instalación que no requieran grandes cambios en la estructura térmica ya existente de una edificación | Inversión económica y de tiempo en investigación y nuevas vías de desarrollo del producto | Cubrir la totalidad del mercado, edificaciones nuevas y ya existentes |
| Pequeño ahorro a corto plazo | Continuidad a medio y largo plazo de la puesta en marcha del sistema de recuperación de calor para notar el ahorro energético | Inversión de tiempo para que el gasto se vuelva rentable | El ahorro energético y las pérdidas de calor resultan significativas de manera continuada |

| AMENAZAS | Medidas para eliminar o reducir | Coste/Recursos a emplear | Ventaja competitiva a obtener |
|---|---|--|--|
| Desarrollo de un sistema similar que no presente las debilidades de nuestro sistema | Continuación en la investigación de la tecnología y su puesta en marcha para solventar debilidades y proporcionar mejoras potenciales | Inversión económica en investigación y prueba de prototipos | Producto innovador y de alta eficiencia |
| Legislaciones reguladoras que limiten su uso | Cumplimiento de las medidas requeridas | Inversión económica en investigación y prueba de prototipos | Cumplimiento de las legislaciones vigentes |
| Productos sanitarios existentes que permiten ahorro de energía | Otención de ventajas diferenciadoras en el sistema de recuperación de calor de aguas grises | Inversión en I+D+i para obtener innovaciones en nuestro producto | Producto innovador y único |

| FORTALEZAS | Medidas para mantenerla | Coste/Recursos a emplear | Ventaja competitiva a mantener |
|--|--|---|--|
| Recuperación de energía y su consecuente ahorro energético y económico | Mantenimiento correcto de las instalaciones para que su funcionamiento sea el correcto | Inversión inicial en la instalación y periódicamente en su mantenimiento | Recuperación de energía limpia |
| Cumplimiento de las legislaciones de ahorro energético | Diseño e instalación del equipo cumpliendo con las normas de seguridad e higiene correspondientes que permitan generar ganancias | Inversión en investigación y desarrollo del producto para asegurar un diseño que cumpla con las medidas legales | Obtención de energía limpia e independiente en cada vivienda |
| Apoyo de la búsqueda de un mundo futuro más ecológico | Mantener la sostenibilidad en toda la vida útil del producto | Inversión en materiales que no resulten ambientalmente nocivos | Mayor segmento de mercado |

| OPORTUNIDADES | Medidas para mantenerla | Coste/Recursos a emplear | Ventaja competitiva a mantener |
|---|--|--|--|
| Sector poco cubierto | Identificación de las necesidades existentes y desarrollo de soluciones para satisfacerlas | Inversión en investigación y desarrollo del producto | Incremento en la demanda y líder del mercado |
| Mayor independencia energética en las viviendas | Investigación para lograr un sistema cada vez más eficiente que permita la mayor autoproducción de energía posible | Inversión en investigación y desarrollo del producto | Facilitar al cliente la generación de su propia energía en su vivienda |

5.2. OTROS USOS

5.2.1. GASIFICACIÓN DE BOMBONAS DE BUTANO O PROPANO

En ocasiones, se puede comprobar que en aquellas calderas en las que el combustible generador de calor es gas butano o propano, especialmente en el primer tipo, la bombona no queda completamente vacía tras el fin de su uso. Es decir, el calentador no consigue gasificar el butano restante en la bombona y

es necesario sustituirla por una nueva, quedando producto desaprovechado y suponiendo un mayor gasto.

Esto se debe a que la bombona necesita contener el gas una presión determinada para lograr expulsarlo hacia la caldera, y en pocas cantidades o bajas temperaturas exteriores esto puede resultar imposible.

Por tanto, colocar un circuito helicoidal similar al expuesto anteriormente alrededor de la bombona de butano puede contribuir a elevar la temperatura del gas en su interior. Aumentar la temperatura del gas provoca el aumento de su presión, facilitando así el ascenso por el sistema hacia la caldera y mejorando la capacidad de aprovechamiento del producto.

Figura 9. Prototipo sistema de tuberías para gasificación de bombona de butano.



Fuente: elaboración propia

5.2.2. CONEXIÓN AL SISTEMA DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE

El suelo radiante es un sistema de calefacción que permite una distribución más uniforme del calor al tratarse de un equipo instalado bajo el suelo. También presenta como ventaja un mejor resultado estético, ya que la red de calefacción está oculta bajo el suelo, techo o paredes, permitiendo una climatización invisible y ahorrando espacio en las estancias.

La fuente de energía para este tipo de sistemas de calefacción puede ser de dos tipos: suelo radiante eléctrico o suelo radiante por agua.

En el caso del suelo radiante por agua, el calor se transmite por medio de tuberías instaladas bajo el suelo y con una temperatura de impulsión del fluido de entre 30°C y 45°C. Teniendo en cuenta que el ACS es utilizada por el usuario final en la ducha a temperaturas entre 30°C y 38°C, al conectar el sistema de evacuación de aguas grises residuales al sistema de suelo radiante por agua se podría disminuir notablemente la cantidad de energía utilizada para generar la calefacción. De esta manera, se conseguiría ahorro energético y económico en las viviendas donde este sistema se encuentre instalado.

6. CONCLUSIONES

El cambio climático y sus consecuencias es una de las cuestiones de mayor importancia en la actualidad. El aumento de las temperaturas, los fenómenos climáticos adversos, la escasez de agua, el agotamiento de los recursos, la polución presente en el aire que respiramos, la desaparición progresiva de la fauna y la flora naturales o la aparición de nuevas enfermedades son solo algunos de los efectos que hoy en día conocemos y por los cuales estamos siendo afectados.

La industrialización, el transporte, el alto ritmo de producción o el consumo excesivo son algunas de las causas principales del cambio climático. El ritmo de vida de la sociedad actual, cada vez más exigente y caprichosa en la consecución de aquello que desea, sin importar cómo conseguirlo ni los efectos futuros causados en ello; la cultura de consumo, potenciada por las grandes empresas y organizaciones que consiguen crear en la mente de nos individuos nuevas necesidades para potenciar el gasto masivo de recursos económicos y productivos, convirtiéndolo en el único medio para alcanzar la satisfacción personal y la aceptación social; las nuevas tecnologías, acompañadas de la irresponsabilidad en su uso, en los primeros momentos de su aparición debido al desconocimiento de sus posibles perjuicios y más adelante por el egoísmo de anteponer la comodidad al bien común. Resultan innumerables las acciones humanas que han transformado al mundo en su versión menos limpia y

saludable. El gran problema que conlleva esta situación es la irreversibilidad de ciertos daños.

Sin embargo, la conciencia ecológica y visibilidad del estado actual del mundo está calando en los últimos años progresivamente en la sociedad. Es por ello por lo que grandes organizaciones como la Organización de las Naciones Unidas (ONU) han puesto en marcha planes de desarrollo cargados de medidas y objetivos enfocados en conseguir un desarrollo más sostenible. Existen medidas y legislaciones a nivel mundial, nacional e incluso local que velan por mantener un ritmo de vida más ecológico y aumentar la concienciación. El mensaje de sostenibilidad debe integrarse tanto en las políticas empresariales como en la conciencia personal de cada individuo, asegurándose así que se aporta cada grano de arena posible para lograr su puesta en práctica.

Es labor de investigadores, científicos e ingenieros, entre otros, poner a disposición de la sociedad soluciones ecológicas y al mismo tiempo eficientes que al ser implantadas colaboren con la misión y los valores de la sostenibilidad. Por ello, en este proyecto se realiza un análisis del sector energético en España, exponiendo además finalmente posibles mejoras y diseños ecológicos que contribuyan a este objetivo.

Mediante la implantación de sistemas como el aprovechamiento del calor latente de las aguas grises sanitarias para ayudar a calentar el agua fría proveniente de la red de suministro, se cumplen directrices de reglamentos como el RITE o el DB-HE del CTE.

Un ejemplo de ello es el Artículo 12 (Eficiencia energética, energías renovables y energías residuales), del Capítulo II del RD knkn, en el que se

establece que los sistemas de producción térmica deben estar diseñados de tal forma que se mejore su eficiencia energética y se reduzcan las emisiones de efecto invernadero y otros contaminantes. Se consigue mediante instalaciones eficientes energéticamente que permiten la recuperación de energía y el uso de energías residuales, como ocurre en los prototipos propuestos en este proyecto. Es en el punto 6 de este mismo artículo donde se expone la exigencia de que las instalaciones y equipos térmicos deberán incorporar elementos que permitan el ahorro, recuperación y aprovechamiento de la energía residual.

Pese a poder parecer una pequeña ganancia de energía, la puesta en práctica continuada de estos métodos puede suponer grandes beneficios energéticos y económicos en las viviendas.

7. BIBLIOGRAFÍA

Arnabat, I. (2023, 4 de agosto). Estufas y caldera de pellets para radiadores y

ACS. *caloryfrio.com*. <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/biomasa/caldera-pellets-para-radiadores-estufas-hidroestufas.html>

Balteanu, I., & Viani, F. (2023). La dependencia energética de la Unión Europea y de

España. *Boletín Económico*. <https://doi.org/10.53479/30252>

BREEAM. *El certificado de Construcción Sostenible*. (n.d.) <https://breeam.es/>

Cómo funciona un calentador de agua para ducha: una guía para principiantes.

(n.d.). https://www.fontanerialucero.es/como-funciona-un-calentador-de-agua-para-ducha-una-guia-para-principiantes/?expand_article=1

Cómo funciona una caldera de

gasoil. (n.d.). <https://www.tuandco.com/aprendeymejora/como-funciona-una-caldera-de-gasoil/#:~:text=Funcionamiento%20de%20una%20caldera%20de%20gasoil,-Como%20en%20el&text=Una%20vez%20en%20la%20c%C3%A1mara,y%20produce%20unas%20llamas%20controladas>

Cómo funciona una caldera eléctrica. (n.d.) <https://www.toolydo.com/como-funciona-caldera-electrica/>

¿Cuál es el consumo medio de electricidad en

España? (n.d.). <https://www.bankinter.com/blog/finanzas-personales/consumo-medio-electricidad-hogar#:~:text=El%20gasto%20medio%20de%20electricidad,seg%C3%BAn%20la%20%C3%A9poca%20del%20a%C3%B1o>

Díez, G. (2019, 15 de enero). Cómo ahorrar agua y energía creando sistemas de retorno en instalaciones sin retorno.

CONSTRUIBLE. <https://www.construible.es/comunicaciones/comunicacion-ahorrar-agua-energia-creando-sistemas-retorno-instalaciones-sin-retorno>

Endesa. (2019, 7 de agosto). Qué es el certificado de Eficiencia energética y cómo conseguirlo. *Endesa.* <https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/climatizacion/certificado-eficiencia-energetica-vivienda>

España. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. *Boletín Oficial del Estado*, 29 de agosto de 2007, núm. 207. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/07/20/1027/con>

España. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. *Boletín Oficial del Estado*, 28 de marzo de 2006, núm. 74. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-5515&p=20220615&tn=2>

España. Real Decreto 390/2021, de 1 de junio, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. *Boletín Oficial del Estado*, 2 de junio de 2021, núm. 131. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-9176>

Gámez, M. J. (2022, 24 de mayo). Objetivos y metas de Desarrollo sostenible. *Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

GBCE. *Certificación VERDE*. (n.d.). <https://gbce.es/certificacion-verde/>

Gobierno de España. Ministerio de Transportes, movilidad y agenda urbana. (s.f.). *Documento básico HE. Ahorro de energía*. (n.d.). <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DcmHE.pdf>

Gobierno de España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *Rite – Reglamento instalaciones térmicas en los edificios*. <https://energia.gob.es/Eficiencia/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>

Insostenibilidad del sistema energético y vías de solución - Energía y sociedad. (n.d.). <https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/1-6-insostenibilidad-del-sistema-energetico-y-vias-de-solucion/>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. Gobierno de España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (s.f.). *Código Técnico de la Edificación*.

<https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/codigo-tecnico-de-la-edificacion>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. Gobierno de España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2021). *Consumos del Sector Residencial en España*.

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf

Portillo, S. R. (2023, 3 de marzo). Qué es la eficiencia energética: definición y ejemplos. *ecologiaverde.com*. <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-eficiencia-energetica-definicion-y-ejemplos-2804.html>

Preguntas frecuentes sobre instalaciones de ACS. (n.d.). <https://hydronik.es/preguntas-frecuentes/>

Propanogas. (2015, 11 de mayo). Te contamos qué son los gases GLP, cuáles son sus ventajas, sus desventajas y cómo puedes usar autogás o instalar butano y propano en tu vivienda. Gas GLP. *Propanogas*. <https://propanogas.com/faq/gas-licuado>

Propanogas. (2021, 12 de noviembre). Conoce los precios de las calderas de gas natural con instalación. Descubre cómo funcionan, que componentes tienen y qué mantenimiento requieren. Tipos de calderas de gas. *Propanogas*. <https://propanogas.com/alternativas/gas-natural/equipamiento/calderas>

¿Qué es la certificación LEED? (n.d.). <https://www.certicalia.com/certificacion-leed/que-es-la-certificacion-leed>

¿Qué es la eficiencia energética? - Energía y sociedad.

(n.d.). https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/1-1-que-es-la-eficiencia-energetica/#_ftnref1

¿Qué significa el modo ACS? (n.d.). <https://www.fontanerialucero.es/que-significa-el->

[modo-](https://www.fontanerialucero.es/que-significa-el-modo-)

[acs/?expand_article=1&expand_article=1&expand_article=1#:~:text=ACS%20s](https://www.fontanerialucero.es/que-significa-el-modo-acs/?expand_article=1&expand_article=1&expand_article=1#:~:text=ACS%20s)

[ignifica%20Agua%20Caliente%20Sanitaria,de%20calor%20para%20la%20casa](https://www.fontanerialucero.es/que-significa-el-modo-acs/?expand_article=1&expand_article=1&expand_article=1#:~:text=ACS%20s)

RISE. (n.d.). <https://rise.esmap.org/country/spain>

Saludable, V. (2017, 11 de junio). Las principales fuentes de energía para

ACS. *Vivienda Saludable.* <https://www.viviendasaludable.es/ahorro->

[hogar/agua/fuentes-energia-para-acs/amp](https://www.viviendasaludable.es/ahorro-hogar/agua/fuentes-energia-para-acs/amp)

Soriano Rull, A. (2016, 12 de diciembre). Recuperación de calor en instalaciones de

evacuación de aguas residuales y grises en

edificios. *www.proinstalaciones.com.* <https://www.proinstalaciones.com/articulo>

[s/tecnico/378-recuperacion-de-calor-en-instalaciones-de-evacuacion-de-aguas-](https://www.proinstalaciones.com/articulo/s/tecnico/378-recuperacion-de-calor-en-instalaciones-de-evacuacion-de-aguas-)

[residuales-y-grises-en-edificios](https://www.proinstalaciones.com/articulo/s/tecnico/378-recuperacion-de-calor-en-instalaciones-de-evacuacion-de-aguas-residuales-y-grises-en-edificios)

Villasur, S. (2023, 9 de agosto). Placas solares agua: funcionamiento y

precios. *Roams.* <https://energia.roams.es/energia-renovable/energia-solar/placas->

[solares-](https://energia.roams.es/energia-renovable/energia-solar/placas-solares-)

[agua/#:~:text=Placas%20solares%20para%20agua%2C%20%BFcu%C3%](https://energia.roams.es/energia-renovable/energia-solar/placas-solares-)

[A1ntas%20necesito%3F&text=Para%20un%20consumo%20medio%20necesita](https://energia.roams.es/energia-renovable/energia-solar/placas-solares-)

[remos,niveles%20de%20ahorro%20muy%20interesantes](https://energia.roams.es/energia-renovable/energia-solar/placas-solares-)



Yépez-García, A. (2016, 5 de agosto). *El sector energético: oportunidades y desafíos*.

[https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/El-sector-energético-](https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/El-sector-energético-Oportunidades-y-desaf%C3%ADos.pdf)

[Oportunidades-y-desaf%C3%ADos.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/El-sector-energético-Oportunidades-y-desaf%C3%ADos.pdf)