

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍA  
DE MINAS Y ENERGÍA

## TRABAJO FIN DE GRADO

***ESTUDIO DEL CONSUMO  
ENERGÉTICO DE UN BLOQUE DE  
VIVIENDAS SITUADO EN ALTAMIRA  
(BILBAO)***

***DOCUMENTO 1 - MEMORIA***

**Alumno/Alumna:** González de Audicana, Amatria, Paul Mikel

**Director/Directora:** Azkorra Larrinaga, Zaloa

**Curso:** 2017-2018

**Fecha:** 24-07-2018

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

1º Documento - Memoria

## ÍNDICE

### 1. MEMORIA

<b>1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1. Justificación del Proyecto</b>	<b>1</b>
1.1.1.1. Definición del problema	1
1.1.1.2. Situación en la Comunidad Autónoma Vasca (CAPV) y en la Comunidad Foral Navarra (CFN)	2
1.1.1.3. Alternativas y soluciones a esta situación	3
1.1.1.4. Ahorro energético en Edificación	5
1.1.1.5. Conclusión del capítulo	6
<b>1.1.2. Objeto del Proyecto</b>	<b>6</b>
<b>1.1.3. Situación y Emplazamiento</b>	<b>8</b>
1.1.3.1. Climatología	10
1.1.3.2. Descripción del edificio	11
<b>1.1.4. Estudio de Alternativas</b>	<b>21</b>
1.1.4.1. Energía Solar Térmica	22
1.1.4.2. Instalación Solar Térmica para Agua Caliente Sanitaria (ACS)	23
1.1.4.2.1. FUNCIONAMIENTO	23
1.1.4.2.2. Sistemas de una instalación Solar Térmica	25
1.1.4.2.3. Los circuitos: Primario, secundario y terciario	27
1.1.4.2.4. Los componentes de una instalación solar térmica	28
1.1.4.2.5. Componentes de Seguridad	34
1.1.4.2.6. Seguridad en instalaciones solares térmicas	37
1.1.4.2.7. Higiene en instalaciones solares térmicas	38
1.1.4.2.8. Ventajas de la instalación solar térmica.	39
1.1.4.2.9. Desventajas de la instalación solar térmica.	40
1.1.4.3. Sistema de calefacción mediante biomasa	41
1.1.4.3.1. Biocombustibles sólidos.	42
1.1.4.3.2. Biocombustibles líquidos.	49
1.1.4.3.3. Biocombustibles gaseosos	50
1.1.4.3.4. Instalaciones para el aprovechamiento de la biomasa	51
1.1.4.3.5. Ventajas del sistema de biomasa	55
1.1.4.3.6. Desventajas del sistema de biomasa	56
1.1.4.3.7. Consideraciones finales	57
<b>[19]</b>	<b>58</b>
<b>1.1.5. Descripción del Proyecto</b>	<b>58</b>
1.1.5.1. Instalación térmica para ACS	59
1.1.5.1.1. Captador solar escogido	60



1.1.5.1.2. Sistema de acumulación seleccionado	61
1.1.5.1.3. Vaso de expansión seleccionado	62
1.1.5.1.4. Sistema de control seleccionado	63
1.1.5.1.5. Sistema de apoyo o sistema auxiliar	65
1.1.5.2. Instalación de Biomasa	65
1.1.5.2.1 Caldera a emplear:	65
1.1.5.2.2. Combustible a emplear:	67
1.1.5.2.3. Chimenea y conducto de humos	68
1.1.5.2.4. Silo de pellets	68
<b>1.1.6. Plan de Obra</b>	<b>69</b>
1.1.6.1. Fases del proyecto	69
<b>1.1.7. Resumen del presupuesto</b>	<b>74</b>
<b>1.1.8. Normativa y legislación</b>	<b>76</b>
<b>1.1.9. Bibliografía</b>	<b>82</b>
<b>1.2. MEMORIA JUSTIFICATIVA</b>	<b>86</b>
<b>1.2.1. Cálculo de la Instalación Solar Térmica</b>	<b>86</b>
1.2.1.1. Datos de inicio:	86
1.2.1.1.1. Zona climática:	87
1.2.1.2. Contribución solar mínima	88
1.2.1.3. Demanda energética de ACS:	88
1.2.1.4. Cálculo de la instalación:	93
1.2.1.5. Cálculo de la cobertura solar. Método F-Chart.	96
1.2.1.5.1. Energía teórica aprovechable	98
1.2.1.5.2. Cálculo del parámetro D1:	102
1.2.1.5.3. Cálculo del parámetro D2:	105
1.2.1.5.4. Cálculo de la cobertura solar:	109
1.2.1.6. Cálculo de pérdidas	111
1.2.1.6.1 Cálculo de las pérdidas por colectores	111
1.2.1.6.2. Pérdidas por orientación e inclinación:	112
1.2.1.6.3. Pérdidas por sombras:	113
1.2.1.6.4. Pérdidas totales:	113
1.2.1.7. Sistema de acumulación:	113
1.2.1.8. Sistema de intercambio	114
1.2.1.9. Fluido de trabajo:	115
1.2.1.10. Red de tuberías:	117
1.2.1.11. Pérdidas de carga	119
1.2.1.11.1. En las tuberías:	120
1.2.1.12. Aislamiento térmico en tuberías:	122
<b>1.2.2. Calculo De Las Necesidades Energéticas De Calefacción:</b>	<b>128</b>
1.2.2.1 Pérdidas por conducción o transmisión:	129



1.2.2.1.1. Pérdidas por conducción de suelo:	_____	132
1.2.2.1.2. Pérdidas por conducción de la cubierta:	_____	133
1.2.2.1.3. Pérdidas por conducción en fachada exterior:	_____	134
1.2.2.2. Cálculo de perdidas por ventilación:	_____	137
1.2.2.3. Pérdidas por infiltración	_____	143
1.2.2.4. Pérdidas totales:	_____	144
1.2.2.5. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE CALDERA NECESARIA:	_____	144
1.2.2.6. Caldera de biomasa:	_____	145
1.2.2.7. Calculo del volumen del silo de pelets	_____	146



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivos y etapas del proyecto	8
Tabla 2: Superficies de la vivienda A de la planta baja	13
Tabla 3: Superficies de la vivienda B de la planta baja	13
Tabla 4: Superficies de la vivienda C de la planta baja	14
Tabla 5: Superficies de la vivienda A de la primera planta	16
Tabla 6: Superficies de la vivienda B de la primera planta	16
Tabla 7: Superficies de la vivienda C de la primera planta	17
Tabla 8: Superficies de la vivienda A de la segunda planta	19
Tabla 9: Superficies de la vivienda B de la segunda planta	20
Tabla 10: Superficies de la vivienda C de la segunda planta	20
Tabla 11: Resumen de combustibles sólidos de biomasa	49
Tabla 12: Datos del combustible seleccionado para la calefacción de biomasa	67
Tabla 13: Horas distribuidas en la 1ª fase del proyecto	70
Tabla 14: Horas distribuidas en la 3ª fase del proyecto. Montaje	71
Tabla 15: Tabla resumen del presupuesto de Ejecución Material	74
Tabla 16: Tabla resumen del presupuesto de Contrata	75
Tabla 17: Tabla resumen del presupuesto total	75
Tabla 18: Radiación solar global media diaria anual. Del CTE DB-HE 4	87
Tabla 19: Contribución solar mínima de ACS	88
Tabla 20: Demanda de ACS de referencia a 60°C	89
Tabla 22: Factor de centralización según el número de viviendas	90
Tabla 21: Número de personas por dormitorios en viviendas. CTE DB-HE4	90
Tabla 23: Demanda mensual de ACS para el bloque de viviendas	91
Tabla 24: Demanda energética de ACS	93
Tabla 25: Energía en megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes	100
Tabla 26: Corrección del parámetro k para una latitud de 43º. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de baja temperatura.	101
Tabla 27: Radiación Incidente	102
Tabla 28: Cálculo de D1	105
Tabla 29: Cálculo de K2	108
Tabla 30: Cálculo de D2	109
Tabla 31: Cálculo de la fracción de carga mensual	110
Tabla 32: Pérdidas máximas permitidas por el CTE DB-HE 4	111
Tabla 33: tabla de valores de congelación en función del % en glicol	116
Tabla 34: Diámetros internos y externos para tuberías de cobre[13]	119
Tabla 35: Espesores mínimos de aislamiento en tuberías interiores según el RITE	122
Tabla 36: Espesores mínimos de aislamiento en tuberías exteriores en edificios según el RITE	123
Tabla 37: Tabla de coeficiente de expansión del agua	127
Tabla 38: Temperaturas mínimas de la localidad	128
Tabla 39: Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con aire exterior	131
Tabla 40: Propiedades y transmitancia total del suelo	132



<i>Tabla 41: Tabla de propiedades y transmitancia total de la cubierta</i>	<u>133</u>
<i>Tabla 42: Propiedades de la fachada y la transmitancia total</i>	<u>134</u>
<i>Tabla 43: Superficie de ventanas en fachada exterior</i>	<u>135</u>
<i>Tabla 44: Datos para la ventilación de la vivienda A en planta baja</i>	<u>138</u>
<i>Tabla 45: Datos para la ventilación de la vivienda B en planta baja</i>	<u>138</u>
<i>Tabla 46: Datos para la ventilación de la vivienda C en planta baja</i>	<u>139</u>
<i>Tabla 47: Datos para la ventilación de la vivienda A de la primera planta</i>	<u>139</u>
<i>Tabla 48: Datos para la ventilación de la vivienda B de la primera planta</i>	<u>140</u>
<i>Tabla 49: Datos para la ventilación de la vivienda C de la primera planta</i>	<u>140</u>
<i>Tabla 50: Datos para la ventilación de la vivienda A de la segunda planta</i>	<u>141</u>
<i>Tabla 51: Datos para la ventilación de la vivienda B de la segunda planta</i>	<u>141</u>
<i>Tabla 52: Datos para la ventilación de la vivienda C de la segunda planta</i>	<u>142</u>



## ÌNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2: Ubicación del edificio [4]</i>	9
<i>Figura 3: Localización del edificio[4]</i>	9
<i>Figura 4: Distribución de la planta baja del edificio</i>	12
<i>Figura 5: Distribución de la primera planta del edificio</i>	15
<i>Figura 6: Distribución de la segunda planta del edificio</i>	18
<i>Figura 7: Distribución de la planta bajo cubierta del edificio</i>	19
<i>Figura 8: Esquema de una instalación solar térmica</i>	24
<i>Figura 9: Características del captador escogido</i>	61
<i>Figura 10: Interacumulador Vertical Combinado 600 litro de Chromagen [10]</i>	62
<i>Figura 11: Vaso de expansión SAG 18</i>	63
<i>Figura 12: Sistema de control TDS 100</i>	64
<i>Figura 13: Caldera Biomasa Policombustible GG35K [12]</i>	67
<i>Figura 14: Silos de pellets</i>	68
<i>Figura 15: Pérdidas por orientación e inclinación</i>	112



eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

1º Documento - Memoria

# **1. MEMORIA**

## **1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **1.1.1. Justificación del Proyecto**

#### **1.1.1.1. Definición del problema**

En la actualidad, más del 80% del suministro mundial de energía proviene de los combustibles fósiles, dos tercios de la fuerza eléctrica es producida por ellos y casi el 100% del transporte dependen de ellos. Hoy en día nos encontramos con tres grandes dificultades: en primer lugar la de asegurar el suministro energético (con el consiguiente problema del agotamiento de los recursos naturales), por otro lado el cambio climático favorecido por los gases de efecto invernadero, con la importancia de los productos fósiles, y por último la tensión entre la creciente demanda de energía y la reducción en la intensidad producción.

“La huella ecológica” es un indicador del impacto de la actividad humana sobre el medio ambiente definida como "el área de territorio ecológicamente productiva (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población determinada con un nivel de vida específico de forma indefinida, sea donde sea que se encuentre esa área". Los estudios sobre la huella ecológica de señalan que ésta superaba, en 2009, la capacidad productiva del planeta en un 47% mostrando cómo se destruyen los recursos naturales y se deteriora el medio ambiente.[2]

La sostenibilidad está muy relacionada con la energía y se habla de “la huella de carbono de una actividad”, que es: *"la superficie boscosa necesaria para neutralizar las emisiones de CO2 de origen humano a que da lugar dicha actividad"*.

Esta supera la mitad de la huella ecológica total y equivale a más de tres cuartas partes de la superficie bioproductiva de la tierra. Lo que apunta al agotamiento de las reservas energéticas fósiles y un cambio climático que amenaza la civilización occidental.[2]

#### 1.1.1.2. Situación en la Comunidad Autónoma Vasca (CAPV) y en la Comunidad Foral Navarra (CFN)

Tomando como medida el PIB per cápita nos encontramos con que la capacidad productiva de la Comunidad Autónoma del País Vasco (a partir de ahora definida como CAPV) y de la Comunidad Foral de Navarra (a partir de ahora definida como CFN), está muy cerca de la Alemana, superando significativamente la media española y la europea. Al analizar el consumo de energía primaria per cápita se puede apreciar como estamos por encima de la media Europea y Española, con índices superiores a los Alemanes en consumo eléctrico, lo cual se puede explicar por la industrialización; pero en la CFN el consumo del transporte es un 90% superior al europeo y un 30% en el caso de la CAPV y ambas superan a los Alemanes en el gasto energético de los edificios residenciales y de servicios, sin embargo, estamos en un territorio muy pequeño, con alta densidad y con un clima muy favorable y adecuado lo cual nos indica que podría haber un gran margen de mejora. [1]

Estos datos apuntan a que la realidad productiva y de consumo energético de la CAPV y la CFN están más próximos a los europeos que a los españoles y como consecuencia sus niveles de emisiones de GEI son superiores a los del Estado y de Europa.

Este elevado consumo de energía, que no está justificado, choca con que en la CAPV somos energéticamente muy dependientes, tenemos una tasa de autoabastecimiento muy baja; un aprovechamiento de los flujos de energía renovable muy limitado y, en gran parte, sostenido por energía importada

(generalmente de los biocarburantes); y también tenemos sectores con modelos de explotación y mantenimiento no sostenibles (biocombustibles, sector del papel y derivados).

La situación de contraste entre el gasto energético y la situación de producción e industrialización en CAPV indica la necesidad de una intervención para reducir esta diferencia. Una de estas intervenciones puede ser la de reducción de consumo y de la eficiencia energética de las edificaciones, que suponen una parte importante del total del consumo.[17]

### 1.1.1.3. Alternativas y soluciones a esta situación

Actualmente no parece que exista una solución total a estos problemas, si no que habría que poner en marcha diversos procesos que ayuden a reducir estas dificultades. Se plantean diversas intervenciones que se pueden agrupar en tres grandes estrategias: el aprovechamiento de los flujos de energías renovables; la educación energética y la eficiencia energética. Además este tipo de intervenciones no son excluyentes, sino que se pueden complementar.

Con respecto a las energías renovables la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo relativa al fomento del uso de energías procedentes de fuentes renovables, dice: *"El Consejo Europeo de marzo de 2007 reafirmó el compromiso de la Comunidad con el desarrollo de la energía procedente de fuentes renovables, a escala de la Unión, más allá de 2010. Aprobó el objetivo obligatorio de alcanzar una cuota del 20 % de energía procedente de fuentes renovables en el consumo total de energía de la UE en 2020"*. La directiva se apoya en que la electricidad de fuentes renovables es más elevada en el consumo que en el suministro.[3]

La actuación hacia el modelo energético variado y diversificado es una necesidad real, aunque esto requiera grandes inversiones y apoyos a la

investigación, los avances en el ámbito del aprovechamientos de los flujos de energías renovables siguen avanzando aunque con problemas.

Ante esas dificultades ha surgido otra línea de intervención: La educación energética, que está ocasionada por el efecto negativo sobre el medio ambiente del uso inadecuado de las fuentes de energía , y se ha visto promocionada por que dirige el comportamiento de las personas hacia el futuro, lo que conlleva un freno al crecimiento en el consumo de las energías no renovables y a la concienciación.

La educación energética pretende como acción importante el ahorro de energía, por lo que es una buena acción para contribuir al ahorro económico que supone reducir el gasto de energía, a cuidar el planeta, por las mejoras que promueve y, además, impulsa otros sistemas energéticos que pueden cubrir las necesidades básicas de los países más pobres.

Estas ideas de ahorro energético van calando en la población, los gobiernos y las empresas, lo que impulsa una tercera estrategia: La eficiencia energética, que tiene tres ventajas generales, la inmediatez, el bajo coste y que si se aplicada bien, puede reducir la emisión de gases de efecto invernadero de hasta un 43% durante los próximos veinte años.

La Comisión Europea considera que la estrategia de la eficiencia energética es la metodología más adecuada para equilibrar demanda con la producción energética y reducir la emisión de gases de efecto invernadero e incita a sus estados miembros a que asuman el compromiso de reducir, desde 1990 en un 20 % el consumo de energía primaria. De acuerdo con estas ideas el Estado Español en su Ley de Economía Sostenible de 2011, contiene 16 artículos, que tratan de la eficiencia y el ahorro energético, como medio de reducir el gasto energético artículos que impulsan un Proyecto de Ley de Eficiencia Energética y Energías Renovables. [3]

#### 1.1.1.4. Ahorro energético en Edificación

El ahorro energético en la edificación está dentro de la estrategia de eficiencia energética y tiene como objetivos principales el ahorro de energía y la contención de la demanda. Pretende que los edificios consigan un consumo de energía casi nulo o el menor posible gracias a medidas de eficiencia y la integración de las energías renovables.

La crisis de 2007/08 ha afectado al sector de la construcción, sin embargo este sigue teniendo una gran importancia en la economía de los países, se calcula que en el Valor Añadido Bruto (VAB) en la UE para el año 2013 la construcción representaba el 5,7%. En el Estado en 2007 llegó a alcanzar el 11% y, actualmente, se sitúa en torno al 8,5%. En la CAPV el peso de la construcción sobre el VAB llegó al 10,6% en 2007 y actualmente está en el 6,1%.

El consumo energético de los edificios tiene un peso importante sobre el consumo total de energía. La media europea señala que el 40% del consumo energético corresponde a los edificios y el 26,7% en concreto a las viviendas [19]. Según el IDAE (Instituto de Diversificación y Ahorro Energético) en el Estado el consumo energético en los edificios es casi el 30% y el 18,6% corresponde a las viviendas (2015) señala que en la CAPV el peso del consumo de la edificación roza el 20% y El 11% de la energía final consumida se corresponde con el sector residencial.

Por consiguiente se puede señalar que la estrategia de la eficiencia energética en la edificación es una estrategia adecuada para hacer frente al reto energético actual. Concretando más según indica el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2010-2020 debe ser prioritaria la intervención sobre los sectores con más dificultad para enfrentarse al problema, llamados como los "sectores difusos", constituidos por infinidad de pequeñas unidades no conectadas económicamente, las viviendas familiares.[17] [2]

#### 1.1.1.5. Conclusión del capítulo

Actualmente vivimos en un momento en el que empieza a ser necesaria la implantación de medidas de ahorro energético, no solo por su ahorro económico individual, sino también por el ahorro energético a nivel global y por consiguiente la reducción de los gases de efecto invernadero. La optimización y buena gestión de los recursos que nos ofrece el planeta tienen que ser cada vez más regulados y usados de una mejor forma, con el fin de poder seguir creciendo de una manera sostenible y concienzuda. Además de ser posiblemente, en un futuro a corto-medio plazo, un generador de empleo y reactivador del sector en nuestra sociedad moderna.

Teniendo en cuenta todo lo señalado anteriormente y con intención de cuadrar las estrategias definidas en un caso concreto y real, se pretende justificar mediante el presente proyecto el objetivo del ahorro energético en la edificación, teniendo como principales ventajas la no necesidad de una gran inversión, con costes razonables y la relativa simpleza de actuación en el marco de la eficiencia energética en la edificación.

#### **1.1.2. Objeto del Proyecto**

Este Trabajo de Fin de Grado (TFG) se ha desarrollado con un objetivo: estudio del consumo energético de un bloque de viviendas, y con ello la reducción del consumo de energía procedente de fuentes convencionales. Para ello, dentro de las alternativas existentes, se decide el uso de energías renovables. Así pues se va a calcular, diseñar y dimensionar una instalación solar térmica con paneles solares para el suministro de Agua Caliente Sanitaria (ACS), y de otra instalación calefacción mediante una caldera de biomasa, la cual servirá a su vez de apoyo auxiliar a la instalación solar térmica.

Es un trabajo que se basa en el estudio energético en un edificio concreto y existente en el barrio Bilbaíno de Altamira, al que se van a incorporar una serie de

actuaciones con el fin mencionado, en el ámbito de la eficiencia energética en la edificación. Mediante la implantación de dichas instalaciones se pretende mejorar la situación anterior de la vivienda, optimizando así el consumo energético y reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Para alcanzar este objetivo se han de desarrollar una serie de estudios, cálculos e intervenciones, a las que denominaríamos etapas del proyecto y que responden a un objetivo parcial cada una de ellas, cuyo cumplimiento nos acercará al objetivo concreto. A continuación se mostrará una tabla con un resumen de estos.



OBJETIVO PARCIAL	ETAPA DEL PROYECTO
Conocer la demanda energética del edificio de ACS y calefacción	Recoger información referida a la demanda energética de ACS y calefacción del edificio seleccionado, analizarla e interpretarla
Seleccionar los sistemas más adecuados de ACS y calefacción que utilizan energías renovables	Estudio de sistemas de ACS y de Calefacción que utilizan energías renovables
Conocer con precisión las instalaciones que se van a implantar	Calcular las capacidades y dimensiones de los sistemas seleccionados para satisfacer la demanda del edificio seleccionado
Conocer las condiciones para la instalación requerida	Estudiar las condiciones de la instalación siguiendo el pliego de condiciones técnicas para dichas instalaciones
Establecer el Plan de medidas de seguridad y salud para llevar a cabo la instalación	Estudiar las condiciones de Seguridad y Salud requeridas por la instalación siguiendo la normativa vigente
Conocer los costes de la instalación	Estudios económico de los costes de la instalación requerida

**Tabla 1: Objetivos y etapas del proyecto**

### 1.1.3. Situación y Emplazamiento

El edificio objeto del proyecto es 1 bloque de 9 viviendas, ubicado en el barrio Bilbaíno de Altamira. Concretamente corresponde al número 157 de la carretera Basurto-Castrejana, C.P.48002, Bilbao, Bizkaia. A unos 3 Km del centro de la villa. Se considera una zona residencial.

Las coordenadas geográficas (de un punto intermedio) son las siguientes:

- Latitud: 43° 15' 40" N
- Longitud: 2° 57' 41" O

A continuación se muestran dos imágenes de la ubicación del bloque:

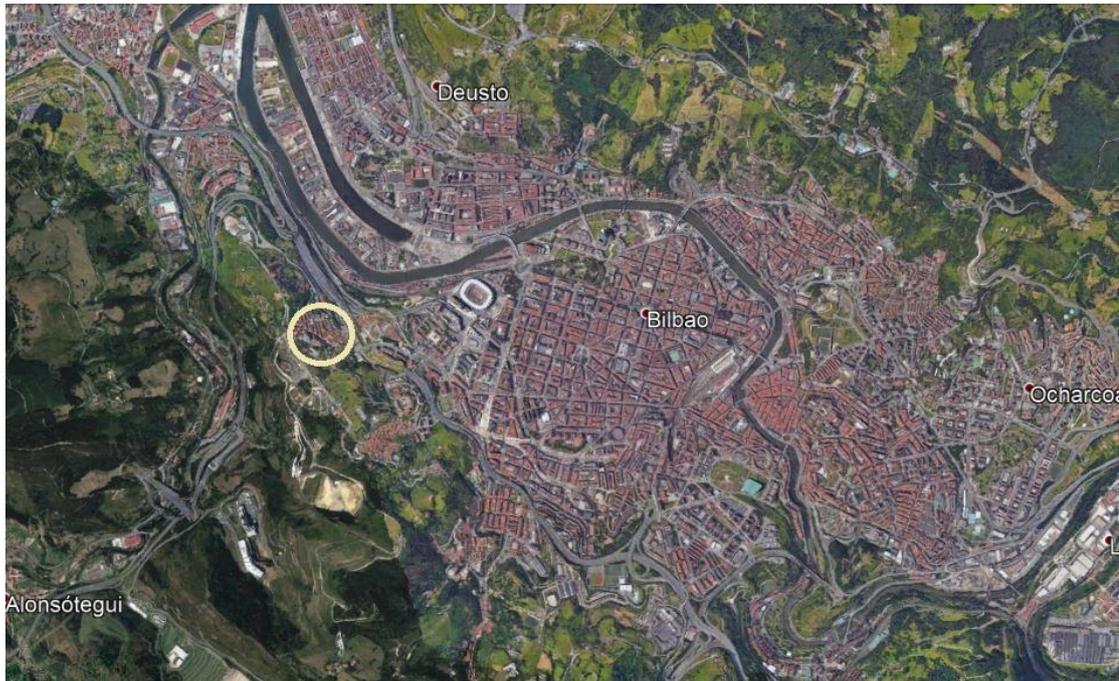


Figura 1: Ubicación del edificio [4]

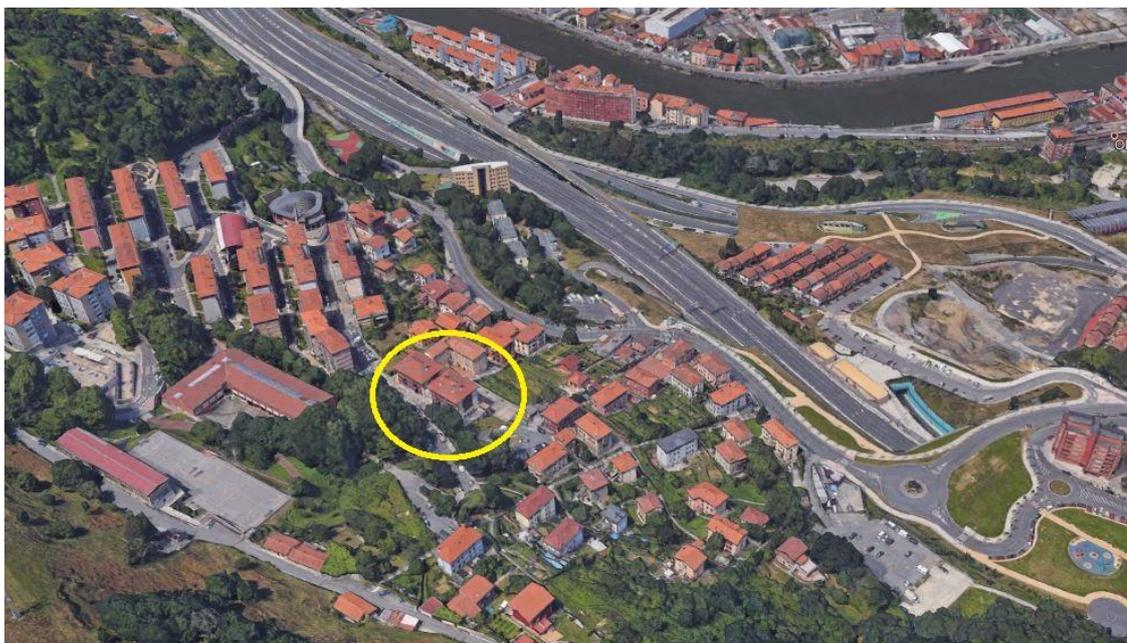
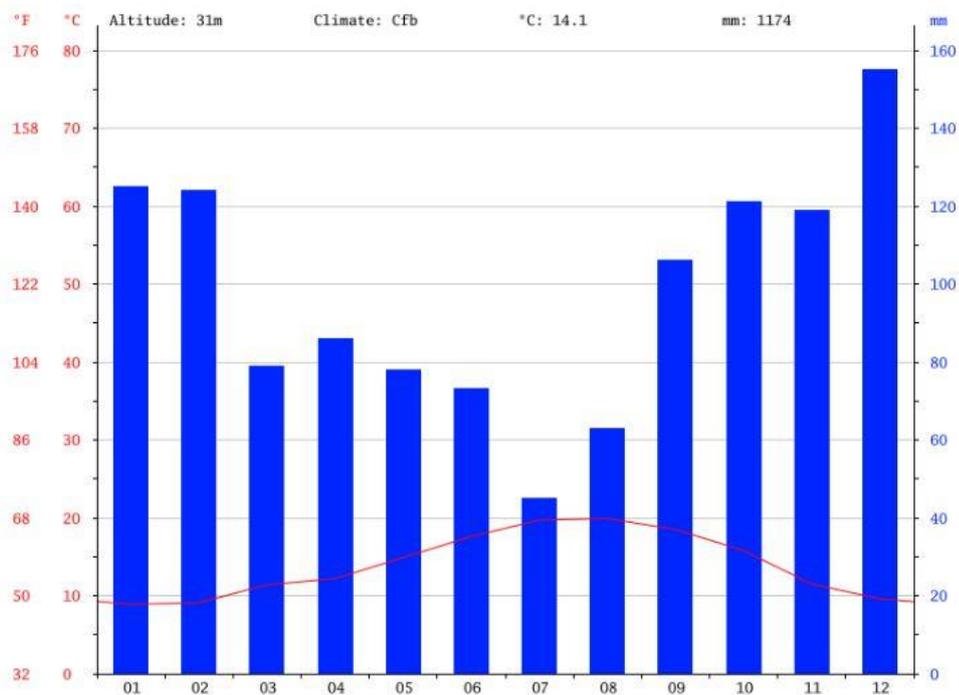


Figura 2: Localización del edificio[4]

### 1.1.3.1. Climatología

El clima en Bilbao es templado y húmedo. La clasificación del clima según Köppen-Geiger es Cfb (clima oceánico templado). La temperatura en la capital Bizkaína es en promedio 14.1 ° C. Dado que está a no más de 15 km de la costa su clima es suave, sin contrastes térmicos muy marcados entre estaciones: 8°C de temperatura media en invierno y 20°C en verano. El promedio de las precipitaciones es de 1174 mm. Esto indica que hay una gran cantidad de lluvia durante el año, incluso para el mes o los meses más secos. Predominan los vientos del oeste, suavizando las temperaturas y favoreciendo un tiempo templado durante todos los meses del año. [6]



**Gráfica 1: Gráfico de las precipitaciones y de las temperaturas mensuales de Bilbao. Fuente [7]**

### 1.1.3.2. Descripción del edificio

El edificio en cuestión es un edificio de 9 viviendas, ubicado en el barrio Bilbaíno de Altamira. Concretamente corresponde al número 157 de la carretera Basurto-Castrejana, C.P.48002, Bilbao, Bizkaia. A unos 3 Km del centro de la villa. Se ubica en una zona residencial. Para la elaboración de este proyecto se considera que los vecinos de este bloque vivirán los 12 meses del año. Según el CTE DB-HE 4, el cual indica que puede habitar 1,5 personas en viviendas de un dormitorio y 3 personas en una vivienda de 2 dormitorios, se puede determinar el número de personas que habitan, siendo el resultado final de 21 personas.

El bloque de viviendas ha sido construido en el año 2006 y tiene unas dimensiones en base de 17,50m x 13,20m, abarcando un área total construida de 231m<sup>2</sup>. La altura desde la cota del portal hasta la parte alta de la cubierta es de 13,54m, pero la altura de alero es de 10,35m.

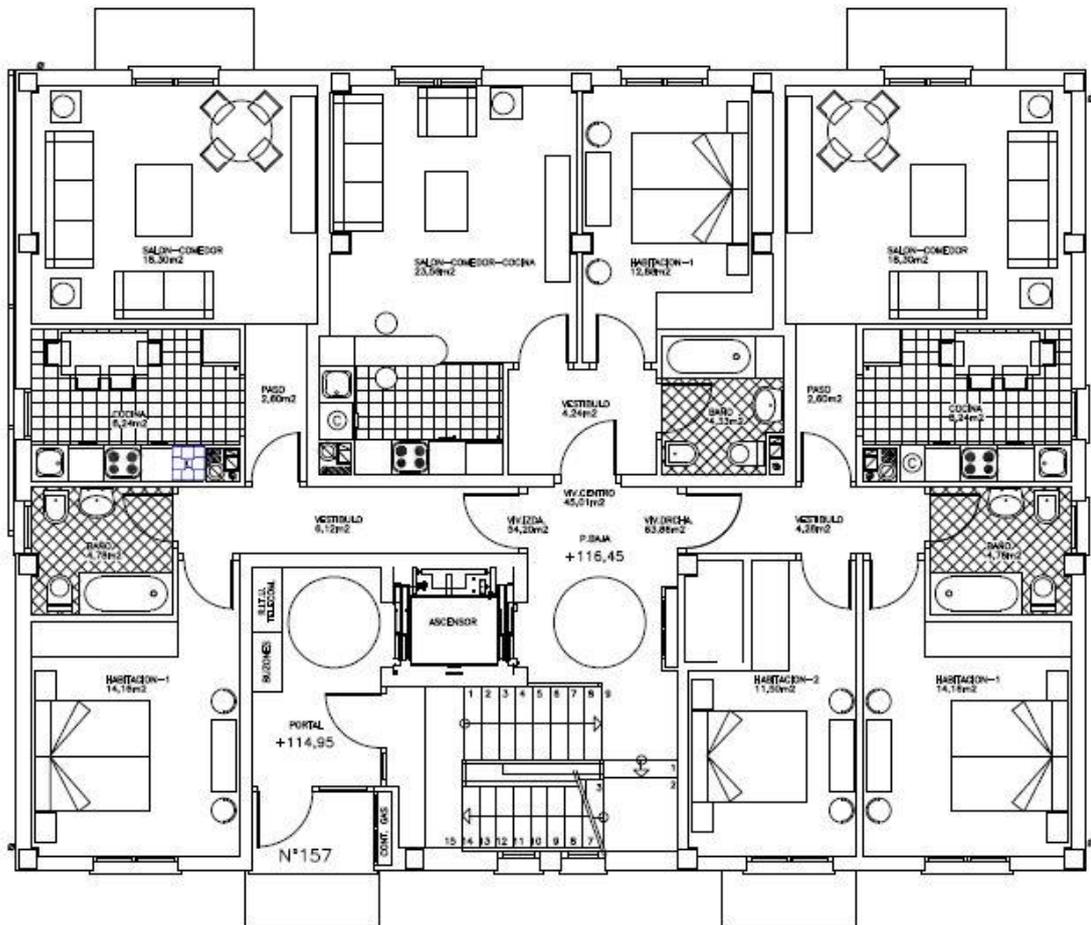
El edificio está asentado en una ladera de pendiente cercana al 20% a una altitud media de 111,5m sobre el nivel del mar.

A continuación se definirán las plantas del edificio:



### PLANTA BAJA:

A continuación se puede apreciar un esquema de la distribución de la planta baja de la vivienda. La cual contiene 3 viviendas, A, B y C con el siguiente reparto. Se han calculado para esta planta un total de 6 personas.



**Figura 3: Distribución de la planta baja del edificio**



<b>Vivienda A / Planta Baja</b>			
	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>Vestíbulo</b>	6,12	2,53	15,4836
<b>Pasillo</b>	2,6	2,53	6,578
<b>Cocina</b>	8,24	2,53	20,8472
<b>Salón-Comedor</b>	18,3	2,53	46,299
<b>Habitación 1</b>	14,16	2,53	35,8248
<b>Baño</b>	4,78	2,53	12,0934
<b>Total</b>	54,2		

**Tabla 2: Superficies de la vivienda A de la planta baja**

<b>Vivienda B / Planta Baja</b>			
	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>Vestíbulo</b>	4,24	2,53	10,7272
<b>Salón-Comedor-Cocina</b>	23,56	2,53	59,6068
<b>Habitación 1</b>	12,88	2,53	32,5864
<b>Baño</b>	4,33	2,53	10,9549
<b>Total</b>	45,01		

**Tabla 3: Superficies de la vivienda B de la planta baja**



<b>Vivienda C / Planta Baja</b>			
	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>Vestíbulo</b>	4,28	2,53	10,8284
<b>Pasillo</b>	2,6	2,53	6,578
<b>Cocina</b>	8,24	2,53	20,8472
<b>Salón-Comedor</b>	18,3	2,53	46,299
<b>Habitación 1</b>	14,16	2,53	35,8248
<b>Habitación 2</b>	11,5	2,53	29,095
<b>Baño</b>	4,78	2,53	12,0934
<b>Total</b>	63,86		

**Tabla 4: Superficies de la vivienda C de la planta baja**





<b>Vivienda A / Primera Planta</b>			
	Superficie (m2)	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>Vestíbulo</b>	6,12	2,53	15,4836
<b>Pasillo</b>	2,6	2,53	6,578
<b>Cocina</b>	8,24	2,53	20,8472
<b>Salón-Comedor</b>	20,62	2,53	52,1686
<b>Habitación 1</b>	14,16	2,53	35,8248
<b>Habitación 2</b>	12,24	2,53	30,9672
<b>Baño</b>	4,78	2,53	12,0934
<b>Total</b>	68,76		

**Tabla 5: Superficies de la vivienda A de la primera planta**

<b>Vivienda B / Primera Planta</b>			
	Superficie (m2)	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>Vestíbulo</b>	4,24	2,53	10,7272
<b>Salón-Comedor-Cocina</b>	23,56	2,53	59,6068
<b>Habitación 1</b>	12,88	2,53	32,5864
<b>Baño</b>	4,33	2,53	10,9549
<b>Total</b>	45,01		

**Tabla 6: Superficies de la vivienda B de la primera planta**



<b>Vivienda C / Primera Planta</b>			
	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>Vestíbulo</b>	4,28	2,53	10,8284
<b>Pasillo</b>	2,6	2,53	6,578
<b>Cocina</b>	8,24	2,53	20,8472
<b>Salón-Comedor</b>	20,62	2,53	52,1686
<b>Habitación 1</b>	14,16	2,53	35,8248
<b>Habitación 2</b>	11,5	2,53	29,095
<b>Baño</b>	4,78	2,53	12,0934
<b>Total</b>	66,18		

**Tabla 7: Superficies de la vivienda C de la primera planta**



### SEGUNDA PLANTA Y PLANTA BAJO CUBIERTA:

A continuación se puede apreciar un esquema de la distribución de la segunda planta y de la planta bajo cubierta. La cual contiene 3 viviendas, A, B y C con el siguiente reparto. Se han calculado para esta planta un total de 7,5 personas.

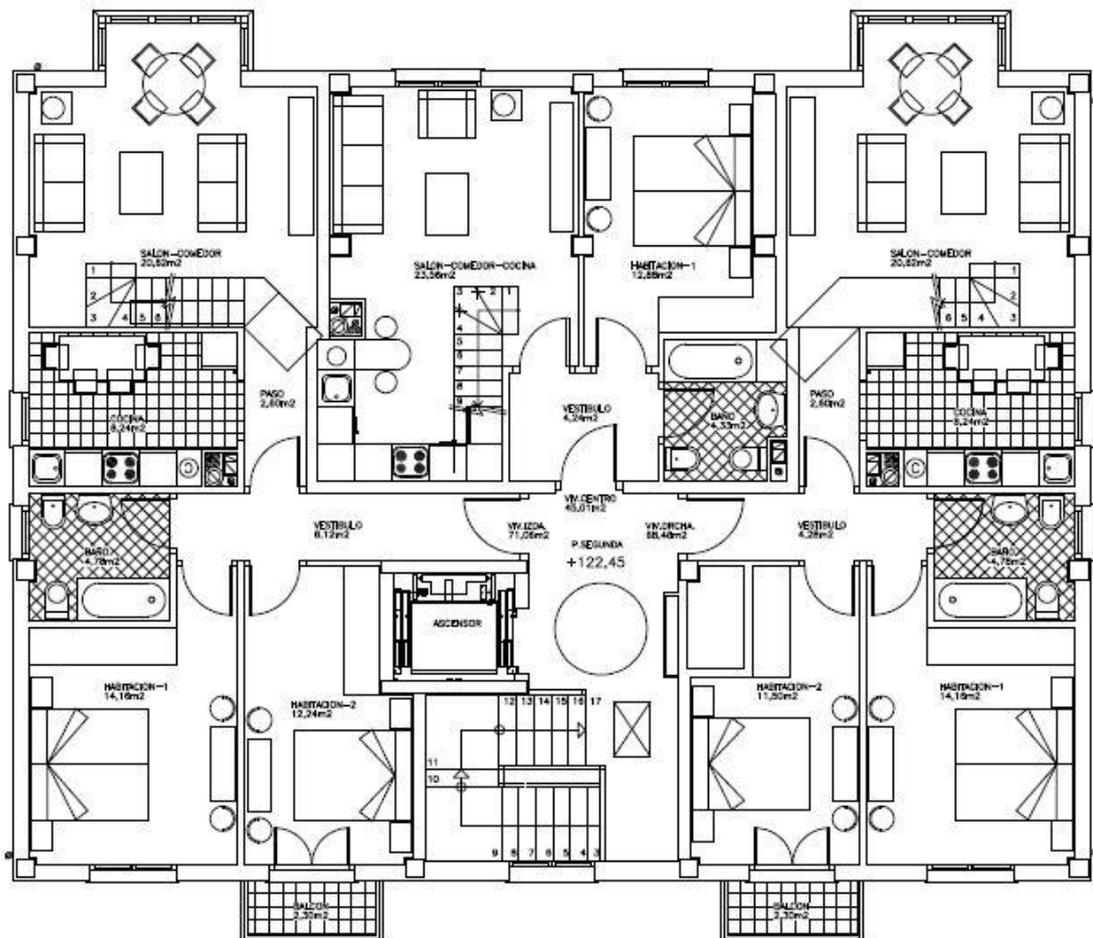
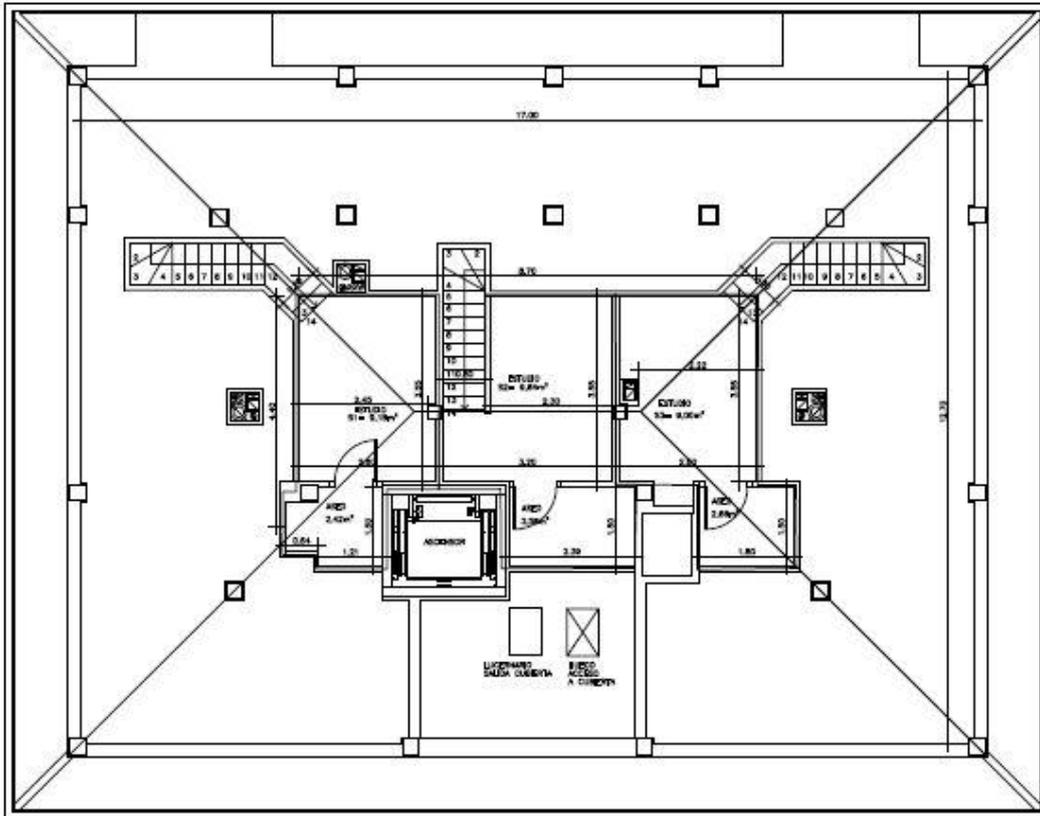


Figura 5: Distribución de la segunda planta del edificio


**Figura 6: Distribución de la planta bajo cubierta del edificio**

Vivienda A / Segunda Planta			
	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>Vestíbulo</b>	6,12	2,5	15,3
<b>Pasillo</b>	2,6	2,5	6,5
<b>Cocina</b>	8,24	2,5	20,6
<b>Salón-Comedor</b>	20,62	2,5	51,55
<b>Habitación 1</b>	14,16	2,5	35,4
<b>Habitación 2</b>	12,24	2,5	30,6
<b>Baño</b>	4,78	2,5	11,95
<b>Estudio</b>	9,18	2,5	22,95
<b>Aseo</b>	2,42	2,5	6,05
<b>Total</b>	80,36		

**Tabla 8: Superficies de la vivienda A de la segunda planta**



<b>Vivienda B / Segunda Planta</b>			
	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>Vestíbulo</b>	4,24	2,5	10,6
<b>Salón-Comedor-Cocina</b>	23,56	2,5	58,9
<b>Habitación 1</b>	12,88	2,5	32,2
<b>Baño</b>	4,33	2,5	10,825
<b>Estudio</b>	9,64	2,5	24,1
<b>Aseo</b>	3,58	2,5	8,95
<b>Total</b>	58,23		

**Tabla 9: Superficies de la vivienda B de la segunda planta**

<b>Vivienda C / Segunda Planta</b>			
	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>Vestíbulo</b>	4,28	2,5	10,7
<b>Pasillo</b>	2,6	2,5	6,5
<b>Cocina</b>	8,24	2,5	20,6
<b>Salón-Comedor</b>	20,62	2,5	51,55
<b>Habitación 1</b>	14,16	2,5	35,4
<b>Habitación 2</b>	11,5	2,5	28,75
<b>Baño</b>	4,78	2,5	11,95
<b>Estudio</b>	9	2,5	22,5
<b>Aseo</b>	2,66	2,5	6,65
<b>Total</b>	77,84		

**Tabla 10: Superficies de la vivienda C de la segunda planta**

#### **1.1.4. Estudio de Alternativas**

##### JUSTIFICACIÓN DE ELECCIÓN:

Para ello se han elegido 2 sistemas, que frente a las otras alternativas, parecen las más adecuadas tanto por su simpleza como por su inversión económica no excesiva.[18]

En este ámbito, el de la eficiencia energética en la edificación, el sistema de suelo radiante puede ser una de las mejores alternativas para el autoabastecimiento. A pesar de que estos sistemas son de los mejores y de mayor eficiencia para regular la temperatura en las viviendas, requiere una gran inversión económica inicial y de una alta precisión a la hora de la instalación. También es importante tener en cuenta que este método es de gran inercia: el tiempo de calentamiento y de enfriamiento es lento y largo. Tarda mucho más tiempo que otros sistemas en hacer efecto, por lo que no parece el sistema más adecuado para este caso dadas las suaves y templadas temperaturas que soporta la vivienda, siendo el uso "puntual" de la calefacción a lo largo del día en estos lugares muy habitual.

Por otro lado, las horas de radiación solar diarias en esta zona geográfica se pueden considerar bastante elevadas en comparación con el resto de Europa, por lo que los sistemas térmicos solares pueden rentables en estos casos, hasta en invierno.[18]

Los sistemas escogidos son los siguientes, también se explicarán cada uno de ellos a continuación:

#### 1.1.4.1. Energía Solar Térmica

La energía solar térmica se basa en el aprovechamiento de la energía natural del Sol (radiación) para cederla a otro medio portador de calor, el cual suele ser agua o aire, a través de captadores solares térmicos. Sus usos son variados: grifos, duchas, piscinas, incluso calefacción. Se puede usar para obtener energía eléctrica también, calentando el agua hasta conseguir vapor y llevarlo a un sistema de generación de vapor mediante turbina; pero el objetivo en este caso no es tal, sino el calentamiento de agua para el uso doméstico (Agua Caliente Sanitaria).

Desde la entrada en vigor del Código Técnico de Edificación la energía solar térmica es obligatoria en España, demandando un porcentaje total de ACS para este sistema. Tal porcentaje, según el DB HE-4, y en función de la zona climática oscila entre el 30% y 70% por norma general, y entre el 50% y 70% cuando la energía de apoyo sea mediante energía eléctrica.

Se pueden distinguir 3 grupos de instalaciones solares térmicas, que coinciden también con la función de los colectores. Los colectores o captadores son la parte más importante del conjunto del sistema dado que se encargan de captar la energía térmica de la radiación solar. En su interior el fluido calorportante se calienta, como consecuencia de la radiación solar, y a través del circuito primario, calienta el agua que generalmente se almacena en el acumulador. Existen varios tipos y diseños pero todos tienen como objetivo el transformar la mayor cantidad de radiación solar en calor.[8]

- Colectores de baja temperatura: De captación directa, proporcionan calor útil hasta unos 65°C.
- Colectores de temperatura media: Captación de bajo índice de concentración, entregan calor útil a unas temperaturas comprendidas entre 100°C y 300°C.

- Colectores de alta temperatura: Captación de alto índice de concentración. Trabajan a unas temperaturas entorno a los 500°C, incluso mayores. Se utilizan para generar energía eléctrica

#### 1.1.4.2. Instalación Solar Térmica para Agua Caliente Sanitaria (ACS)

En este proyecto se va a trabajar con el conjunto de baja temperatura, dado que es un sistema para trabajar a temperaturas no superiores a 80°C. Este es el sistema más empleado en los casos de instalaciones de ACS para edificios de viviendas. Normalmente cuenta con varios subsistemas agrupados en 3 circuitos hidráulicos. Circuito primario, circuito secundario y circuito de consumo.

##### 1.1.4.2.1. FUNCIONAMIENTO

En primer lugar partimos de el colector solar, o captador, que mencionado anteriormente, es el elemento más importante del conjunto. La radiación solar impacta contra el captador, el cual lo transfiere al liquido calor-portador en forma de energía térmica. Existen colectores de varios tipos aunque los mas empleados son planos convencionales. Este sistema se basa en el efecto invernadero, que se produce gracias a la cubierta que es transparente a la radiación solar pero opaca a la radiación infrarroja, a fin de remitir lo menos posible.

Ahora la energía que contiene el liquido calor-portador es transferida mediante el sistema intercambiador, se transfiere calor del circuito primario al secundario, y hace posible separar ambos circuitos como obliga el CTE. El intercambio de energía puede tener lugar en el interior del sistema de acumulación también, no tiene por qué estar separado obligatoriamente.

El subsistema de acumulación es el más importante del circuito secundario, ya que se encarga de almacenar el agua con la energía, hasta su futura demanda.

Para poder garantizar el ACS cuando la energía solar es incapaz de satisfacer la totalidad de la demanda, se tiene el sistema auxiliar o sistema de apoyo, el cual si no contiene acumulación se llama instantáneo (calderas de gas, calostatos eléctricos...) que se activa únicamente cuando es necesario; o si tiene acumulación se encarga de complementar el agua caliente proveniente del primer acumulador.

También es importante el sistema de control y regulación, que controla el correcto funcionamiento de la instalación en función de la temperatura en el colector y en el acumulador. Debe contener, al menos, 2 sondas, 2 termostatos y una centralita que lo gestione.[9]

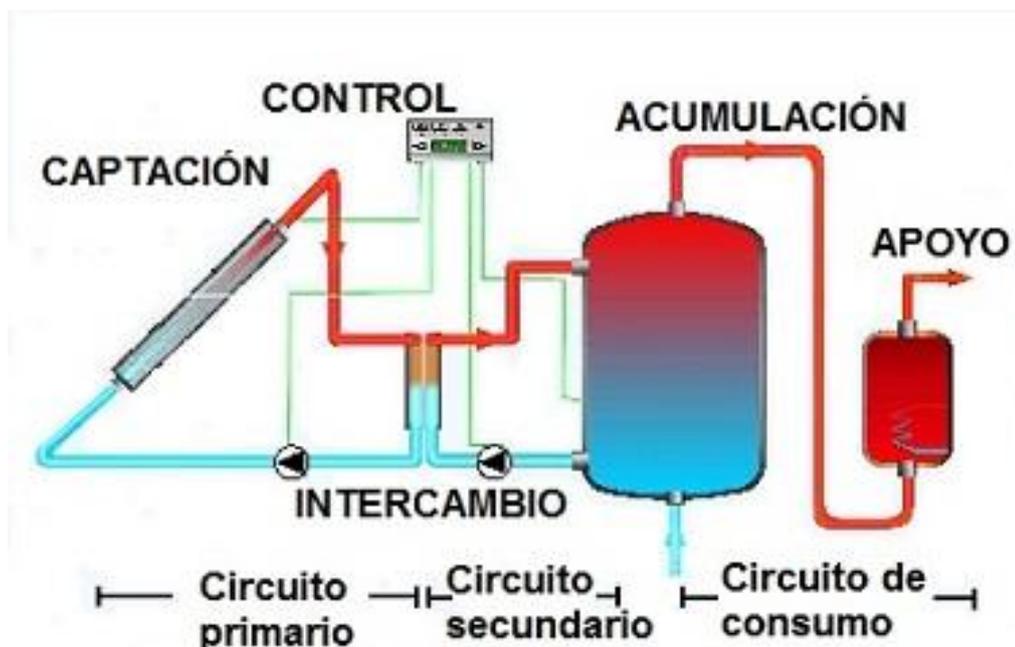


Figura 7: Esquema de una instalación solar térmica

#### 1.1.4.2.2. Sistemas de una instalación Solar Térmica

Dentro del conjunto de este tipo de instalaciones, es necesario distinguir varios sistemas para el correcto entendimiento. Cada uno está calculado y dimensionado en función de los requerimientos, y están perfectamente sincronizados para el correcto uso.

##### Sistema de captación de radiación solar:

El sistema de captación de radiación solar lo conforman los captadores solares, que deben estar conectados entre sí. Todo el proceso comienza en estos subsistemas que recogen energía solar para transformarla en energía térmica, elevando la temperatura del fluido que circula por el circuito primario. Existen de varios tipos, aunque el más popular es el captador solar plano. Se pueden distinguir varios sistemas de captación de radiación solar, como por ejemplo los no vidriados, de vacío, de concentración de radiación, de seguimiento del sol... Más adelante se explicarán con más detenimiento los más importantes.

##### Sistema de intercambio:

Es el encargado de transferir la energía térmica del fluido calor-portador del circuito primario al circuito secundario donde se almacena y que solo contiene el agua que se va a consumir (ACS). A su vez hace posible la separación de ambos circuitos como determina el CTE. Este intercambio de energía se produce en el sistema de acumulación (intercambiadores de serpentín y en los de doble envolvente). Cuando el intercambio se lleva a cabo fuera del sistema de acumulación se suelen usar intercambiadores de placas.

### Sistema de acumulación de la energía solar térmica:

Se encarga de acumular la energía calorífica en un depósito, preparado para usarse cuando se demande. Este sistema debe tener un tamaño acorde a su uso en función del uso que se quiera; serán mayores los que se usen para regadío o piscinas que los usados para ACS. Esta agua se puede usar directamente.

### Sistema de distribución de la energía solar térmica:

Se encarga de llevar la energía térmica del captador a la zona donde se demande, están incluidos desde las cañerías, a los purgadores, pasando por los controladores, bombas, vasos de expansión...

En este sistema también se incluye el subsistema de apoyo auxiliar, constituido habitualmente por una caldera, que se activará en caso que falte la radiación solar o esta no sea suficiente para atender la demanda de ACS.

### Sistemas convencionales de apoyo energético:

Como se ha indicado son los encargados de garantizar una temperatura mínima cuando no hay suficiente radiación solar o cuando la demanda es más alta de lo esperado.

Lo habitual es que un sistema solar térmico para uso doméstico, cubra el 80-85% de la demanda de energía de un hogar; el resto lo cubren los sistemas convencionales de apoyo energético, que se diseñan y calculan para atender el caso más desfavorable, que se considera cuando la radiación solar es nula, y se diseña para poder afrontar esta situación, por muy rara e improbable que parezca.

Los sistemas convencionales de apoyo energético pueden funcionar con gas natural, combustible o electricidad y hay de dos tipos:

- Si el sistema auxiliar o sistema de apoyo no contiene acumulación se llama instantáneo (calderas de gas, calostatos eléctricos...) que se activa únicamente cuando es necesario.
- Si el sistema auxiliar o de apoyo tiene acumulación su función es la de complementar el agua caliente proveniente del primer acumulador.

#### Sistema de control y regulación:

Se encarga de que todo cobre sentido y de conseguir el objetivo: lograr ACS a la temperatura que se exige en cada momento. Controla el funcionamiento de la instalación en función de la temperatura en el colector y en el acumulador. Este sistema contiene las sondas de temperatura, termostatos y la centralita de control, que son los principales elementos de este sistema.

#### 1.1.4.2.3. Los circuitos: Primario, secundario y terciario

Se distinguen 3 circuitos de fluido:

- El circuito primario, está formado por los sistemas y componentes hidráulicos (tuberías, bombas...) y por el fluido calor-portador, el cual en ningún momento tiene contacto directo con el fluido del circuito secundario. Su función es transportar el calor captado en los colectores hasta el intercambiador.

Es un circuito cerrado, transporta el calor desde el captador hasta el acumulador (sistema que almacena calor). El líquido calentado (agua o una mezcla de sustancias que puedan transportar el calor), lleva el

calor hasta el acumulador. Una vez que este líquido se enfría, retorna al colector para volverse a calentar, y así sucesivamente.

- El circuito secundario o de consumo está formado por los sistemas y componentes hidráulicos y por agua. Se considera el agua que se calienta en el intercambiador y que va hasta el acumulador. Es un circuito abierto con una toma para la entrada de agua fría de suministro y por el otro extremo una salida para el agua calentada se consume (ducha, lavabo, ...). El agua fría ha pasado por el acumulador primeramente, donde se calentado hasta llegar a una cierta temperatura. Las tuberías de agua caliente del exterior, deben estar cubiertas por aislantes.
- El circuito terciario también denominado circuito de consumo contiene el agua que se va a consumir, el agua caliente que sale del acumulador y va hasta los dispositivos de consumo, grifos y duchas principalmente. [8]

#### 1.1.4.2.4. Los componentes de una instalación solar térmica

Una completa instalación solar térmica está compuesta por distintos elementos, que pasamos a describir:

##### El captador solar o colector solar:

Es un tipo de panel solar diseñado para el aprovechamiento de la energía solar térmica. son los elementos que capturan la radiación solar y la convierten en energía térmica, en calor.

Los captadores solares Los captadores solares pueden ser de varios tipos: los de placa plana, los de tubos de vacío y los captadores absorbedores sin protección ni aislamiento. Los sistemas de captación planos o de placa plana, con cubierta de vidrio son los comunes mayoritariamente en la producción del ACS.

El vidrio deja pasar los rayos del sol y estos calientan unos tubos metálicos que transmiten el calor al líquido que se encuentra dentro. Los tubos son de color oscuro, ya que estos no reflejan las ondas de los colores, sino que las absorben y por eso las superficies oscuras calientan más.

El vidrio que cubre el captador no sólo protege la instalación sino que también permite conservar el calor produciendo un efecto invernadero que mejora el rendimiento del captador.

Los colectores están constituidos por una carcasa de aluminio cerrada y resistente a ambientes marinos, un marco de aluminio, una junta perimetral libre de siliconas, aislante térmico respetuoso con el medio ambiente de lana de roca, cubierta de vidrio solar de alta transparencia, y finalmente por tubos soldados ultrasónicos.

Los colectores solares se componen de los siguientes elementos:

- La cubierta: Es transparente, puede estar presente o no. Generalmente es de vidrio aunque también se utilizan de plástico, ya que es más barato y manejable, pero debe ser un plástico especial. Su función es minimizar las pérdidas por convección y radiación y por ello debe tener una transmitancia solar lo más alta posible.
- El canal de aire: Es un espacio (vacío o no), que separa la cubierta de la placa absorbente. Su espesor se calculará teniendo en cuenta el fin de equilibrar las pérdidas por convección y las altas temperaturas que se pueden producir si es demasiado estrecho.

- La Placa absorbente: La placa absorbente es el elemento que absorbe la energía solar y la transmite al líquido que circula por las tuberías. La principal característica de la placa es que debe tener una gran absorción solar y una emisión térmica reducida. Como los materiales comunes no cumplen con este requisito, se utilizan materiales combinados para obtener la mejor relación absorción / emisión.
- Tubos o conductos: Los tubos están tocando a la placa absorbente (a veces soldados a ella), para que el intercambio de energía sea lo más grande posible. Por los tubos circula el líquido que se calentará e irá hacia el tanque de acumulación.
- Capa aislante: La finalidad de la capa aislante es recubrir el sistema para evitar y minimizar pérdidas. Para que el aislamiento sea lo más eficaz posible deberá tener una baja conductividad térmica.
- Carcasa: protege y soporta los elementos de colector, permitiendo además anclar y sujetar el colector al edificio. Debe resistir los cambios de temperatura sin perder la estanqueidad.

Existen varios tipos de colectores solares, de ellos por su presencia en el mercado se destacan los siguientes:

- Colector termosifónico: su funcionamiento es por convección natural, es decir, no requiere bomba circuladora ni sistema de circulación.
- Colector de placa plana: su uso se centra en la disponibilidad de agua caliente sanitaria y en la calefacción solar, aunque incluso se emplea para la climatización de piscinas.

- Colector de vacío: es el que posee un mejor rendimiento y proporcionan mayores temperaturas que los colectores de placa plana, pudiendo llegar a temperaturas cercanas a los 100°C.
- Colector de polipropileno: se utiliza para calentar el agua de las piscinas permitiendo prolongar el uso de las mismas a lo largo del año.
- Colector cilindro parabólico: consiguen altas temperaturas del fluido de trabajo por lo que tiene un uso industrial, que se extiende a las centrales térmicas, que lo utilizan para hacer girar las turbinas y producir electricidad.

De todos los tipos de colectores se ha seleccionado, para nuestra instalación, el de placa plana ya que su temperatura de trabajo se sitúa en un rango de 50-70° C, y se consideran como los más indicados para producir ACS, además por su relación entre precio y rendimiento y su facilidad de montaje, lo cual hace que en la actualidad, sean los más extendidos comercialmente.

Los colectores se deben situar de tal forma que el equipo solar aproveche al máximo la incidencia de la radiación, en nuestro hemisferio norte se orientan preferentemente hacia el sur geográfico, aprovechando así el mayor número de horas de luz.

Otro aspecto a tener en cuenta es el ángulo de inclinación que forman los colectores con el plano horizontal, este es un factor importante en la eficacia del equipo solar, sobre todo en los meses de pocas horas de sol, ya que este se sitúa muy bajo con respecto al horizonte y, por lo tanto, los colectores deberán adoptar inclinaciones de unos determinados grados para aprovechar al máximo esas horas de sol. Las indicaciones sobre el ángulo de inclinación son:

- Utilización a lo largo de todo el año: ángulo de inclinación igual a la latitud geográfica.

- Empleo preferentemente durante el invierno: ángulo de inclinación igual a la latitud geográfica + 10°C.
- Uso preferentemente durante el verano: ángulo de inclinación igual a la latitud geográfica - 10°C.

#### El intercambiador de calor:

Se ocupa de calentar el agua de consumo a través del calor captado de la radiación solar, se sitúa en el extremo del circuito primario. Tiene forma de serpentín, ya que así se consigue aumentar la superficie de contacto y, por lo tanto, su eficiencia.

El agua que entra en el acumulador, siempre que esté más fría que el serpentín, se calentará. Esta agua, calentada en horas de sol, nos quedará disponible para el consumo posterior.

Los intercambiadores empleados en una instalación solar térmica se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Sistemas de intercambio externos: en este caso el calentamiento del agua acumulada se produce en el exterior del depósito. Son muy recomendables para instalaciones con acumuladores de circuito abierto y con volúmenes de acumulación superior a 100 litros.
- Sistemas de intercambio internos: en este caso el calentamiento y la acumulación del agua se producen en el mismo depósito.

#### El depósito acumulador:

Es un depósito donde se acumula el agua calentada útil para el consumo. Tiene una entrada para el agua fría y una salida para la caliente. La fría entra por debajo del acumulador donde se encuentra con el intercambiador, a medida que se calienta se desplaza hacia arriba, que es desde donde se ubica la toma de salida del agua caliente, que la envía a los puntos de consumo.

Un buen depósito acumulador debe contar con un buen aislante envolvente que minimice las fugas de calor exterior, un volumen de capacidad adecuado al consumo de agua caliente previsto, ser seguro y ofrecer una larga vida útil.

#### Las Bombas:

Son dispositivos que se necesitan para poder mover los caudales de fluido necesarios, además de vencer las pérdidas de carga de los circuitos.

#### El circuito hidráulico:

Para el circuito primario por donde circula el fluido de trabajo desde los captadores solares hasta el intercambiador y su posterior retorno se suelen utilizar tuberías de cobre o de acero inoxidable.

Para el circuito secundario se pueden utilizar tuberías de cobre, de acero inoxidable o de acero galvanizado, pero nunca se utilizaran tuberías de acero negro para circuitos de agua caliente sanitaria.

Las tuberías de la instalación deben de ser recubiertas de un aislante térmico para minimizar la pérdida termodinámica con el entorno.

Cuando se lleva a cabo el montaje de la instalación hay seguir las estrictas condiciones de limpieza con el objetivo de evitar la "enfermedad del legionario" que es una infección de los pulmones, un tipo de neumonía, muy grave que está causada por la bacteria llamada Legionella que se encuentra de forma natural en los ambientes de agua fresca, como los lagos y los arroyos, pero que se puede multiplicar y propagar en los sistemas de agua artificiales ACS, sistemas de refrigeración, hidromasajes... y que es un verdadero problema al que hay que atender.

#### 1.1.4.2.5. Componentes de Seguridad

##### El aislamiento:

Es fundamental en una instalación de energía solar térmica para evitar pérdidas caloríficas hacia el exterior. Se emplea aislamiento en el captador, acumulador, tuberías y en el intercambiador.

##### El panel de control:

Se debe de disponer también de un panel principal de control en la instalación solar térmica, donde se muestran las temperaturas en cada instante (un regulador térmico), de modo que pueda controlarse el funcionamiento del sistema en cualquier momento. Aparecen también los relojes encargados del intercambio de bombas.

##### Las válvulas:

Son mecanismos que se utilizan para impedir o controlar el paso del fluido por una tubería. Las válvulas destinadas a cerrar o abrir el paso se llaman también llaves y las que están colocadas en los puntos de consumo se llaman grifos.

#### El vaso de expansión:

Su función es la de absorber variaciones de volumen del fluido de trabajo, el cual circula por los conductos del captador, manteniendo la presión adecuada y evitando pérdidas de la masa del fluido.

Es un recipiente con una cámara de gas separada de la de líquidos y con una presión inicial en función de la altura de la instalación.

#### Los purgadores:

Se utilizan para extraer las burbujas de aire que se pueden formar dentro de los conductos. Es necesario extraer estas burbujas debido a que la presencia de aire perjudica el buen funcionamiento de los circuitos y puede llegar a impedir la circulación del fluido, invalidando su función. Además provocan corrosiones en la tubería o los colectores.

#### Los termómetros:

Son instrumentos que sirven para medir la temperatura de un objeto o fluido. Hay que colocarlos de forma que el punto sensible del termómetro este en contacto con el fluido.

### El termostato:

Sirve para regular el flujo de energía entre el sistema de captación solar, el sistema de acumulación y el consumo, de modo que se consigue que la instalación solar térmica funcione en todo momento en su nivel óptimo de rendimiento.

### El manómetro:

Es un instrumento que se utiliza para medir la presión de los fluidos que se encuentran en el depósito o en el conducto.

### El fluido de trabajo del circuito primario:

Este líquido debe poseer propiedades anticongelantes con el objetivo de mantenerse líquido en los periodos de bajas temperaturas. Por otro lado, debe ofrecer una alta capacidad calorífica que permita absorber y transportar gran cantidad de calor y poseer un elevado coeficiente de transmisión de calor, que proporcione un gran rendimiento en el intercambiador.

### El sistema auxiliar de apoyo:

Se encarga de generar el calor complementario en caso de que el agua contenida en el acumulador no alcance la temperatura de uso deseada. Todo el proceso es automático y vigilado por un sistema de control que es necesario instalar.

#### 1.1.4.2.6. Seguridad en instalaciones solares térmicas

Las instalaciones solares deben de estar diseñadas y mantener las condiciones de operación de las instalaciones dentro de los requisitos preestablecidos en las normas EN 12975, EN 12976 e ISO 9806.

Cuando se diseña un campo de captadores formado por varias baterías, conectadas entre sí, en serie o en paralelo, hay que proyectar una válvula de seguridad entre cada dos válvulas de corte, que suelen estar situadas a la entrada y a la salida de cada batería de captadores.

Para evitar problemas de quemaduras, las válvulas de seguridad deben estar siempre conducidas y los conductos de escape deberán estar realizados en materiales que aguanten la corrosión.

Las válvulas de seguridad deberán soportar las temperaturas máximas alcanzadas en la instalación y sus conductos de escape deberán tener un diámetro adecuado al área de colectores instalados.

Hay que tener en cuenta en que el principal inconveniente que pueden plantear las instalaciones solares es que la máxima demanda de energía coincide con el periodo en que el aporte solar es mínimo como es el invierno. Por tanto, hay que tener mucha precaución al diseñar instalaciones solares, para no sobre pasar, la energía necesaria en verano.

El Pliego de Condiciones Técnicas de IDAE indica que no debe sobrepasarse en ningún mes el 110% de la energía necesaria, y en no más de tres meses seguidos el 100%.

Pero, en el caso en el que se haya diseñado correctamente, nada puede asegurar que a lo largo de la vida de la instalación no se vayan a producir disminuciones esporádicas en el consumo de la instalación que lleven a las mismas condiciones de estancamiento, con peligro de sobrecalentamiento

excesivo. En consecuencia, habrá que disponer de un sistema que evite que se alcancen sobretemperaturas elevadas en la instalación. Principalmente, se presentan dos posibles soluciones: el tapado de los captadores y mecanismos de disipación externos.

#### 1.1.4.2.7. Higiene en instalaciones solares térmicas

Tal y como se ha mencionado en párrafos anteriores uno de los graves riesgos de las instalaciones de agua y climatización es la de la "Legionelosis". El Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, dicta una serie de requisitos técnicos que afectan a las instalaciones de energía solar térmica, que son:

- Los acumuladores deben ser accesibles para la limpieza, desinfección y toma de muestras. También deberán certificar que no existen fugas y que no tiene lugar ningún retorno no deseado.
- En el circuito secundario de preparación de agua caliente sanitaria hay que conseguir una temperatura superior a los 60°C en el punto más alejado o en el circuito de retorno. Al mismo tiempo la instalación debe estar preparada para soportar temperaturas superiores a 70°C.
- Para instalaciones que tengan como elemento de preparación del ACS la energía solar térmica, en los términos que establece el Real Decreto 865/2003, cuando se utilice un sistema de aprovechamiento térmico en el que se disponga de un acumulador conteniendo agua que va a ser consumida y en el que no se asegure de forma continua una temperatura a 60°C, se garantizara posteriormente, que se

alcance una temperatura de 60°C en otro acumulador final antes de la distribución hacia el consumo.

#### 1.1.4.2.8. Ventajas de la instalación solar térmica.

- Se trata de una energía que proviene directamente del Sol
- No emite gases contaminantes perjudiciales para la salud.
- No emite gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático.
- No produce ningún tipo de residuo o desperdicio peligroso y/o de difícil eliminación.
- No produce efectos significativos sobre la flora y la fauna, a no ser que hagamos referencia a las instalaciones de alta temperatura, que suelen ocupar una gran extensión de terreno, pero este no es nuestro caso que se realiza en un edificio ya construido y ocupará únicamente una parte de la cubierta.
- Su impacto sobre el medio ambiente es mínimo, y de producirse alguno ocurre exclusivamente durante la fase de fabricación de los equipos.
- Este tipo de instalaciones no deja huella ecológica cuando finaliza el periodo de explotación.
- Es una energía que no corre peligro de agotarse puesto que su fuente productora es el sol.
- No requiere costosos trabajos de extracción, transporte o almacenamiento.
- A diferencia de otras fuentes energéticas, se genera directamente en los puntos de consumo, por lo que no requiere ni transporte ni creación de infraestructuras.
- Su aplicación suele ser un entorno urbano donde las emisiones contaminantes de algunos combustibles tienen una mayor incidencia sobre la salud humana.

#### 1.1.4.2.9. Desventajas de la instalación solar térmica.

- Los niveles de radiación son muy variables, y eso perjudica en el rendimiento.
- El mantenimiento es mínimo, pero la inversión inicial es importante. Una familia puede recuperar su inversión en no más de 7 años.
- La estética puede considerarse en algunos casos como una desventaja. Aunque hoy en día cada vez se está teniendo más en cuenta y se intentan adaptar las instalaciones lo más posible al tipo de entorno o de vivienda. En este sentido también se puede mencionar que hay más de un sistema de captación que se puede adecuar más o menos al entorno.
- El espacio puede ser también un factor importante ya que requiere cierto espacio y cuantas más personas se quieran favorecer de este sistema, más espacio tendrá que abarcar toda la instalación. En la mayoría de los casos no suele ser problema, porque la relación entre el número de viviendas y la superficie disponible para la instalación, juega a favor de esta, sin embargo, en edificaciones con muchos pisos y muchas viviendas por piso eso puede plantear dificultades.

[8],[9]

### 1.1.4.3. Sistema de calefacción mediante biomasa

La biomasa, en forma de hierba seca, leña y astillas, ha sido el primer medio productor de calor utilizado por el hombre desde el paleolítico y el que más se ha mantenido en el tiempo, ya que perdura hasta la actualidad.

Si bien sufrió un gran retroceso desde los inicios de la revolución industrial, al ser sustituida, en su mayor parte, por los combustibles fósiles, actualmente los avances tecnológicos y sus ventajas frente aquellos, en cuanto a contaminación y aprovechamiento de los recursos, le está permitiendo revivir un resurgimiento. Sin embargo, la evolución producida en este campo hace que estemos hablando de una realidad diferente, mucho más amplia.

Según la Directiva 2009/28/CE que trata de la promoción de energías procedentes de fuentes renovables la biomasa sería: *"La fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales"*.

De lo que se deduce que estamos hablando de un concepto que engloba un conjunto de elementos, que tienen de común que son biodegradables, que provienen de desechos y residuos y que tiene un origen biológico, por lo que su procedencia puede ser las actividades agrícolas, ganaderas y forestales y los subproductos, residuos y desechos procedentes del ámbito domésticos y de la industria, especialmente de las de transformación de la madera y la agroalimentaria.

Por lo tanto, los biocombustibles constituyen un conjunto muy diverso de elementos, que se pueden clasificar por diversos criterios, de los cuales el más operativo quizás sea el del estado en el que se encuentren para su consumo, es decir: sólido, líquido o gaseoso.

#### 1.1.4.3.1. Biocombustibles sólidos.

Dentro de este conjunto, de biocombustibles sólidos nos encontramos con una gran variedad de productos que el mercado y el ingenio han ido produciendo. Mayoritariamente se emplean en la producción de calor para calefacción y agua caliente en sistemas domésticos.

Cada biocombustible sólido presenta unas características especiales en función de su forma física, de su composición y humedad y de la energía que pueden generar por unidad de masa y volumen, que se calcula en cada producto bajo el concepto de Poder Calorífico Inferior (PCI).

A continuación describiremos los biocombustibles sólidos más habituales o accesibles en el mercado y al final incluiremos un cuadro con sus características más importantes para que se puedan comparar los distintos productos dada la variedad de los mismos.

[15]

#### Pellets de biomasa:

En la actualidad es quizás el biocombustible de mayor divulgación. Fundamentalmente tienen dos orígenes, el más habitual es la compactación de serrines y virutas procedentes de serrerías u otro tipo de industrias, menos frecuentes son los denominados los agropellets, que se elabora a partir de astillas y otras biomásas de distinto origen.

Tienen una forma cilíndrica y su tamaño no supera los 40 milímetros, más pequeños en longitud y grosor que un dedo meñique.

En su proceso de elaboración, básicamente en la compactación, se utilizan siempre aditivos de origen biológico, presión y vapor.

Además de las ventajas caloríficas y medioambientales propias del producto, también goza de otras características positivas como son su facilidad para el transporte y el almacenaje, al ir en sacos de diversos tamaños. Sin embargo, para su correcta utilización o mejor aprovechamiento es recomendable seguir las siguientes advertencias:

- Fijarse en el origen ya que algunos productos solamente son aptos para cierto tipo de calderas.
- Para su uso en viviendas y grandes edificios se aconseja utilizar productos procedentes de madera natural.
- Los productos de buena calidad deben de contener menos del 10% de humedad y una durabilidad mecánica mayor que 97,5%. Si la proporción de humedad es más elevado se corre el riesgo de que el pellet se degrade. Por eso, es importante almacenarlos siempre en recintos impermeables, tanto en las empresas suministradoras, como en los silos particulares de cada vivienda.
- El porcentaje de finos debe estar entre el 1% y el 2% y las cenizas y el azufre no deben sobrepasar el 0,7% y el 0,05%, respectivamente.
- Aunque se le puedan añadir productos biológicos, básicamente para la compactación el porcentaje de éstos no debe superar el 2%.
- Hay que fijarse en las características del producto y sobre todo en la de los aditivos, que deben de estar especificados por el fabricante.

Con respecto a la utilización, transporte y almacenaje hay que prestar atención a la durabilidad mecánica mínima, una de las características más importantes del producto.

También es importante atender a la descomposición de los pellets, pasando a la forma de polvo, porque ello produce problemas en la combustión, pudiendo dañar las instalaciones de la caldera; así como en el transporte y en la descarga, por lo que hay que tratar de evitar las causas que lo provocan, que habitualmente son:

- Malformaciones u obstáculos en las tuberías y conexiones (bordes afilados, tornillos...).
- Conexiones no estandarizadas.
- Sistemas de almacenamiento mal diseñados.
- Bombeo inadecuado de los pellets: largas distancias, gran diferencia de altura...

Las características principales de este combustible, son las siguientes:

- Poder Calorífico Inferior (kcal/kg) > 4.000
- Humedad (% en masa) < 12
- Densidad (kg/m<sup>3</sup>) 1.000-1.400

#### Astillas:

Como apunta su nombre este producto está constituido por trozos de madera de tamaño muy diverso, que oscila entre los 5 y los 100 mm. Su origen puede ser muy variado, en cuanto a su materia prima, por lo que su calidad dependerá en función de su origen y la tecnología utilizada para su producción. Hay dos grandes tipos de astillas según su calidad y origen:

- Las procedentes de de primera y segunda transformación de la madera.
- Las originarias de maderas muy limpias.

En general contienen una humedad menor al 30%, pudiendo alcanzar hasta un 45% de humedad, en el peor de los casos y cuando proceden de trabajos agrícolas y forestales como la poda o limpieza de los montes. En estos casos se utilizan para abastecer grandes instalaciones.

Las ventajas de este producto son:

- Son apropiadas para todo tipo de instalaciones, incluyendo las domésticas.
- Un bajo coste comparándolo con otras biomásas producidas industrialmente, puesto que el proceso de elaboración que requiere (astillado) es notablemente sencillo.
- Se pueden producir in situ, en el mismo lugar donde luego se van a consumir.

En lo que respecta a las debilidades señalaríamos que necesitan mayor espacio que el pellets para su almacenaje y que como en ese caso también hay que controlar su calidad puesto que sus características son heterogéneas en cuanto a poder calorífico y humedad.

Para las calderas domésticas no se recomiendan astillas con humedades por encima del 40%, ni trozos con un gran tamaño. Las características ideales para el uso de astillas en calderas domésticas, son las que proceden de troncos de madera.

Las características ideales para el uso de astillas en calderas domésticas, son las siguientes:

- Procedencia: Troncos de madera.
- Humedad: Entre 20% y 30%.
- Dimensiones principales: Máximo 63 mm.
- Densidad energética: Inferior a 900KWh/m3 apilados.

#### Residuos agroindustriales:

Los residuos industriales utilizados como biocombustibles para calderas de biomasa proceden principalmente de las industrias de producción del aceite de oliva, de la comercialización de las aceitunas, de las productoras de bebidas alcohólicas y las alcoholeras y de las industrias de elaboración de productos derivados de los frutos secos y de su comercialización.

En el Estado destacan en estos casos los huesos de aceituna y de los frutos secos la almendra. En el primer caso, por ser un país productor de muchos derivados de la aceituna como el aceite y las conservas de aceitunas y, en el segundo, porque también produce muchas variedades de dulces derivados de la almendra, como los polvorones, mantecados, turrone... que requieren elevadas cantidades de este fruto seco y hacen que a su vez genera considerables residuos, que provienen de su cáscara.

Estos productos son relativamente nuevos, pero cada vez son más accesibles y su aparición responde a cierto ingenio en cuanto al aprovechamiento de los residuos, convirtiéndolos en un recurso beneficioso por múltiples razones, ya que no requieren en su producción una elevada transformación si no solo someterlos un proceso de secado, con el fin de reducir su humedad y aumentar el poder calorífico, son productos, por lo general, de gran calidad y como no

requieren una elevada transformación, resultan económicos y con una buena relación precio/calidad.

Las características técnicas de las briquetas de cáscara de almendra son:

- Humedad: En torno al 12%.
- Densidad: 470 kg/m<sup>3</sup>.
- Poder Calorífico Inferior: 4,4 kWh/kg.

Las características técnicas de las briquetas de Hueso de aceituna son:

- Humedad: En torno al 10%.
- Densidad: 670 kg/m<sup>3</sup>.
- Poder Calorífico Inferior: 5,2 kWh/kg.

#### Leña y briquetas, combustibles tradicionales:

La leña ha sido un combustible tradicional y aún se utiliza en instalaciones muy domesticas como las chimeneas y "la gloria" (sistema de calefacción utilizado por los romanos y que ha llegado hasta nuestros días, y sobre su concepción se ha desarrollado el denominado calor radial). Es el producto menos elaborado de estos cinco, y tradicionalmente se han empleado en viviendas unifamiliares.

La leña y las briquetas son poco frecuente en las calderas, aunque cada vez se fabrican más calderas modernas para la combustión de leña o briquetas, aunque en la mayoría de los casos son instalaciones para viviendas unifamiliares y próximas a los puntos de venta de este tipo de biomasa.

La leña se obtiene al trocear troncos de madera. Se puede producir localmente, incluso en el mismo lugar de consumo y dada la variedad de maderas,

procedentes de diversos árboles y arbustos, su poder calorífico dependerá de las características del producto y del porcentaje de humedad que contenga.

Las briquetas provenientes normalmente de los serrines y las virutas de los aserraderos. Tienen forma cilíndrica, pero de mucho mayor tamaño que el pellet, algo menor que un antebrazo y tienden a utilizarse como el sustituto de la leña.

Como debilidad resaltaríamos que su poder calorífico depende de la madera de la que estén hechos, aunque es bastante inferior al de los convencionales como el gas natural o el gasóleo y que requiere bastante espacio de almacenamiento y en unas buenas condiciones de humedad.

Como fortaleza destaca su precio y su estabilidad en el precio, frente a los combustibles fósiles que siempre muestran tendencias al alza.

Sus características varían bastante según el origen de la madera, pero se estima que son:

- Humedad inferior al 10%.
- Poder calorífico por encima de los 4,7 kWh/kg.
- Densidad alrededor de 1000kg/m<sup>3</sup>.
- Porcentaje de cenizas inferior al 0,7%.

Teniendo en cuenta que hay bastante variedad de combustibles sólidos de biomasa, se ha elaborado una tabla resumen en la que se recogen las diferentes propiedades de los diversos combustibles:

Nombre	PCI (kcal/kg)	Humedad (% en masa)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Contenido en cenizas (% en peso)	Dimensiones
<b>Pellets</b>	> 4,0 kWh/kg	< 12	1.000-1.400	< 1,5	Longitud (mm) < 50 Diámetro (mm) 4-10
<b>Astillas</b>	Inferior a 900KWh/m <sup>3</sup>	Entre 20% y 30%			Máximo 63 mm
<b>Cáscara de almendra</b>	Inferior: 4,4 kWh/kg	: En torno al 12%	470 kg/m <sup>3</sup>		Depende del formato, Habitualmente briquetas de unos 30cm. de largo por 10 cm.de diámetro
<b>Hueso de aceituna</b>	5,2 kWh/kg	En torno al 10%	670 kg/m <sup>3</sup>		
<b>Leña y briquetas</b>	por encima de los 4,7 kWh/kg	inferior al 10%	alrededor de 1000kg/m <sup>3</sup>	inferior al 0,7%	Entre los 15 y los 100 cm. y de 2 a 10 cm. De diámetro

**Tabla 11: Resumen de combustibles sólidos de biomasa**

#### 1.1.4.3.2. Biocombustibles líquidos.

Los biocombustibles líquidos se conocen también con el nombre de biocarburantes. Son combustibles de origen orgánico obtenidos a partir de aceites vegetales, grasas animales ó cultivos con alto contenido en azúcares. Se consiguen a través de procesos químicos, siendo capaces de sustituir total ó parcialmente a los combustibles tradicionales procedentes del petróleo. Los principales biocarburantes son: el biodiesel y el bioetanol.

Se destaca de estos productos el hecho de que son de origen renovable, y por ello son menos contaminantes que sus equivalentes fósiles. Su transporte y almacenamiento es más seguro debido al mayor punto de ignición del biodiesel y a la menor inflamabilidad del bioetanol respecto a los convencionales. Además el biodiesel se puede emplear en cualquier vehículo sin realizar modificaciones y posee mayor lubricidad, reduciendo el desgaste del motor.

### El Biodiesel:

Se obtiene a partir de aceites vegetales, siendo éstos los de: colza, palma, soja, girasol, grasas animales o aceites usados. Las etapas para la conversión en biodiesel a partir de aceites vegetales son básicamente dos:

- Primero la conversión de la materia prima en aceite vegetal.
- Seguidamente la transformación química en éter.

### Bioetanol:

Se obtiene a partir de cultivos vegetales con alto contenido en azúcares. A través de la fermentación y posterior destilación del producto se extrae finalmente alcohol etílico de gran pureza.

#### 1.1.4.3.3. Biocombustibles gaseosos

Se obtiene a partir de la descomposición de materia orgánica a la que se mantienen en condiciones de ausencia de oxígeno. El más conocido es el denominado "biogás".

Este "biogás" se genera en dispositivos específicos (digestores) o en medios naturales, a partir de las diferentes reacciones de biodegradación que sufre la materia orgánica mediante la acción de microorganismos, así como de otros factores en ausencia de aire. El gas resultante de dichas reacciones está formado por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), metano (CH<sub>4</sub>), y otros gases aunque en cantidades menores. El contenido en metano, que es fundamentalmente de donde se va a obtener la energía, varía entre un 50 y un 75%.

#### 1.1.4.3.4. Instalaciones para el aprovechamiento de la biomasa

El sistema de aprovechamiento de la biomasa más utilizado es el sistema de calefacción, que consiste básicamente en una caldera que quema el producto de biomasa y dicha combustión calienta un fluido que aprovecha la energía térmica útil y la transmite al ambiente de la zona a calentar.

Estas calderas, además calientan el agua del sistema de agua de consumo para obtener agua caliente.

El calor generado en la caldera eleva la temperatura del fluido caloportador, éste, se distribuye a las zonas calefactadas a una temperatura superior a la estancia. De este modo, el emisor de calor transmite el calor a la estancia, disminuyendo la temperatura del fluido caloportador, que debe ser conducido de nuevo en la caldera para volver a calentarse.

Los emisores o equipos terminales de calefacción son aquellos dispositivos en los que se lleva a cabo un proceso de cesión de energía térmica a aquellos espacios donde se busca alcanzar una temperatura determinada. Los emisores pueden ser de diversos tipos, los más habituales son Radiadores, Fan coils y aerotermos y suelo radiante.

Los radiadores son el grupo de emisores que se emplean con más frecuencia en las instalaciones de calefacción. Se trata de un dispositivo en cuyo interior circula el fluido caloportador y, contrariamente a lo que se podría deducir del nombre de dicho dispositivo, emite calor a la estancia por medio de convección fundamentalmente.

En cuanto a las calderas las hay de diverso tipo y su clasificación se puede realizar en función del tipo de combustible que admiten y la clase de tecnología que utilizan.

### Calderas según el combustible:

#### - Calderas de biomasa:

Pueden tener potencias entre 25 kW y cientos de kW. No permiten la utilización de diferentes combustibles de un modo simultáneo. Aunque si se vacía el silo y se reprograma, admite el cambio de combustible. Este cambio obligaría a realizar cambios en el tornillo sinfín de alimentación y la parrilla de combustión.

#### - Calderas específicas de pellets:

Suelen ser calderas compactas debido a la estabilidad del pellet. Tienen una potencia de hasta 40 KW y son muy eficientes. Es una opción muy competitiva debido a su bajo coste, pequeño tamaño y elevado rendimiento. Siempre que el fabricante lo permita, cabe la posibilidad de abastecerlas utilizando otros biocombustibles de parecidas características.

#### - Calderas mixtas o multicomcombustible:

Admiten distintos tipos de combustible, cambiando de unos a otros de manera rápida y eficiente, como por ejemplo pellets y astillas. Suelen fabricarse para potencias medias (alrededor de 200 kW) o grandes.

### Calderas Según su tecnología:

#### - Calderas convencionales adaptadas para biomasa:

Suelen ser antiguas calderas de carbón adaptadas para poder ser utilizadas con biomasa o calderas de gasóleo con un quemador de biomasa. Aunque

resultan baratas, su eficiencia es reducida, situándose en torno al 75-85%. Suelen ser semi-automáticas ya que, al no estar diseñadas específicamente para biomasa no disponen de sistemas específicos de mantenimiento y limpieza. En España existen varios fabricantes con este tipo de calderas.

- Calderas estándar de biomasa:

Diseñadas específicamente para un biocombustible determinado (pellets, astillas, leña,...), alcanzan rendimientos de hasta un 92%, aunque suele ser posible su uso con un combustible alternativo a costa de una menor eficiencia. Generalmente se trata de calderas automáticas ya que disponen de sistemas automáticos de alimentación del combustible, de limpieza del intercambiador de calor y de extracción de las cenizas.

- Calderas mixtas:

Las calderas mixtas permiten el uso alternativo de dos combustibles, haciendo posible el cambio de uno a otro si las condiciones económicas o de suministro de uno de los combustibles así lo aconsejan. Necesitan un almacenamiento y un sistema de alimentación de la caldera para cada combustible, por lo que el coste de inversión es mayor que para otras tecnologías. Su rendimiento es alto, cercano al 92%, y son calderas totalmente automáticas.

- Calderas de pellets a condensación:

Pequeñas, automáticas y para uso exclusivo de pellets, estas calderas recuperan el calor latente de condensación contenido en el combustible bajando progresivamente la temperatura de los gases hasta que se condensa el vapor de agua en el intercambiador. Mediante esta tecnología, el ahorro de pellets es del 15% respecto a una combustión estándar, logrando así las mayores eficiencias del

mercado, con un rendimiento de hasta el 103% respecto al poder calorífico inferior (PCI).

### Elementos de una caldera de biomasa:

#### - Acumulador de inercia:

El acumulador de inercia o depósito de inercia permite a la caldera trabajar de forma regular, evitando las interrupciones debidas a una demanda insuficiente de calor por parte del sistema de calefacción, por lo que en vez de bloquear la combustión o recalentar el aire ambiente, la caldera puede funcionar y seguir almacenando energía en el depósito de acumulación. Tal energía está disponible cuando se requiera, cuando el agotamiento progresivo del combustible determine una reducción de la potencia generada por la caldera.

El funcionamiento sin interrupciones reduce el humo de las emisiones y a su vez la posible suciedad que se pueda ir depositando en la chimenea, protegiendo la caldera de formaciones nocivas y aumentando el rendimiento global del sistema.

#### - Intercambiador de calor:

En la producción de ACS, se emplea el intercambiador de calor, que es el encargado de permitir la transferencia de calor producido en la combustión al circuito primario. En periodos estivales, el acumulador de inercia posibilita la recarga del acumulador de ACS sin tener que encender la caldera otra vez.

#### - Almacenamiento de combustible:

Las calderas de biomasa también tienen un depósito de combustible, llamado silo. Sin embargo, la diferencia con las calderas convencionales está en la diferencia de el tipo de combustible generalmente, que no suele ser un fluido, y por lo tanto su localización estará enfocada hacia la ubicación de la caldera, de la zona disponible y habilitada para el llenado del camión suministrador, y del tipo de biomasa empelado.

En cuanto al volumen, el silo debe ser bastante mayor que el de los depósitos de los otros tipos de calderas, ya que están pensados para abarcar mayor cantidad de combustible. Generalmente se necesita más cantidad de combustible procedente de la biomasa que combustible convencional para obtener la misma cantidad de energía. Uno de los factores fundamentales es que el silo tendrá que estar perfectamente protegido de las filtraciones de agua, y también estar debidamente ventilado, ya que la formación de hongos en los combustibles suele ser habitual.

[15], [19]

#### 1.1.4.3.5. Ventajas del sistema de biomasa

- Supone la obtención de un combustible renovable, neutro en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub> y competitivo en precio con los combustibles fósiles que se importan desde fuera de España.
- Juega un papel fundamental en la mejora de la gestión de los montes y en el desarrollo socio-económico de las áreas rurales españolas.
- Una fuente de energía inagotable y además apenas contamina el Medio ambiente, ya que no contribuye a la destrucción de la Capa de Ozono.
- Es una fuente de energía renovable, disminuye la dependencia de los combustibles fósiles.

- Existe un gran excedente de biomasa por lo que tiene un coste muy inferior al de la energía convencional: es hasta cuatro veces más barato.
- Gran variedad de combustibles disponibles aptos para consumo en la misma caldera.
- Existe una tecnología muy avanzada, con garantía de funcionamiento, alto rendimiento, y fiabilidad.

#### 1.1.4.3.6. Desvenajas del sistema de biomasa

- Los rendimientos de las calderas de biomasa son algo inferiores a los de las calderas que usan un combustible fósil líquido o gaseoso.
- La biomasa posee menor densidad energética, lo que hace que los sistemas de almacenamiento sean mayores.
- Los sistemas de alimentación de combustible y eliminación de cenizas son más complejos y requieren unos mayores costes de operación y mantenimiento.
- Los canales de distribución de la biomasa no están tan desarrollados como los de los combustibles fósiles.
- Muchos de estos recursos tienen elevados contenidos de humedad, lo que hace que en determinadas aplicaciones pueda ser necesario un proceso previo de secado.

#### 1.1.4.3.7. Consideraciones finales

En los últimos años, a medida que ha ido aumentando la explotación del inmenso potencial disponible y se ha ido consolidando un mercado para la biomasa, aumentando los agentes implicados y los volúmenes comercializados, se han acrecentado los esfuerzos por estandarizar y certificar la calidad de este tipo de combustibles, principalmente las astillas y los pellets (normas ISO 17225), habiendo incluso estudios recientes (BIOMASUD) y normas específicas que también se dirigen a residuos como los huesos de aceituna y las cáscaras de frutos (normas UNE-164003 y UNE-164004, respectivamente).

Las aplicaciones térmicas de la biomasa se pueden realizar principalmente a través de calderas, estufas o chimeneas. Las calderas son los únicos equipos capaces de dar al mismo tiempo calefacción y agua caliente sanitaria, mientras que las estufas y chimeneas permiten calentar la estancia en la que se encuentran ubicadas.

Las calderas pueden instalarse tanto en viviendas unifamiliares como en comunidades de vecinos de cualquier tamaño, ya que se pueden encontrar calderas desde 20 kW hasta más de 1 MW (y tamaños mucho mayores para las redes de calor y las aplicaciones industriales o de generación eléctrica). Por ejemplo, una comunidad de vecinos de 40 viviendas localizada en el centro-norte de España, podría satisfacer sus necesidades de calefacción y agua caliente sanitaria con una caldera de 400-500 kW (la potencia adecuada será necesario estimarla caso por caso, en base a los históricos de consumos de la comunidad en cuestión).

Estas instalaciones suelen ir acompañadas de depósitos de inercia que permiten compaginar un funcionamiento estable de la caldera y una demanda de calor que varía a lo largo del día. Además, las calderas se pueden usar también en el sector industrial, bien para la producción de agua caliente o de vapor de proceso. Por otro lado, las estufas y chimeneas suelen instalarse en viviendas

unifamiliares o locales comerciales, siendo las potencias más habituales de las estufas entre 8 y 15 kW.

El desarrollo tecnológico en los últimos años de calderas y estufas hace que se puedan encontrar en el mercado equipos con un alto grado de automatización (por ejemplo, para la alimentación del combustible o la retirada de las cenizas) y unos niveles de emisiones muy inferiores a los equipos existentes hace unos años.

Una opción especialmente interesante son las redes de calor, que por su mayor eficiencia energética y el aprovechamiento de las economías de escala, permiten llegar a un mayor número de usuarios. Existen ejemplos ya de estas redes de calor en España, desde instalaciones de 400 kW de potencia y varios cientos de metros de tuberías que dan servicio a varios edificios municipales y particulares, hasta instalaciones de alrededor de 15 MW y más de 10 km de red.

IDAE dispone de varios programas de apoyo al uso de biomasa en el sector residencial e industrial.

[19]

### **1.1.5. Descripción del Proyecto**

Previamente, en el apartado "1.1.3.2. Descripción del Edificio", se muestran tanto las superficies habitables como los vecinos que habitan en él, siendo el total de 21 personas estimadas.

A continuación, se van a explicar los sistemas y elementos escogidos para la elaboración del presente proyecto.

### 1.1.5.1. Instalación térmica para ACS

La instalación que se va a establecer en el edificio, está formada por un sistema de captación, sistema de acumulación de ACS y un equipo auxiliar de apoyo, el cual se conecta al depósito acumulador. Dicha instalación alcanza un 42,75% de energía necesaria por la demanda de ACS.

El sistema de captación está formado por 7 colectores. Colector solar plano "Thermosolar TS 111". Tal colector tiene una inclinación de 21,8º respecto a la horizontal. Tal captador está sostenido por un soporte que se montará en el exterior, en la cubierta del edificio, y permitirá las correspondientes dilataciones térmicas que pueda sufrir.

En sistema de acumulación escogido es un Interacumulador Vertical Combinado de 600 litros, que es adecuada a la demanda de ACS del bloque de viviendas.

Para el control y regulación del sistema, se empleará una central electrónica modelo Junkers TDS 100, la cual estará conectada al grupo de bombeo del circuito primario, al depósito de acumulación y a los colectores solares.

En cuanto a los sistemas de seguridad de la instalación, se instalará unas válvulas de seguridad, un vaso de expansión modelo Junkers SAG 18 y un purgador automático ubicado en la parte más elevada del circuito primario.

El sistema de distribución, estará formado por los conductos, las bombas de circulación y la red de tuberías de diámetro interno de 25mm y 28mm de diámetro externo. El aislamiento de las tuberías se llevará a cabo con la espuma elastomérica de la marca "Armaflex".

El aislamiento térmico de todas las tuberías y elementos del circuito primario se llevará a cabo con espuma elastomérica de la marca Armaflex. El espesor del aislamiento según el RITE será de 25 mm en tramos interiores y de 35

mm en tramos exteriores. Sin embargo, se consideran 5mm de aislamiento mas para el este edificio ya que la demanda de ACS se puede producir con frecuencia.

El fluido de trabajo seleccionado es una solución acuosa de monopropilenglicol al 30%. (MPG 30%).

Los elementos de la instalación, a excepción de los colectores y del circuito hidráulico con sus componentes, estarán ubicados en la planta bajo rasante, en una parcela de trastero destinada para ello (silo, caldera, vaso de expansión, interacumulador y la chimenea).

#### 1.1.5.1.1. Captador solar escogido

Una vez determinada la demanda de ACS para el edificio en cuestión, se elige el captador solar plano Thermosolar TS 111.

El captador posee una carcasa exterior de aluminio. Es recomendado para grandes instalaciones. El absorbedor, está fabricado con una aleación Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con un tratamiento selectivo mediante una solución coloidal de níquel. La configuración del serpentín interior permite el conexionado según el sistema Tichelmann. También ofrece la posibilidad de conectar hasta 8 colectores en paralelo. Para mayor economía y comodidad, el colector dispone de racores de conexión. [14]

CARACTERÍSTICAS COLECTOR	
Superficie total	2,53 m <sup>2</sup>
Superficie útil	2,21 m <sup>2</sup>
Fondo	100 mm
Dimensiones	2.018x1.258 mm
Cubierta de vidrio	Cristal de seguridad ESG de 4 mm
Peso en vacío	55 kg
Litros de fluido por colector	1,72 litros
Aislamiento térmico	70 mm de lana mineral ( $\lambda=0,04$ W/Km <sup>2</sup> )

Referencia	Artículo
TS1515	Colector modelo TS 111 con acabado en aluminio anodizado
TS4134	Kit de montaje salida para un colector TS 111 (opcional)

**Figura 8: Características del captador escogido**

#### 1.1.5.1.2. Sistema de acumulación seleccionado

En este caso, se a decidido utilizar un Interacumulador Vertical Combinado de 600 litros, de la marca Chromagen, que responde a las necesidades de ACS del edificio. El interacumulador es de acero con tratamiento vitrificado y con multifunción. Producción y acumulación de agua caliente sanitaria combinado con acumulación de inercia de apoyo a calefacción. Temperatura máxima de trabajo 95° C. Presión máxima de trabajo en ACS y Serpentín 6 bar y 3 bar en inercia / calentamiento respectivamente.[10]

Depósito acumulador doble para el calentamiento de agua caliente sanitaria combinado con acumulación de inercia térmica de apoyo. Acumulador de agua caliente con tratamiento acorde a normativa DIN-4753-3. A continuación se muestran más características:

- Interacumulador: 600litros
- Montaje: Vertical
- Tipo de circuito: Indirecto
- Intercambiador de serpentina
- Superficie de intercambio: 2,5
- Peso (kg): 290 kilogramos en vacío
- Diámetro por altura: 950mm x 1775mm
- Protección ACS: Ánodo de magnesio



**Figura 9: Interacumulador Vertical Combinado 600 litro de Chromagen [10]**

#### 1.1.5.1.3. Vaso de expansión seleccionado

El vaso de expansión elegido es de tipo cerrado ya que, con respecto a los de tipo abierto, son más fáciles de montar, no absorben oxígeno y eliminan las pérdidas de fluido caloportador por evaporación, evitando así la corrosión provocada por el agua de reposición.

Como se puede apreciar en el anexo de cálculos, el vaso que más se ajusta a las necesidades de la instalación es de 18 litros (el mínimo elegible), por lo que se ha seleccionado un vaso de expansión de la marca JUNKERS, modelo SAG 18.

Los accesorios para su incorporación e instalación al circuito serán de la misma casa Junkers, el modelo AAS 1, ya que vienen fabricados para este tipo de vasos y son por lo tanto los más aconsejables.



**Figura 10: Vaso de expansión SAG 18**

#### 1.1.5.1.4. Sistema de control seleccionado

El sistema de control es un sistema de regulación por termostato diferencial el cual actúa sobre la bomba. Este sistema compara la temperatura del agua a la salida del captador con la temperatura del fluido en la parte inferior del acumulador. Cuando la diferencia entre ambas temperaturas supera un valor

previamente definido, el controlador ordenará al grupo de bombeo que se ponga en funcionamiento.

El modelo elegido para el sistema de control pertenece a la marca JUNKERS y el modelo es el TDS 100.

El sistema de control contará con las siguientes características:

- 3 entradas para sondas de temperatura NTC.
- 1 salida por triac, velocidad variable.
- Display LCD iluminado y animado.
- Antihielo electrónico.
- Regulación de velocidad en bomba.
- Dimensiones: 190 x 170 x 50 mm.
- Montaje sobre pared.
- Incluye dos sondas de temperatura NTC.



#### 1.1.5.1.5. Sistema de apoyo o sistema auxiliar

Para el apoyo a la instalación solar térmica, se va a instalar un sistema de una caldera de biomasa, cuyo objetivo será tanto como el apoyo a este sistema como la encargada de generar energía para la calefacción del edificio.

La elección de este tipo de sistemas, nos permite garantizar que la combustión de los combustibles de biomasa serán menos contaminantes, así como más baratos también. En cuanto al ámbito de la contaminación, se consideran más sostenibles debido a que los árboles durante su crecimiento absorben CO<sub>2</sub> de la atmósfera y esta fracción absorbida es mayor que la que generan durante su combustión por lo que se considera nula la contribución de CO<sub>2</sub>. Cabe destacar a su vez que la biomasa presenta un bajo o nulo contenido en azufre, al contrario que ocurre en los combustibles fósiles.

#### 1.1.5.2. Instalación de Biomasa

##### 1.1.5.2.1 Caldera a emplear:

Para ello se ha escogido una Caldera de Biomasa Policombustible GG35K, con una potencia nominal de 31,98 kW. La condición más necesaria e imprescindible es que pueda satisfacer la demanda energética del edificio, que para este caso son 31,93kW.

Este tipo de Calderas de Biomasa admite como combustible Pellet, Hueso de aceituna, cáscara de almendra, cáscara de pistacho, etc.

Esta robusta caldera de biomasa puede disponer de panel digital o analógico para su comodidad. El Panel Digital se equipa con un potente Panel Digital SY250 que automatiza el encendido automático, además éste se puede programar diariamente o semanalmente para su mayor comodidad.[12]

Disponen de sistemas de seguridad electrónicos y mecánicos que permiten evitar un exceso de combustible en la bandeja de combustión evitando quemar más de lo necesario, dispone de control de bombas circulatorias.

Este modelo dispone de dos tomas, una para el circuito de agua térmica o calefacción de manera que podrá conectar radiadores y otros elementos de calefacción, y dispone también de la toma de ACS. También tienen la posibilidad de añadirle un sistema limpieza (únicamente para Pellets) :

- Sistema de Semi-Limpiado : Incorpora adicionalmente una palanca que al accionarla limpia todos los turbuladores acumulando la ceniza en el cajón.
- Sistema de Auto-Limpiado : Incorpora un sistema automático que limpia los turbuladores dejando la ceniza en el cajón de manera automática.

Además esta caldera presenta las siguientes funciones y características:

- Fabricada según normativas UNE12809:2000.
- 3 pasos de humo, pirotubular horizontal.
- Quemador de floración especial policomcombustibles.
- Encendido automático.
- Regulación de temperatura humos.
- Programación mensual/semanal/diaria.
- Pantalla de control digital LCD multifunción.
- Sistemas de seguridad electrónicos y mecánicos.
- Limpieza manual, semiautomática y automática.
- Modulación manual de potencia.
- Doble sinfín alimentador de serie.
- Rendimientos del 89,75% y 92% en función de la potencia de trabajo
- Presión máxima de 2,5 bar.



Figura 12: Caldera Biomasa Policombustible GG35K [12]

#### 1.1.5.2.2. Combustible a emplear:

El combustible escogido para esta caldera es el pellet ya que tiene un poder calorífico superior a los otros combustibles similares de biomasa. Es uno de los más extendidos en este ámbito y se adapta a las condiciones de la vivienda. También en el almacenamiento se aprecia una ventaja, y es que requiere menos espacio que otros combustibles similares.

El tipo de pellet escogido es un pellet de calidad intermedia-alta ofreciendo unas características mostradas en la siguiente figura:

	Pélet baja calidad	Pélet estándar	Pélet alta calidad
<b>Poder Calorífico Inferior</b>			
(kcal/kg)	> 3.000	> 4.000	> 4.300
(kJ/kg)	> 12.500	> 16.700	> 18.000
Humedad b.h. (% en masa)	< 12	< 12	< 10
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	> 1.000	1.000-1.400	> 1.120
Contenido en cenizas (% en peso)	< 6	< 1,5	< 0,5
Longitud (mm)	< 7 x diámetro	< 50	< 5 x diámetro
Diámetro (mm)	< 12	4-10	< 8

Tabla 12: Datos del combustible seleccionado para la calefacción de biomasa

### 1.1.5.2.3. Chimenea y conducto de humos

Para realizar el desalojo de los humos o productos de la combustión, se requiere de una chimenea, para desalojar los humos de combustión. Tal chimenea puede ser la utilizada de las calderas anteriores o instalando otra nueva. Teniendo en cuenta que en las estufas de pellets existe un riesgo de corrosión, debido al contenido en cloro y azufre del combustible y a una temperatura de humos relativamente baja. Para ello se han estimado unos 20 m de tubería.

### 1.1.5.2.4. Silo de pellets

Hoy en día hay fabricantes que producen silos de pellets a medida, para lo cual se necesita un silo de pellets de  $8,74\text{m}^3$  y  $11.372,21\text{kg}$ , cerca de 12 toneladas. Para ello la empresa "Vesta" podría desarrollar uno adecuado a las características de la sala de calderas donde se ubicará el silo.



**Figura 13: Silos de pellets**

### 1.1.6. Plan de Obra

El desarrollo de este proyecto no es de larga duración, sino que se puede considerar de corta duración. A continuación se realizará una planificación general de la duración de cada una de las fases del proyecto, así se podrá prever un control relativo sobre los tiempos de ejecución de la instalación. Para ello se van a fijar una serie de fases en el proyecto y se les va a asignar una duración. Se consideran 8 horas de trabajo diarias.

#### 1.1.6.1. Fases del proyecto

1º Fase: Ingeniería y trámites administrativos

2º Fase: Suministro de equipos

3º Fase: Montaje de instalación

4º Fase: Puesta en marcha

5º Fase: Seguimiento del plan de seguridad y salud

1º Fase: Ingeniería y trámites administrativos:

En esta fase se procesan todos los estudios de ingeniería y se tramitan todos los documentos administrativos. Esta fase engloba la totalidad de la instalación, desde el replanteo hasta la fase de suministro de equipos. A continuación se mostrará la cantidad de horas que emplearán el Director e Ingeniero, a esta cantidad se les debe añadir el tiempo necesario para los trámites administrativos.

Ingeniería y trámites administrativos	unidad	cantidad
<b>Director del proyecto</b>	h	38
<b>Ingeniero técnico</b>	h	98
<b>Total</b>		136

**Tabla 13: Horas distribuidas en la 1º fase del proyecto**

En la tabla anterior mostrada, solo se tienen en cuenta los miembros y las horas dedicadas al proyecto, no se mencionan los trámites administrativos y burocráticos ya que no dependen del proyecto en sí. Estos procesos son los de tramitación en las administraciones pertinentes para conseguir los permisos y autorizaciones de obra, la cual generalmente es proporcionada por el ayuntamiento, llamada licencia municipal de obras. Para ello se puede estimar un intervalo de 1 o 2 semanas.

Resultando un total de 16 días en el ámbito del diseño y estudio de ingeniería.

### 2º Fase: Suministro de equipos:

Se lleva a cabo el suministro de equipos, principalmente constituido por la caldera de biomasa, el captador solar y el sistema de acumulación. Esta fase comienza cuando el proyecto es aceptado. Hasta que no finaliza esta fase, no es posible comenzar con el montaje de la instalación. Se prevé una duración de total de 6 días.

### 3º Fase: Montaje de instalación:

Una vez finalizadas las fases anteriores se procede al montaje de la instalación. El tiempo de duración de cada actividad se menciona en la siguiente tabla:

Descripción de la actividad	Duración
Instalación de los 7 captadores	7c · 3h = 21 horas
Instalación tuberías del circuito primario	14 horas
Instalación de las bombas	5 horas
Instalación del acumulador y accesorios	12 horas
Instalación del sistema auxiliar	13 horas
Instalación del silo de la biomasa	7 horas
<b>TOTAL</b>	<b>72 horas</b>

**Tabla 14: Horas distribuidas en la 3º fase del proyecto. Montaje**

Resultando un total de 9 días

#### 4º Fase: Puesta en marcha:

Para finalizar la instalación, es necesario revisar todos los elementos y conexiones, y así asegurar un buen funcionamiento. Se dedicará 1 día para la puesta a punto de la misma.

#### 5º Fase: Seguimiento del plan de seguridad:

Por otro lado, el ingeniero técnico que se encarga de elaborar el proyecto, a su vez se encargará de realizar un seguimiento del plan de seguridad, que durará las fases 3 y 4, que corresponden al comienzo y fin de la obra en sí.

Quedando un total de 10 días. Este es el periodo es el periodo completo del plan de seguimiento, aunque el Ingeniero Técnico no se dedicara única y exclusivamente a ello durante ese tiempo.

#### DIAGRAMA DE GANTT:

Hay que tener en cuenta que hasta que la administración correspondiente no proporcione la licencia municipal, no se puede comenzar con la 2ºfase, por lo que la primera fase estaría terminada con antelación. Finalmente, reuniendo las fases y actividades, quedaría un cronograma tal que:



Días	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16
Horas		1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8
1ª Fase											
2ª Fase											
3ª Fase											
Instalación de los 7 captadores											
Instalación tuberías del circuito primario											
Instalación de las bombas											
Instalación del acumulador y accesorios											
Instalación del sistema auxiliar											
Instalación del silo de la biomasa											
4ª Fase											
5ª Fase											

### 1.1.7. Resumen del presupuesto

A continuación se va a mostrar una tabla resumen del presupuesto de calculado para el presente proyecto, aunque se mostrará y explicará con mas detalle en el 4º documento "Presupuesto".

Presupuesto de Ejecución Material (PEM)		
Código	Descripción de elemento	Importe total (€) con IVA
1	<u>Instalación Solar Térmica</u>	<b>10389,10</b>
	Captador Solar Thermosolar TS 111	8041,66
	Interacumulador Vertical Combinado 600L Chromagen	1508,63
	Tuberías aisladas	477,80
	Vaso de expansión Junkers SAG 18	163,35
	Controlador Solar Junkers TDS 100	197,65
2	<u>Biomasa</u>	<b>7673,04</b>
	Caldera de Biomasa policomcombustible GG 35 K	3360,00
	Chimenea salida de humos	1391,50
	Silo de Pellets	2621,54
	Válvulas	300,00
3	<u>Mano de obra</u>	<b>1632,00</b>
	Oficial de primera	840,00
	ayudante	792,00
	<b>TOTAL PEM</b>	<b>19694,14</b>

Tabla 15: Tabla resumen del presupuesto de Ejecución Material



Presupuesto de Contrata (PC)	Importe total (€) con IVA
<b>Total PEM (Con IVA)</b>	<b>19694,14</b>
Gastos generales (13% del PEM)	2560,24
Beneficio industrial (6% del PEM)	1181,65
<b>Presupuesto de Contrata (PC)</b>	<b>23436,02</b>

Tabla 16: Tabla resumen del presupuesto de Contrata

Presupuesto Total	Importe total (€) con IVA
Presupuesto de Contrata (PC)	23436,02
Seguridad y Salud	807,60
Director del Proyecto	684,00
Ingeniero Técnico	1568,00
Licencia de Obra (4,5% del PC)	1054,62
<b>PRESUPUESTO TOTAL FINAL</b>	<b>27550,25</b>

Tabla 17: Tabla resumen del presupuesto total

Quedando finalmente un presupuesto para el "Estudio del consumo energético de un bloque de viviendas situado en Altamira (Bilbao)" de **27.550,25€**

### 1.1.8. Normativa y legislación

En la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normativas y legislaciones:

- 1) Reglamentación de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).
- 2) Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Solares Térmicas de Baja Temperatura, del IDAE.
- 3) Sistemas de aprovechamiento térmico (CENSOLAR).
- 4) Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis (Aprobados por el Real Decreto 865/2003).
- 5) Código Técnico de la Edificación (CTE). Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. También destacar una serie de "Documentos Básicos" donde se recogen las exigencias que deben cumplir los edificios, cuyas principales innovaciones son:
  - a) Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE).
  - b) Documento Básico de Seguridad frente a Incendios (DB-SI).
  - c) Documento Básico de Seguridad en su Utilización (DB-SU).
  - d) Edificios más saludables: Salud, higiene y protección del Medio Ambiente.
  - e) Documento Básico de Ahorro Energético (DB-HE): el Documento Básico de Ahorro Energético es uno de los instrumentos de las nuevas políticas

medioambientales del Gobierno. Establece las reglas y procedimientos que permite un cumplimiento de las exigencias básicas de ahorro de la energía. Consistiendo principalmente en el uso racional de la energía en los edificios, reduciendo a los límites sostenibles su consumo y la parte que sea posible que el consumo proceda de energías renovables. El cumplimiento de los requisitos mediante los mínimos establecidos asegura el ahorro de energía. Siendo esta muestra principal referencia en el proyecto tratado. Este documento a su vez se divide en cinco exigencias energéticas básicas:

- i) HE-1: Limitación de la Demanda Energética, donde se establecen los valores límite para los cerramientos de los edificios (fachadas, vidrios, cubiertas, etc.).
- ii) HE-2: Rendimiento de las Instalaciones Térmicas, que se desarrolla dentro del RITE y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.
- iii) HE-3 Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación.
- iv) HE-4 Contribución Solar mínima de Agua Caliente Sanitaria, que obliga a que la producción de agua caliente sanitaria se realice con un aporte obligatorio de energía solar térmica, que varía entre un 30% y un 70% dependiendo de la zona climática en la que se encuentra y la demanda total de ACS.
- v) HE-5: Contribución Fotovoltaica mínima de Energía Eléctrica, que establece que ciertos edificios han de disponer de sistemas de captación y transformación de la energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos.

Normativa UNE de aplicación vigente:

- UNE-EN ISO 22975-3:2015. Energía solar. Componentes y materiales del captador. Captadores solares. Partes 3: Durabilidad del absorbedor solar.
- UNE-EN ISO 9806:2014. Captadores solares térmicos. Métodos de ensayo.
- UNE-EN 12977-5:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 5: métodos de ensayo del rendimiento para los sistemas de regulación.
- UNE-EN 12977-1:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales para los calentadores de agua solares y las instalaciones solares combinadas.
- UNE-EN 12977-2:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo para los calentadores de agua solares y las instalaciones combinadas
- UNE-EN 12977-3:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 3: Métodos de ensayo del rendimiento de los acumuladores de agua de calentamiento solar.
- UNE-EN 12977-4:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 4: Métodos de ensayo del rendimiento para las instalaciones solares combinadas.



- UNE-EN 12975-1:2016+A1:2011. Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 94041-1:2010. Sistemas domésticos de apoyo de consumo calorífico nominal inferior o igual a 70 kW y volumen de acumulación inferior o igual a 300 l, utilizados en instalaciones solares térmicas. Parte 1: Sistemas de apoyo que utilizan combustibles líquidos y gaseosos.
- UNE-ISO 9459-2:2008. Calentamiento solar. Sistemas de calentamiento de agua sanitaria. Parte 2: Métodos de ensayo exteriores para la caracterización y predicción del rendimiento anual de los sistemas solares.
- UNE 94003:2007. Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.
- UNE-EN 12976-1:2006. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12976-2:2006. Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.
- UNE-EN 12976-2:2006. Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica.
- UNE-EN ISO 9488:2001. Energía solar. Vocabulario.

### Seguridad y Salud:

- (1) Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (BOE N° 269, 10 de noviembre de 1995). Modificada por:
  - (a) Ley 50/1998 de 30 de Diciembre (BOE 31/12/98) .
  - (b) RD 5/2000 de 4 de Agosto .
  - (c) Ley 54/2003 de 12 de Diciembre (BOE 14/12/2004).
  - (d) RD 171/2004 DE 30 de Enero donde se desarrolla el Art. 24 de Ley 31/1995.
  
- (2) Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras. (BOE N° 256, 25 de octubre de 1997). Modificada por:
  - (a) RD 21777/2004 de 12 de Noviembre en sus disposiciones finales primera y segunda.
  - (b) RD 604/2006 de 19 de Mayo (BOE 29/05/06).
  - (c) RD 337/2010 de 19 de Marzo.
  
- (3) Real Decreto 485/1997. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. (BOE N° 97, 23 de abril de 1997).
  
- (4) Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril de 1997. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de Trabajo.
  
- (5) Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. (BOE nº 140, de 12 de junio de 1997).



- (6) Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Modificada por:
  - (a) RD 2177/2004 de 12 de Noviembre en sus disposiciones finales primera y segunda.

### 1.1.9. Bibliografía

[1].- Bueno, G., Hacia un modelo energético sostenible para Euskal Herria. (2014), ELA sindikatua, Bilbao. [Consulta 22 de julio]

[2].- AENOR contexto energético actual PDF en: AENOR // Academic, // [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40723065/6-aenor\\_50001.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1528218809&Signature=Ed981eu3oWQYEjob%2BYR%2B6LFtjkc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D6-aenor\\_50001.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40723065/6-aenor_50001.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1528218809&Signature=Ed981eu3oWQYEjob%2BYR%2B6LFtjkc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D6-aenor_50001.pdf). [Consulta 22 de julio de 2018].

[3].- Ley de Economía Sostenible (2/2011, de 4 de marzo). BOE-A-2011-4117. Título III, artículo 77 de la política energética.[Consulta 22 de julio de 2018].

[4].- Google Earth. [Consulta 22 de julio de 2018]

[5].-IDAE (Instituto de Diversificación y Ahorro Energético) Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2010-2020. Ministerios de Industria, Turismo y Comercio. [Consulta 22 de julio 2018].

[6] <http://www.bilbaoturismo.net/BilbaoTurismo/es/clima>[B] <https://es.climate-data.org/location/401/>. [Consulta 22 de julio 2018]

[7] <https://es.climate-data.org/location/401/>. [Consulta 22 de julio 2018]

[8] <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/componentes>. [Consulta 22 de julio 2018]

[9] [http://dl.idae.es/Publicaciones/10374\\_Energia\\_solar\\_termica\\_A2006.pdf](http://dl.idae.es/Publicaciones/10374_Energia_solar_termica_A2006.pdf). [Consulta 22 de julio 2018]

[10] <https://www.merkasol.com/Interacumulador-Vertical-Combinado-600-litros>. [Consulta 22 de julio 2018]

[11]  
<https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>.  
[Consulta 22 de julio 2018]

[12] <http://grupobiosan.com/calderas-de-biomasa/calderas-de-biomasa-policombustible/calderas-de-biomasa-policombustible-gama-domestica-20-35.html>. [Consulta 22 de julio 2018]

[13] <https://certificacionenergetica.info/materiales-mas-usados-para-ac/>.  
[Consulta 22 de julio 2018].

[14] <http://www.teican.com/pdf/COLECTORES.pdf>. [Consulta 22 de julio 2018]

[15]  
[http://www.mincotur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Gu%C3%ADAs%20t%C3%A9cnicas/Guia\\_Instalaciones\\_Biomasa.pdf](http://www.mincotur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Gu%C3%ADAs%20t%C3%A9cnicas/Guia_Instalaciones_Biomasa.pdf). [Consulta 22 de julio de 2018].

[16] <http://ebasl.es/producir-energia-con-la-biomasa/>. [Consulta 22 de julio de 2018].

[17]  
[http://www.eve.eus/EVE/media/EVE/pdf/Estrategia\\_Energetica\\_Vasca2020.pdf](http://www.eve.eus/EVE/media/EVE/pdf/Estrategia_Energetica_Vasca2020.pdf).  
[Consulta 22 de julio 2018].

[18] <https://blog.caloryfrio.com/suelo-radiante-radiadores-que-es-mejor/>

[19] <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biomasa> [B] <http://ebasl.es/producir-energia-con-la-biomasa/>. [Consulta 22 de julio 2018]

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

1º Documento - Memoria

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

1º Documento - Memoria

## **1.2. MEMORIA JUSTIFICATIVA**

En la memoria justificativa del presente proyecto se van a exponer los procedimientos y cálculos desarrollados para el diseño y dimensionamiento de la instalación solar térmica y la caldera de biomasa. Para ello, la demanda de agua caliente sanitaria (ACS) y la demanda de calefacción del bloque han sido calculados según el RD 314/2006 por el cual queda aprobado Código Técnico de la Edificación (CTE), concretamente según el DB-HE de ahorro energético.

En primer lugar, se comienza con la contribución solar mínima de ACS requerida en el edificio.

### **1.2.1. Cálculo de la Instalación Solar Térmica**

#### **1.2.1.1. Datos de inicio:**

- Localidad: Bilbao.
- Provincia: Bizkaia
- Latitud: 43° 15' 40" N
- Longitud: 2° 57' 41" O
- Temperatura para abastecer: 60°C (según el CTE-DB-HE4, para todos los meses del año).

### 1.2.1.1.1. Zona climática:

Según el Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, del Código Técnico de la Edificación, "Zonificación climática en función de la radiación solar global media diaria anual", la zona climática correspondiente al municipio objeto es la zona I, (con un código INE= 48020).

Una vez conocida la zona climática en función de la siguiente tabla se puede identificar la radiación solar global media diaria anual sobre la superficie horizontal (H).

Zona climática	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

**Tabla 18: Radiación solar global media diaria anual. Del CTE DB-HE 4**

De la cual se puede afirmar que su radiación solar global media diaria anual es  $<13,7 \text{ MJ/m}^2$ .

### 1.2.1.2. Contribución solar mínima

"La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual para ACS, o climatización de piscina cubierta, obtenidos a partir de los valores mensuales " es lo que define el CTE DB-HE4 sección 2.2.1.1.

"En la tabla siguiente se establece, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60°C, la contribución solar mínima anual exigida para cubrir las necesidades de ACS en %" según el CTE DB-HE4 sección 2.2.1.2.

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

**Tabla 19: Contribución solar mínima de ACS**

Como se puede ver, el mínimo de contribución solar anual para ACS en % exigido por el CTE en el caso de una zona climática I es de un 30% (independientemente de la demanda de ACS del edificio).

### 1.2.1.3. Demanda energética de ACS:

Para comenzar con el diseño de la instalación de ACS, se va a proceder al cálculo de la demanda energética. Para ello necesitaríamos los datos reales y exactos del consumo de agua de las viviendas, pero en caso de no poseer tal

información, el CTE facilita una serie de datos y métodos con el fin de calcular tal demanda.

Para ello, los datos de consumo de ACS por persona y día, a una temperatura normalizada de 60°C, ofrecidos por CTE DB-HE4 sección 4.1.1. son los siguientes:

<b>Criterio de demanda</b>	<b>Litros/día·unidad</b>	<b>unidad</b>
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

**Tabla 20: Demanda de ACS de referencia a 60°C**

De la cual se puede confirmar que el consumo de litros de ACS por día en vivienda es de 28 l por persona.

Para conocer el consumo total diario de agua se necesita saber el número de personas que residen en el bloque de viviendas. Para ello se utilizará la tabla del CTE DB-HE4, sección 4.1.4 que se aplica en los casos de uso residencial privado siendo estos los valores mínimos atribuidos:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
<i>Número de Personas</i>	1,5	3	4	5	6	6	7

**Tabla 21: Número de personas por dormitorios en viviendas. CTE DB-HE4**

"En los edificios de viviendas multifamiliares se utilizará el factor de centralización correspondiente al número de viviendas del edificio que multiplicará la demanda diaria de agua caliente sanitaria a 60 °C calculada." Según el CTE DB-HE4 sección 4.1.5, lo cual nos deja una tabla de factores de centralización tal:

Nº viviendas	N≤3	4≤N≤10	11≤N≤20	21≤N≤50	51≤N≤75	76≤N≤100	N≥101
<i>Factor de centralización</i>	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70

**Tabla 22: Factor de centralización según el número de viviendas**

En el caso del edificio objeto de estudio: 5 viviendas de 2 dormitorios, a 3 personas por vivienda y un consumo de 28 litros por persona. 4 viviendas de 1 dormitorio a 1,5 personas por vivienda y un consumo de 28 litros por persona. Con un factor de centralización de 0,95 (ya que hay 4 + 5 viviendas = 9 en total.  $4 \leq 9 \leq 10$ ). Teniendo en cuenta las tablas anteriores y los criterios del CTE calculamos la demanda de ACS.

Ecuación (1):

$$D = \left( N^{\circ} P \text{ Vivienda} \times N^{\circ} \text{Viviendas} \times \frac{L \times P}{\text{día}} \right) \times FC$$

Donde se distinguen:

- D= Demanda (l)
- FC= Factor centralización
- P= Personas
- L= Litros de agua por persona

Resultando 558,6 litros de ACS en un día en el conjunto del bloque.

A continuación se calcula la demanda de ACS por cada mes, resultando la tabla siguiente:

	Litros al día	Nº días	Litros al mes
<b>Enero</b>	558,6	31	17316,6
<b>Febrero</b>	558,6	28	15640,8
<b>Marzo</b>	558,6	31	17316,6
<b>Abril</b>	558,6	30	16758
<b>Mayo</b>	558,6	31	17316,6
<b>Junio</b>	558,6	30	16758
<b>Julio</b>	558,6	31	17316,6
<b>Agosto</b>	558,6	31	17316,6
<b>Septiembre</b>	558,6	30	16758
<b>Octubre</b>	558,6	31	17316,6
<b>Noviembre</b>	558,6	30	16758
<b>Diciembre</b>	558,6	31	17316,6

**Tabla 23: Demanda mensual de ACS para el bloque de viviendas**

Una vez calculada la demanda de ACS mensual en el bloque, se calcula la demanda calorífica, la cual indica la cantidad de calor necesario mensual para calentar el ACS. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

Ecuación (2):

$$Q_{acs} = C_e \cdot M \cdot \rho \cdot N \cdot (T_{ac} - T_r)$$

Donde se distinguen:

- $Q_{acs}$ : carga calorífica mensual de calentamiento de ACS (kJ/mes)
- $C_e$ : Calor específico del agua (4,18 kJ/Kg°C)
- $M$ : Consumo medio diario (l/día)
- $N$ : N° de días del mes
- $T_{ac}$ : Temperatura de agua caliente, 60°C
- $T_r$ : Temperatura de agua de red (°C)
- $\rho$ : Densidad del agua, 1 Kg/l

(Aunque se ha calculado previamente la demanda de ACS por cada mes, se prefiere exponer a continuación el número de días de mes y el consumo diario de ACS).

Por otro lado la temperatura diaria media mensual de agua fría ( $T_r$ ) según CTE DB-HE4 apéndice B y según la guía técnica de agua caliente sanitaria central del IDAE, en el caso de Bilbao, quedarían reflejadas en la siguiente tabla:



Meses	Nº dias	Ce (kJ/Kg°C)	M (l/dia)	Tac (°C)	Tr (°C)	Qacs (kJ/mes)	Qacs (W/h)
Enero	31	4,18	558,6	60	9	3691552,788	1378,26792
Febrero	28	4,18	558,6	60	10	3268927,2	1351,24306
Marzo	31	4,18	558,6	60	10	3619169,4	1351,24306
Abril	30	4,18	558,6	60	11	3432373,56	1324,21819
Mayo	31	4,18	558,6	60	13	3402019,236	1270,16847
Junio	30	4,18	558,6	60	15	3152179,8	1216,11875
Julio	31	4,18	558,6	60	17	3112485,684	1162,06903
Agosto	31	4,18	558,6	60	17	3112485,684	1162,06903
Septiembre	30	4,18	558,6	60	16	3082131,36	1189,09389
Octubre	31	4,18	558,6	60	14	3329635,848	1243,14361
Noviembre	30	4,18	558,6	60	11	3432373,56	1324,21819
Diciembre	31	4,18	558,6	60	10	3619169,4	1351,24306

Tabla 24: Demanda energética de ACS

Resultando un total anual de:

- Qacs (MJ/mes): **40254,5035**
- Qacs (W/h): **15323,0962**

#### 1.2.1.4. Cálculo de la instalación:

Para el predimensionamiento de la superficie del captador y para el acumulador, se deben de tener en cuenta una serie de condiciones fijadas por CTE DB-HE sección 4 y el RITE (ITE 10.1.3.2.).

Se comienza calculando el área del colector que estará marcada por la ecuación mostrada a continuación definida en el RITE (ITE 10.1.3.2):

Ecuación (3):

$$1,25 \leq 100 \cdot \frac{A}{M} \leq 2$$

Donde se distinguen:

- A = Suma de las áreas de los colectores ( $m^2$ )
- M = Consumo medio diario de los meses de verano (l/día).

Siendo M=558,6 l/día, queda que la superficie captadora está comprendida entre:

$$6,98m^2 \leq A \leq 11,72m^2$$

Por otro lado para calcular el área de captadores de la instalación, en el apartado 2.2.5 de DB-HE4 del CTE nos indica que "el sistema de acumulación solar se debe dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día, y no solo en función de la potencia del generador (captadores solares), y por lo tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser esta simultánea con la generación". "Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición siguiente":

Ecuación (4):

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

Donde se distinguen:

- A = Suma de las áreas de los captadores ( $m^2$ ).
- V = Volumen de la acumulación solar ([litros]).

Como se ha mencionado antes, el volumen de acumulación tiene que ser en acorde con la demanda a lo largo del día, por lo que:

Siendo  $V = 558,6$  l/día, queda:

$$3,10\text{m}^2 < A < 11,72\text{m}^2$$

### (CONCLUSIÓN Y RAZÓN DE ELECCIÓN)

*Comparando ambos resultados, se aprecia que el rango definido por el RITE (ITE 10.1.3.2) es más concreto, definiendo un mínimo de área mayor, por lo que se opta por este parámetro en vez de el calculado mediante CTE DB-HE.*

Para ello se va a elegir el colector solar plano THERMOSOLAR TS 111 de superficie  $2,22\text{m}^2$ . En total se van a usar 7 captadores de este estilo para abarcar un área final de  $15,54\text{m}^2$ .

*El motivo de la elección de un área de  $15,54\text{m}^2$  ha sido consecuencia del procedimiento de ensayo y error, ya que las superficies captadoras totales menores de  $11,72\text{m}^2$ , con las pérdidas correspondientes, no llegaban al mínimo de cobertura solar exigida por el CTE (30%), y siendo esta la principal condición a cumplir, se ha optado por aumentar la superficie de colectores, para poder satisfacer las necesidades del edificio.*

Una vez establecida el área y seleccionado el captador, se determina el volumen de ACS. El RITE (ITC-ITE 10.1.3.2.) establece que "en las instalaciones cuyo consumo sea constante a lo largo del año, el volumen del depósito de acumulación cumplirá la condición":

Ecuación (5):

$$0,8 \cdot M \leq V \leq M$$

Resultando:

$$446,88 \leq V \leq 558,60$$

Para ello, se decide utilizar el Interacumulador Vertical Combinado de 600 l de Chromagen.

#### 1.2.1.5. Cálculo de la cobertura solar. Método F-Chart.

De los varios métodos que hay para calcular la cobertura solar, hay que acudir a los que vengan de entidades de reconocida solvencia y estén garantizados por la experiencia práctica. Se debe usar un sistema adecuado a las características de la instalación solar, pero a pesar de su complejidad y tamaño se debería optar por algo simplificado y no difícil de usar.

Para el dimensionamiento de la instalación solar térmica se utilizará el método de las curvas de F-Chart, ya que está recomendado en el CTE y en el Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Solares Térmicas de IDAE. Se considera un método bastante exacto para largas estimaciones.

Tal sistema permite el cálculo de la cobertura del sistema solar y de el rendimiento medio en un largo periodo de tiempo. Esto es, se puede determinar la aportación de calor que realiza la instalación solar y de el rendimiento que ofrece el conjunto de la instalación, así como la magnitud del sistema auxiliar que se necesita para cubrir la demanda de calor, para todo tipo de edificios, con captadores solares planos. Utiliza datos mensuales y medios meteorológicos con una serie de cálculos internos para ello.

La aplicación sistemática del F-Chart se basa en la identificación de variables adimensionales del sistema de calentamiento solar, y utiliza la simulación

de funcionamiento mediante ordenador para calcular las relaciones entre tales variables y el rendimiento medio del sistema para un extenso periodo de tiempo.

A continuación se muestra la ecuación utilizada en F-Chart:

Ecuación (6):

$$f = 1,029 \cdot D_1 - 0,065 \cdot D_2 - 0,245 \cdot D_1^2 + 0,0018 \cdot D_2^2 + 0,0215 \cdot D_1^3$$

Donde se distingue:

- $D_1$  = relación entre la energía absorbida por el captador y carga calorífica mensual..
- $D_2$  = Relación entre la energía perdida por el captador y la carga calorífica mensual.

Para la cual se definen unas pautas concretas en tal orden:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de A.C.S. o calefacción.
2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador o captadores.
3. Cálculo del parámetro  $D_1$ .
4. Cálculo del parámetro  $D_2$ .
5. Determinación de la gráfica  $f$ .
6. Valoración de la cobertura solar mensual.

## 7. Valoración de la cobertura solar anual y formación de tablas.

### 1.2.1.5.1. Energía teórica aprovechable

Para el cálculo de la energía que incide en un día medio de cada mes sobre metro cuadrado de superficie en los captadores (R), se necesita la tabla de irradiación horizontal media (H) de la provincia objeto de estudio. En este caso para Bilbao, Bizkaia. Posteriormente se va a determinar en función de la inclinación.

Para la corrección de tales valores, se emplea la siguiente expresión:

Ecuación (7):

$$R = H \cdot k \cdot k' \cdot k''$$

Donde se distinguen:

- R: Radiación incidente en un día medio de cada mes sobre metro cuadrado de superficie inclinada (KJ día/m<sup>2</sup>)
- H: Irradiación horizontal media diaria incidente en un metro cuadrado de superficie (KJ día/m<sup>2</sup>)
- k: Es el factor de corrección para superficies inclinadas. Representa el cociente entre la energía total que incide en un día sobre la superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un ángulo determinado y otra horizontal. Es función de la inclinación de los colectores solares y de la latitud del lugar en que se disponga la instalación.
- k': Es el coeficiente influenciado por efectos de la atmósfera.
- k'': la desviación respecto al sur geográfico. Normalmente se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación (8):

$$k'': 1,14 - 0,0085 \cdot \alpha$$

Donde se distingue:

- $\alpha$ : Es el ángulo de la desviación que debe estar comprendido entre 20° y 70°.

A continuación se calcula la radiación incidente en un día medio con los siguientes datos correspondientes a la ubicación y colocación del edificio teniendo en cuenta las pérdidas por orientación, inclinación y posibles sombras.

Para ello, se toman los datos del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, "Energía en megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes":



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO	
1	ÁLAVA	4,6	6,9	11,2	13	14,8	16,6	18,1	17,3	14,3	9,5	5,5	4,1	11,3
2	ALBACETE	6,7	10,5	15	19,2	21,2	25,1	26,7	23,2	18,8	12,4	8,4	6,4	16,1
3	ALICANTE	8,5	12	16,3	18,9	23,1	24,8	25,8	22,5	18,3	13,6	9,8	7,6	16,8
4	ALMERÍA	8,9	12,2	16,4	19,6	23,1	24,6	25,3	22,5	18,5	13,9	10	8	16,9
5	ASTURIAS	5,3	7,7	10,6	12,2	15	15,2	16,8	14,8	12,4	9,8	5,9	4,6	10,9
6	ÁVILA	6	9,1	13,5	17,7	19,4	22,3	26,3	25,3	18,8	11,2	6,9	5,2	15,1
7	BADAJOS	6,5	10	13,6	18,7	21,8	24,6	25,9	23,8	17,9	12,3	8,2	6,2	15,8
8	BALEARES	7,2	10,7	14,4	16,2	21	22,7	24,2	20,6	16,4	12,1	8,5	6,5	15
9	BARCELONA	6,5	9,5	12,9	16,1	18,6	20,3	21,6	18,1	14,6	10,8	7,2	5,8	13,5
10	BURGOS	5,1	7,9	12,4	16	18,7	21,5	23	20,7	16,7	10,1	6,5	4,5	13,6
11	CÁCERES	6,8	10	14,7	19,6	22,1	25,1	28,1	25,4	19,7	12,7	8,9	6,6	16,6
12	CÁDIZ	8,1	11,5	15,7	18,5	22,2	23,8	25,9	23	18,1	14,2	10	7,4	16,5
13	CANTABRIA	5	7,4	11	13	16,1	17	18,4	15,5	13	9,5	5,8	4,5	11,3
14	CASTELLÓN	8	12,2	15,5	17,4	20,6	21,4	23,9	19,5	16,6	13,1	8,6	7,3	15,3
15	CEUTA	8,9	13,1	18,6	21	24,3	26,7	26,8	24,3	19,1	14,2	11	8,6	18,1
16	CIUDAD REAL	7	10,1	15	18,7	21,4	23,7	25,3	23,2	18,8	12,5	8,7	6,5	15,9
17	CÓRDOBA	7,2	10,1	15,1	18,5	21,8	25,9	28,5	25,1	19,9	12,6	8,6	6,9	16,7
18	LA CORUÑA	5,4	8	11,4	12,4	15,4	16,2	17,4	15,3	13,9	10,9	6,4	5,1	11,5
19	CUENCA	5,9	8,8	12,9	17,4	18,7	22	25,6	22,3	17,5	11,2	7,2	5,5	14,6
20	GERONA	7,1	10,5	14,2	15,9	18,7	19	22,3	18,5	14,9	11,7	7,8	6,6	13,9
21	GRANADA	7,8	10,8	15,2	18,5	21,9	24,8	26,7	23,6	18,8	12,9	9,6	7,1	16,5
22	GUADALAJARA	6,5	9,2	14	17,9	19,4	22,7	25	23,2	17,8	11,7	7,8	5,6	15,1
23	GUIPÚZCOA	5,5	7,7	11,3	11,7	14,6	16,2	16,1	13,6	12,7	10,3	6,2	5	10,9
24	HUELVA	7,6	11,3	16	19,5	24,1	25,6	28,7	25,6	21,2	14,5	9,2	7,5	17,6
25	HUESCA	6,1	9,6	14,3	18,7	20,3	22,1	23,1	20,9	16,9	11,3	7,2	5,1	14,6
26	JAÉN	6,7	10,1	14,4	18	20,3	24,4	26,7	24,1	19,2	11,9	8,1	6,5	15,9
27	LEÓN	5,8	8,7	13,8	17,2	19,5	22,1	24,2	20,9	17,2	10,4	7	4,8	14,3
28	LÉRIDA	6	9,9	18	18,8	20,9	22,6	23,8	21,3	16,8	12,1	7,2	4,8	15,2
29	LUGO	5,1	7,6	11,7	15,2	17,1	19,5	20,2	18,4	15	9,9	6,2	4,5	12,5
30	MADRID	6,7	10,6	13,6	18,8	20,9	23,5	26	23,1	16,9	11,4	7,5	5,9	15,4
31	MÁLAGA	8,3	12	15,5	18,5	23,2	24,5	26,5	23,2	19	13,6	9,3	8	16,8
32	MELILLA	9,4	12,6	17,2	20,3	23	24,8	24,8	22,6	18,3	14,2	10,9	8,7	17,2
33	MURCIA	10,1	14,8	16,6	20,4	24,2	25,6	27,7	23,5	18,6	13,9	9,8	8,1	17,8
34	NAVARRA	5	7,4	12,3	14,5	17,1	18,9	20,5	18,2	16,2	10,2	6	4,5	12,6
35	ORENSE	4,7	7,3	11,3	14	16,2	17,6	18,3	16,6	14,3	9,4	5,6	4,3	11,6
36	PALENCIA	5,3	9	13,2	17,5	19,7	21,8	24,1	21,6	17,1	10,9	6,6	4,6	14,3
37	LAS PALMAS	11,2	14,2	17,8	19,6	21,7	22,5	24,3	21,9	19,8	15,1	12,3	10,7	17,6
38	PONTEVEDRA	5,5	8,2	13	15,7	17,5	20,4	22	18,9	15,1	11,3	6,8	5,5	13,3
39	LA RIOJA	5,6	8,8	13,7	16,6	19,2	21,4	23,3	20,8	16,2	10,7	6,8	4,8	14
40	SALAMANCA	6,1	9,5	13,5	17,1	19,7	22,8	24,6	22,6	17,5	11,3	7,4	5,2	14,8
41	STA. C. DE TENERIFE	10,7	13,3	18,1	21,5	25,7	26,5	29,3	26,6	21,2	16,2	10,8	9,3	19,1
42	SEGOVIA	5,7	8,8	13,4	18,4	20,4	22,6	25,7	24,9	18,8	11,4	6,8	5,1	15,2
43	SEVILLA	7,3	10,9	14,4	19,2	22,4	24,3	24,9	23	17,9	12,3	8,8	6,9	16
44	SORIA	5,9	8,7	12,8	17,1	19,7	21,8	24,1	22,3	17,5	11,1	7,6	5,6	14,5
45	TARRAGONA	7,3	10,7	14,9	17,6	20,2	22,5	23,8	20,5	16,4	12,3	8,8	6,3	15,1
46	TERUEL	6,1	8,8	12,9	16,7	18,4	20,6	21,8	20,7	16,9	11	7,1	5,3	13,9
47	TOLEDO	6,2	9,5	14	19,3	21	24,4	27,2	24,5	18,1	11,9	7,6	5,6	15,8
48	VALENCIA	7,6	10,6	14,9	18,1	20,6	22,8	23,8	20,7	16,7	12	8,7	6,6	15,3
49	VALLADOLID	5,5	8,8	13,9	17,2	19,9	22,6	25,1	23	18,3	11,2	6,9	4,2	14,7
50	VIZCAYA	5	7,1	10,8	12,7	15,5	16,7	17,9	15,7	13,1	9,3	6	4,6	11,2
51	ZAMORA	5,4	8,9	13,2	17,3	22,2	21,6	23,5	22	17,2	11,1	6,7	4,6	14,5
52	ZARAGOZA	6,3	9,8	15,2	18,3	21,8	24,2	25,1	23,4	18,3	12,1	7,4	5,7	15,6

Tabla 25: Energía en megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes



Para la determinación de  $k$ , se usa la tabla de corrección del parámetro  $k$  para una latitud de  $43^\circ$  (Bilbao) con una inclinación del tejado de  $21,8^\circ$ . Se tomarán los valores de  $20^\circ$ . (Tabla extraída del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura).

LATITUD =  $43^\circ$

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,08	1,07	1,05	1,03	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,08	1,1	1,09
10	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,03	1,04	1,07	1,11	1,16	1,19	1,18
15	1,22	1,18	1,13	1,08	1,05	1,03	1,05	1,09	1,15	1,23	1,27	1,26
20	1,28	1,22	1,16	1,09	1,05	1,03	1,05	1,1	1,19	1,29	1,35	1,33
25	1,33	1,26	1,18	1,1	1,04	1,02	1,04	1,11	1,22	1,34	1,42	1,4
30	1,37	1,29	1,2	1,1	1,03	1	1,03	1,11	1,24	1,38	1,48	1,45
35	1,41	1,31	1,2	1,09	1,01	0,98	1,01	1,1	1,25	1,42	1,52	1,5
40	1,43	1,33	1,2	1,07	0,98	0,95	0,98	1,09	1,25	1,44	1,56	1,54
45	1,45	1,33	1,19	1,05	0,95	0,91	0,95	1,06	1,24	1,45	1,59	1,57
50	1,46	1,33	1,17	1,02	0,91	0,87	0,91	1,03	1,23	1,46	1,61	1,58
55	1,46	1,32	1,15	0,98	0,86	0,82	0,86	1	1,21	1,45	1,62	1,59
60	1,45	1,3	1,12	0,94	0,81	0,76	0,81	0,95	1,17	1,44	1,62	1,59
65	1,43	1,27	1,08	0,89	0,75	0,7	0,75	0,9	1,13	1,41	1,61	1,58
70	1,41	1,23	1,03	0,83	0,69	0,64	0,69	0,84	1,09	1,38	1,58	1,56
75	1,37	1,19	0,98	0,77	0,62	0,57	0,62	0,78	1,03	1,34	1,55	1,53
80	1,33	1,14	0,92	0,7	0,55	0,49	0,55	0,71	0,97	1,28	1,51	1,49
85	1,28	1,08	0,85	0,63	0,47	0,42	0,47	0,64	0,9	1,22	1,45	1,44
90	1,22	1,02	0,78	0,56	0,4	0,34	0,39	0,56	0,83	1,16	1,39	1,38

Tabla 26: Corrección del parámetro  $k$  para una latitud de  $43^\circ$ . Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de baja temperatura.

- $k'$ : al no haber datos exactos del edificio, se toman valores intermedios en un rango de 0,75 y 1,20. Se trata de una zona urbana no cercana a puntos de polución, por lo que se opta por el valor  $k' = 1,05$ .
- $k''$ : dado que la desviación respecto al sur geográfico es de  $\alpha = 46,43^\circ$ , se calculará en función de tal, resultando:

$$k'' = 1,14 - 0,0085 \cdot 46,43$$

$$k'' = \mathbf{0,745}$$

Quedando una tabla de resultados, en función de la ecuación () y de los otros parámetros anteriormente explicados y calculados tal que:

Meses	k	k'	k''	H(KJdía/m <sup>2</sup> )	R(KJdía/m <sup>2</sup> )
<b>Enero</b>	1,28	1,05	0,745	5000	5006,4
<b>Febrero</b>	1,22	1,05	0,745	7100	6775,8495
<b>Marzo</b>	1,16	1,05	0,745	10800	9800,028
<b>Abril</b>	1,09	1,05	0,745	12700	10828,6868
<b>Mayo</b>	1,05	1,05	0,745	15500	12731,1188
<b>Junio</b>	1,03	1,05	0,745	16700	13455,4823
<b>Julio</b>	1,05	1,05	0,745	17900	14702,3888
<b>Agosto</b>	1,1	1,05	0,745	15700	13509,4575
<b>Septiembre</b>	1,24	1,05	0,745	13100	12706,869
<b>Octubre</b>	1,38	1,05	0,745	9300	10039,3965
<b>Noviembre</b>	1,48	1,05	0,745	6000	6946,38
<b>Diciembre</b>	1,45	1,05	0,745	4600	5217,6075

**Tabla 27: Radiación Incidente**

#### 1.2.1.5.2. Cálculo del parámetro D1:

Recordando que el parámetro D<sub>1</sub> define la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes y cuya expresión es la siguiente:

Ecuación(9):

$$D_1 = \frac{\text{Energía absorbida por captador}}{\text{Carga calorífica mensual (Qacs)}}$$

Para ello definimos la "Energía absorbida por el captador" que la llamamos (Eac) y se calcula mediante la ecuación:

Ecuación (10):

$$E_{ac} = S_c \cdot Fr'(\tau\alpha) \cdot R \cdot N$$

Donde se distinguen:

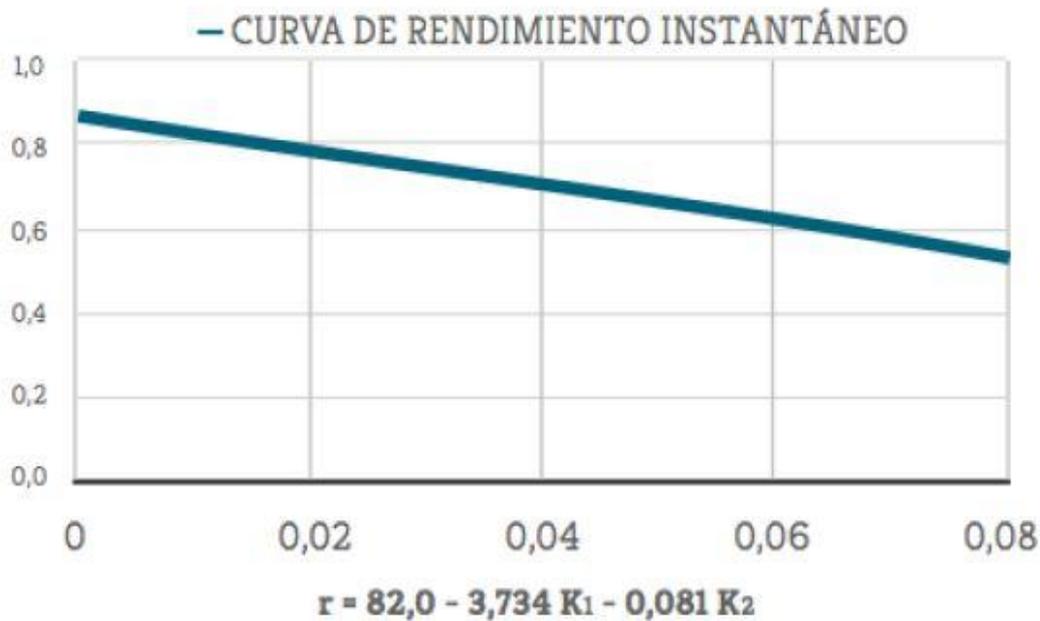
- $S_c$ : Superficie del captador ( $m^2$ ).
- $R$ : Radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área ( $KJ/m^2$ ).
- $N$ : Número de días del mes.
- $Fr'(\tau\alpha)$ : factor adimensional que se define como:

Ecuación (11):

$$Fr'(\tau\alpha) = Fr(\tau\alpha)n \cdot \frac{\tau\alpha}{\tau\alpha(n)} \cdot \frac{Fr'}{Fr}$$

Donde se distingue:

- $Fr(\tau\alpha)$ : factor de eficiencia óptica del captador. La ordenada en el origen de la curva característica del captador.
- $\tau\alpha/\tau\alpha(n)$ : Modificación del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0,96 (superficie transparente sencilla) o 0,94 (superficie transparente doble).
- $Fr'/Fr$ : Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0,95.
- A continuación se puede apreciar la curva de eficiencia instantánea proporcionada por el fabricante:



**Gráfica 2: Gráfica de rendimiento del colector**

Finalmente, según la ecuación (), el resultado de  $Fr'(\tau\alpha)$  es:

$$\mathbf{Fr'(\tau\alpha)=0,748}$$

Siendo  $Fr(\tau\alpha)_n=0,82$ ; y  $\tau\alpha/\tau\alpha(n)=0,96$

Entonces, el cálculo de  $D_1$ , expresado anteriormente, se muestra en la siguiente tabla, la cual contiene los siguientes datos y resultados. (La superficie de captadores es  $15,54\text{m}^2$  ya que se necesitan 7 colectores con un área de  $2,22\text{m}^2$ ):



Meses	Sc (m <sup>2</sup> )	Fr' (τ <sub>a</sub> )	R (KJdía/m <sup>2</sup> )	Nº dias	Eac (KJ/mes)	Qacs (KJ/mes)	D1
Enero	15,54	0,748	5006,4	31	1804013,786	3691552,788	0,488686981
Febrero	15,54	0,748	6775,8495	28	2205334,111	3268927,2	0,674635431
Marzo	15,54	0,748	9800,028	31	3531356,986	3619169,4	0,97573686
Abril	15,54	0,748	10828,68675	30	3776153,655	3432373,56	1,100158123
Mayo	15,54	0,748	12731,11875	31	4587550,682	3402019,236	1,34847876
Junio	15,54	0,748	13455,48225	30	4692163,477	3152179,8	1,488545633
Julio	15,54	0,748	14702,38875	31	5297881,11	3112485,684	1,702138306
Agosto	15,54	0,748	13509,4575	31	4868018,45	3112485,684	1,564029186
Septiembre	15,54	0,748	12706,869	30	4431108,861	3082131,36	1,437676836
Octubre	15,54	0,748	10039,3965	31	3617611,395	3329635,848	1,086488601
Noviembre	15,54	0,748	6946,38	30	2422324,962	3432373,56	0,705728826
Diciembre	15,54	0,748	5217,6075	31	1880120,617	3619169,4	0,519489532

Tabla 28: Cálculo de D1

### 1.2.1.5.3. Cálculo del parámetro D2:

Mencionado anteriormente, el parámetro D<sub>2</sub> define la relación entre las pérdidas de energía en el captador, para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento de un mes. Viene definida por la siguiente expresión:

Ecuación (12):

$$D_2 = \frac{\text{Energía perdida por el colector}}{\text{Carga calorífica mensual (Qacs)}}$$

La energía que pierde el colector (E<sub>pc</sub>) en (KJ) se puede expresar como:

Ecuación (13):

$$E_{pc} = Sc \cdot Fr'UL \cdot (100 - ta) \cdot \Delta T \cdot K_1 \cdot K_2$$

En donde se distinguen:

- $Sc$ : Superficie del colector ( $m^2$ ).
- $ta$ : Temperatura media mensual del ambiente ( $^{\circ}C$ ).
- $\Delta T$ : El periodo del tiempo (s).
- $K_1$ : Factor de corrección por almacenamiento. Se puede calcular mediante la expresión:

Ecuación(14):

$$K_1 = \left[ \frac{kg \text{ acumulación}}{75 \cdot Sc} \right]^{-0,25}$$

Siempre y cuando:

$$37,5 < \left[ \frac{kg \text{ acumulación}}{m^2 \text{ captador}} \right] < 300$$

$K_2$ : Factor de corrección para ACS que relaciona la temperatura mínima de ACS, la del agua de red y la media mensual ambiente. Se puede calcular mediante la siguiente expresión:

Ecuación (15):

$$K_2 = (11,6 + 1,18 \cdot tacs + 3,86 \cdot tr - 2,32 \cdot ta)/(100 - ta)$$

Donde se distinguen:

- $tacs$ : Temperatura mínima de ACS ( $^{\circ}C$ )
- $tr$ : temperatura del agua de red ( $^{\circ}C$ )
- $ta$ : temperatura media mensual del ambiente ( $^{\circ}C$ ), se usará la tabla del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de baja temperatura del IDAE, llamada: "Temperatura ambiente media durante las horas de sol, en  $^{\circ}C$ "

Por otro lado el parámetro ( $Fr'UL$ ) se puede definir como:

Ecuación (16):

$$Fr'UL = FrUL \cdot \left(\frac{Fr'}{Fr}\right)$$

Siendo  $FrUL$  la pendiente de la curva característica del colector (coeficiente global de pérdidas de calor).

Cálculo con datos:

$Kg$  acumulación= 558,6 l/día. Y  $Sc=15,54m^2$ .  $2,22m^2$  mide un captador, por 7 captadores escogidos para poder cubrir la demanda de ACS.

$$K_1 = \left[ \frac{kg \text{ acumulación}}{75 \cdot Sc} \right]^{-0,25}$$

$$K_1 = 1,2018$$

Para el cálculo de  $K_2$  se usarán los datos de la siguiente tabla, en la que también se mostrará el resultado:



Meses	Tacs (°C)	Tr (°C)	Ta (°C)	K2
Enero	60	9	10	1,04377778
Febrero	60	10	11	1,07280899
Marzo	60	10	12	1,05863636
Abril	60	11	13	1,08850575
Mayo	60	13	16	1,13642857
Junio	60	15	20	1,17375
Julio	60	17	22	1,24333333
Agosto	60	17	22	1,24333333
Septiembre	60	16	20	1,222
Octubre	60	14	16	1,18238095
Noviembre	60	11	13	1,08850575
Diciembre	60	10	10	1,08666667

Tabla 29: Cálculo de K2

En el caso del colector seleccionado, usaremos una **Fr'UL= 0,005428 (KW/m<sup>2</sup>K)**.

Finalmente, el cálculo de la energía perdida por el colector y el cálculo de D<sub>2</sub> y de los parámetros que intervienen en él, son los siguientes:



Meses	Sc (m <sup>2</sup> )	Fr'UL (KW/m <sup>2</sup> K)	Ta (°C)	Δt (s)	k1	k2	Epc (KJ)	D2
Enero	15,54	0,005428	10	2678400	1,2064	1,04377778	25604020,97	6,9358404
Febrero	15,54	0,005428	11	2419200	1,2064	1,07280899	23505330,72	7,19053356
Marzo	15,54	0,005428	12	2678400	1,2064	1,05863636	25391426,37	7,01581594
Abril	15,54	0,005428	13	2592000	1,2064	1,08850575	24978546,21	7,27733907
Mayo	15,54	0,005428	16	2678400	1,2064	1,13642857	26018307,87	7,64790146
Junio	15,54	0,005428	20	2592000	1,2064	1,17375	24767534,2	7,85727204
Julio	15,54	0,005428	22	2678400	1,2064	1,24333333	26432594,78	8,49243899
Agosto	15,54	0,005428	22	2678400	1,2064	1,24333333	26432594,78	8,49243899
Septiembre	15,54	0,005428	20	2592000	1,2064	1,222	25785667,13	8,36618045
Octubre	15,54	0,005428	16	2678400	1,2064	1,18238095	27070378,56	8,13013188
Noviembre	15,54	0,005428	13	2592000	1,2064	1,08850575	24978546,21	7,27733907
Diciembre	15,54	0,005428	10	2678400	1,2064	1,08666667	26656091,66	7,36525117

Tabla 30: Cálculo de D2

#### 1.2.1.5.4. Cálculo de la cobertura solar:

Una vez calculados los parámetros necesarios para la Ecuación ( ) ( $D_1$  y  $D_2$ ), aplicando la ecuación inicial se calcula la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar.

De esta manera, la energía aprovechable (útil) que se absorbe cada mes,  $Q_u$ , viene dada por la expresión:

Ecuación(17):

$$Q_u = f \cdot Q_a$$

Para la cual, se muestra a continuación la tabla de resultados del método F-Chart, con su porcentaje de cobertura solar mensual y anual, y también los resultados mensuales de  $Q_u$  en función de la demanda de ACS ( $Q_a$ ).



Meses	D1	D2	F	F (%)	Qacs (KJ/mes)	Qutil (Kj/mes)
Enero	0,48869	6,93584	0,08262	8,26194	3691552,788	304993,774
Febrero	0,67464	7,19053	0,21498	21,49759	3268927,2	702740,7035
Marzo	0,97574	7,01582	0,42332	42,33216	3619169,4	1532072,593
Abril	1,10016	7,27734	0,48646	48,64567	3432373,56	1669701,02
Mayo	1,34848	7,64790	0,60297	60,29664	3402019,236	2051303,418
Junio	1,48855	7,85727	0,66017	66,01665	3152179,8	2080963,628
Julio	1,70214	8,49244	0,72551	72,55068	3112485,684	2258129,472
Agosto	1,56403	8,49244	0,67014	67,01374	3112485,684	2085792,988
Septiembre	1,43768	8,36618	0,61905	61,90494	3082131,36	1907991,671
Octubre	1,08649	8,13013	0,44688	44,68793	3329635,848	1487945,33
Noviembre	0,70573	7,27734	0,23403	23,40293	3432373,56	803276,1006
Diciembre	0,51949	7,36525	0,09035	9,03540	3619169,4	327006,6059
<b>Total</b>				<b>43,80385697</b>	<b>40254503,52</b>	<b>17211917,3</b>

Tabla 31: Cálculo de la fracción de carga mensual

Y una vez calculadas las cargas caloríficas, se calcula la carga solar anual:

$$Q_u = f \cdot Q_a$$

Donde en resultados globales:

$$Q_u = 17211917,3 \text{ (KJ/mes)}$$

$$Q_a = 40254503,52 \text{ (Kj/mes)}$$

$$F = Q_u / Q_a = 0,427577434$$

La instalación calculada tiene una cobertura solar anual de 42,75%, con una superficie de colector total de 15,54m<sup>2</sup>. También se cumplen las condiciones que se especifican en el CTE (DB HE-4) las cuales indican que en ningún mes

sobrepase el 110% de la demanda y en no más de tres meses el 100%; Siendo la principal condición el que la cobertura solar anual sea por lo menos un 30%."El dimensionado de la instalación se realizará teniendo en cuenta que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110% de la demanda energética y en no más de tres meses el 100% y a estos efectos no se tomarán en consideración aquellos periodos de tiempo en los cuales la demanda energética se sitúe un 50% por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose medidas de protección".

#### 1.2.1.6. Cálculo de pérdidas

##### 1.2.1.6.1 Cálculo de las pérdidas por colectores

Según el CTE DB-HE sección 4, establece unas pérdidas límite máximas de energía solar debido a la colocación e inclinación, y también las posibles pérdidas por obstáculos que se puedan encontrar. Estas pérdidas se muestran a continuación:

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
<i>Superposición de captadores</i>	20 %	15 %	30 %
<i>Integración arquitectónica de captadores</i>	40 %	20 %	50 %

**Tabla 32: Pérdidas máximas permitidas por el CTE DB-HE 4**

CTE DB-HE4, sección 2.2.3.3.: "En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: las pérdidas por orientación e inclinación, las pérdidas por sombras y las pérdidas totales deberán ser inferiores a los límites estipulados en la tabla

anterior, respecto a los valores de energía obtenidos considerando la orientación e inclinación óptimas y sin sombra alguna."

#### 1.2.1.6.2. Pérdidas por orientación e inclinación:

Las pérdidas por orientación e inclinación se determinan en función de 2 parámetros:

- $\beta$ : Ángulo de inclinación: el cual se define como el ángulo formado por la superficie de los captadores con el plano horizontal. En este caso es  $21,8^\circ$ .
- $\alpha$ : Ángulo de Azimut, previamente mostrado,  $46,43^\circ$ , es el ángulo entre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y entre el meridiano.

A continuación se muestra una figura-esquema para poder calcular tales pérdidas de una forma sencilla:

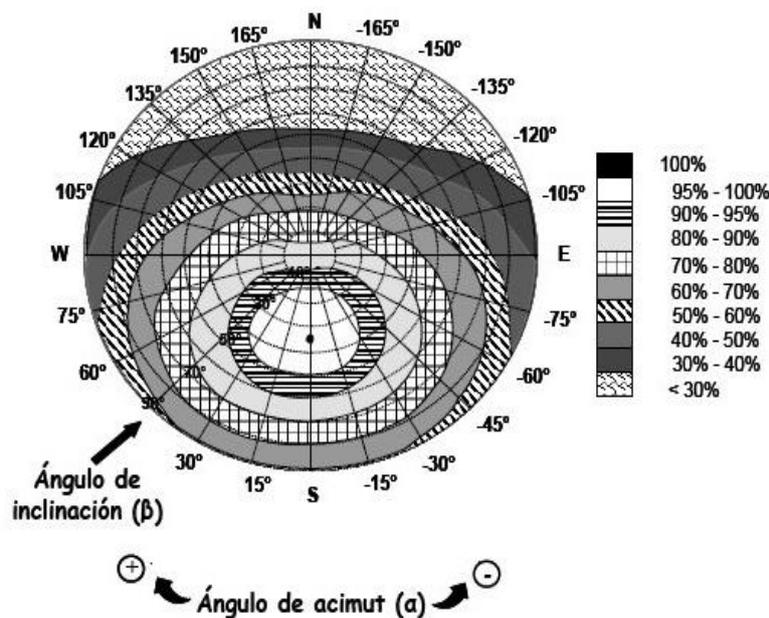


Figura 14: Pérdidas por orientación e inclinación

Por lo tanto, se puede afirmar que el porcentaje de aprovechamiento de la energía incidente en los captadores ronda el 90% - 95%, teniendo un valor máximo de 10%.

#### 1.2.1.6.3. Pérdidas por sombras:

Respecto a las pérdidas por sombras, según el CTE DB-HE, son las pérdidas que sufre una superficie determinada a consecuencia de las sombras circundantes que se puedan presentar en su entorno cercano. Estas pérdidas se expresarían y afectarían al porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre tal superficie.

En el caso del edificio objeto no se aprecian obstáculos remotos que puedan causar pérdidas de este tipo, por lo que se consideran nulas.

#### 1.2.1.6.4. Pérdidas totales:

Una vez consideradas las pérdidas por inclinación y orientación, y descartadas las pérdidas por sombras, se afirma que el presente caso cumple las exigencias definidas en el CTE al no superar en este caso el 10% de pérdidas totales.

#### 1.2.1.7. Sistema de acumulación:

En sí el sistema de acumulación sirve para acumular la energía o el agua con la energía captada en los colectores, para su posterior consumo en las

viviendas. Existen algunos acumuladores, como el escogido en este proyecto, que contienen un intercambiador interno, para facilitar la instalación.

El captador, lógicamente, tiene que ser adecuado a la demanda de ACS del edificio. Los interacumuladores (llamados así porque intercambian la energía del circuito primario al secundario y porque acumulan el ACS) deben de ser lo más adecuados posibles a sus necesidades, ya que un interacumulador pequeño dificulta la transferencia de energía y uno grande reduce la productividad y aumenta las pérdidas de energía por acumulación.

Siendo el consumo de ACS diario del edificio 558,6 litros en total.

Condición fijada y previamente mencionada:

$$555 < M < 888$$

Para el cual se ha escogido el Interacumulador Vertical Combinado de 600 L de la marca Chromagen, de 600 L.

#### 1.2.1.8. Sistema de intercambio

El intercambio de energía se debe producir del circuito primario (con un líquido calorportador) al circuito secundario (circuito de agua). Este intercambiador puede estar colocado fuera del acumulador o internamente. En este caso, el intercambiador está colocado en el interior del acumulador.

Según el CTE, cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de captadores y el sistema de suministro al consumo no debería reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de los captadores.

Debido a que el intercambiador se encuentra en el interior del acumulador, la relación entre la superficie de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0,15

Ecuación (18):

$$\text{Área intercambiador} > 0,15 \cdot \text{Área colectores}$$

Siendo el área del intercambiador el área útil de intercambio, y el área de los colectores, el área de superficie captadora únicamente.

$$A_{\text{intercambiador}} > 0,15 \cdot 15,54\text{m}^2 = 2,33\text{m}^2$$

Siendo el área del intercambiador de 2,5 m<sup>2</sup>, se puede afirmar que cumple la condición.

$$2,5\text{m}^2 > 2,33\text{m}^2$$

#### 1.2.1.9. Fluido de trabajo:

El denominado fluido de trabajo es el fluido del circuito principal, circuito que transfiere la energía desde los colectores hasta el intercambiador. En este caso el intercambiador está dentro del acumulador, por lo que es la transferencia de energía la hace desde los captadores hasta el acumulador.

El circuito primario es un circuito cerrado, en el cual el fluido debe tener ciertas propiedades anticongelantes, y en ocasiones también si se quiere con aditivos para ganar propiedades anticorrosivas. Depende de la ubicación de la instalación, pero siempre con cierto margen para que no sufra congelaciones, para que pueda funcionar o para que no surjan problemas en los periodos más fríos del año. A su vez, tiene que estar adecuado para afrontar los sobrecalentamientos que se puedan dar en momentos de gran radiación solar.

Según el Pliego de Condiciones Técnicas de las Instalaciones de Baja Temperatura, la mínima histórica registrada en Bizkaia son  $-8^{\circ}\text{C}$ , y no teniendo unas temperaturas excesivamente altas.

Para esta instalación solar, se ha elegido un fluido de agua más un porcentaje no muy alto de glicol. Tal porcentaje de glicol puede variar dando diferentes.

% en peso de glicol	Tº de congelación ( $^{\circ}\text{C}$ )
10	-3,2
20	-7,8
30	-14,10
40	-22,3
50	-33,8

**Tabla 33: tabla de valores de congelación en función del % en glicol**

Para tal caso se debe usar un fluido con un porcentaje cercano al 30%, incluso algo menos, para tener cierto margen de seguridad en los momentos gélidos

El fluido de trabajo seleccionado es una solución acuosa de monopropilenglicol al 30%. (MPG 30%). Del cual podemos decir que a una temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$  la solución tiene una densidad de  $1025 \text{ kg/m}^3$ , un calor específico de  $0,922 \text{ Kcal/kg.}^{\circ}\text{C}$  y una viscosidad de  $12,936 \text{ kg/m.h}$ .

A  $45^{\circ}\text{C}$ : La solución tiene una densidad de  $1007 \text{ kg/m}^3$ , un calor específico de  $0,931 \text{ Kcal/kg.}^{\circ}\text{C}$  y una viscosidad de  $4,894 \text{ kg/m.h}$ .

### 1.2.1.10. Red de tuberías:

La red de tuberías juega un papel importante en el diseño de la instalación. Deben ser diseñadas para perder el mínimo de energía posible, por lo que los trazados se diseñarán lo más cortos posibles.

Según el CTE, el caudal del fluido portador se determinará en función de las especificaciones del fabricante como consecuencia del diseño de su producto. El valor del caudal estará comprendido entre 1,2 l/s y 2 l/s por cada 100m<sup>2</sup> de red de captadores, equivalente a 43,2 l/hm<sup>2</sup> y 72l/hm<sup>2</sup> respectivamente. Unas de las tuberías mas empleadas para este tipo de instalaciones son las tuberías de cobre, debido a sus propiedades y su precio, que lo hacen muy competitivo en esta área.

Para el cálculo del circuito primario se considera:

- Velocidad de tuberías < 1,5 m/s, para evitar las erosiones.
- Caudal aproximado de 50l/h por m<sup>2</sup> de superficie captadora
- Pérdida de carga admisible en las tuberías por metro lineal < 40mm.ca.

El diseño de la red de tuberías del circuito primario se ejecutará tanto como para la impulsión como para el retorno, teniendo en cuenta para los cálculos de los diámetros de las conducciones las pérdidas de carga en todos los accesorios que componen el circuito.

El diámetro de la tubería se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

Ecuación(19):

$$D = j \cdot C^{0,35}$$

Donde:

- D: diámetro de la tubería en cm
- C: Caudal en m<sup>3</sup>/h
- J: pérdida de carga unitaria, para tuberías metálicas 2,2

Previo al cálculo del diámetro, se necesita estimar el caudal al que trabajará la instalación. El caudal recomendado es de 50l/h por m<sup>2</sup> cuando el fluido caloportador es agua. Sin embargo, como se ha escogido un fluido del circuito primario compuesto por una disolución acuosa de 30% de monopropilenglicol, hay que recalcular el caudal. Para ello se usará la siguiente expresión:

Ecuación(20):

$$C = \frac{Q \cdot Sc}{C_p}$$

Por lo que:

$$C = \frac{\frac{50l}{m^2h} \cdot 2,22m^2 \cdot 7}{0,931 \frac{Kcal}{Kg^{\circ}C}} = \frac{0,834 m^3}{h}$$

Una vez calculado el caudal, se procede al cálculo del diámetro de la tubería con la ecuación (19), siendo:

- J: 2,2 por pérdidas de tuberías metálicas
- C: 0,834 m<sup>3</sup>/h

Queda un diámetro de: **D=2,064 cm**. Este diámetro es el mínimo, el diámetro interno de la tubería.



Diámetro exterior nominal	Espesores					
	0.75	1	1.2	1.5	2	2.5
	Diámetro interior					
6	4,5	4				
8	6,5	6				
10	8,5	8				
12	10,5	10				
15	13,5	13				
18	16,5	16				
22		20	19,6	19		
28		26	25,6	25		
35		33	32,6	32		
42		40	39,6	39		
54			51,6	51		
63				60	59	
80				77	76	
100					96	95

Tabla 34: Diámetros internos y externos para tuberías de cobre[13]

Quedándonos un diámetro interno de 20,64 mm, se debería escoger el de 28 mm de diámetro externo, y de 25mm interno.[13]

#### 1.2.1.11. Pérdidas de carga

Las pérdidas de carga totales se calculan por:

- Pérdidas correspondientes a las longitud total de tuberías y a los tramos más desfavorables de las tuberías (elementos con longitud equivalente).
- Pérdidas de carga producidas por el intercambiador de calor.
- Pérdida de carga de los colectores solares.

A continuación se va a proceder al cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías

#### 1.2.1.11.1. En las tuberías:

Para calcular las pérdidas de carga en tuberías, se utiliza un gráfico que se muestra a continuación. Estas pérdidas derivan del propio rozamiento del fluido con las tuberías. Debido a que el fluido no es agua pura, sino la mezcla de agua con glicol a un porcentaje, se debe corregir mediante un factor de corrección que es igual a la raíz cuarta del cociente entre la viscosidad de la disolución y la del agua a la temperatura considerada.

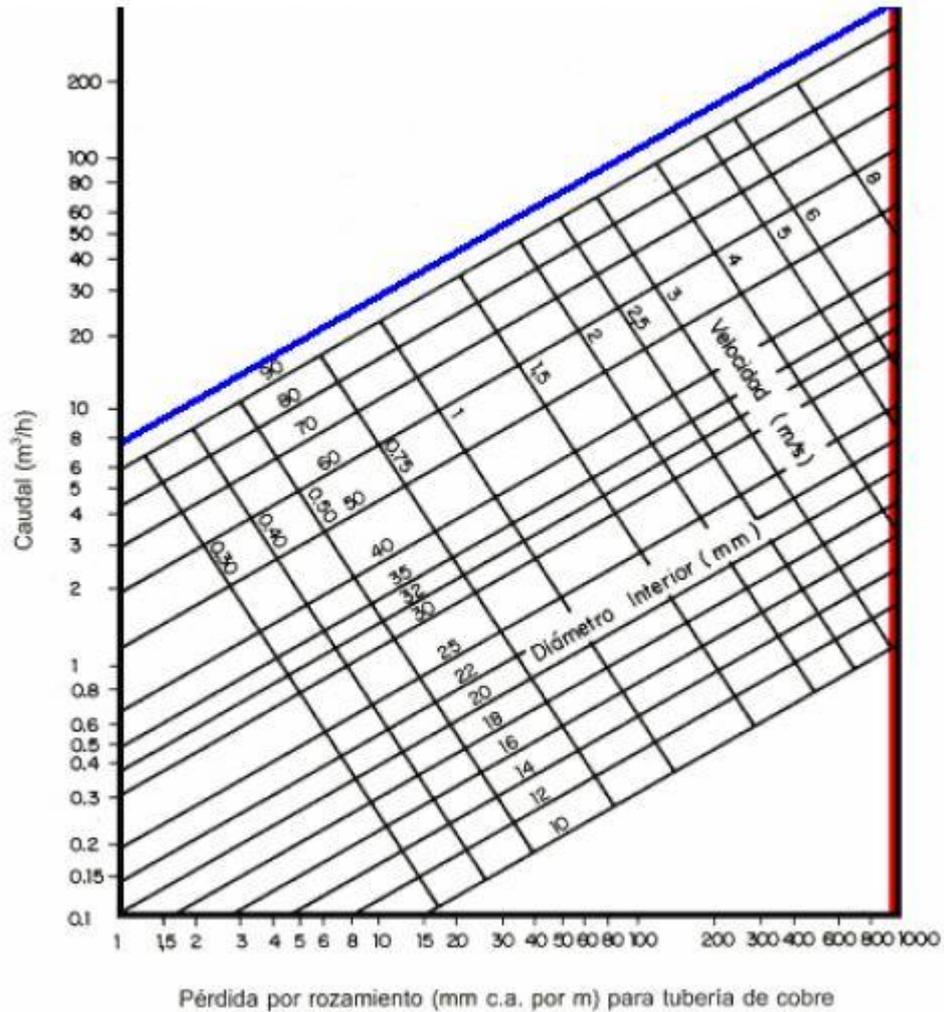
Para calcular necesitamos los datos del fluido caloportador a unos 45°C (temperatura más adecuada a la temperatura de trabajo).

A 45°C:

- La solución tiene una densidad de 1007 kg/m<sup>3</sup>, un calor específico de 0,931 Kcal/kg.°C y una viscosidad de 4,894 kg/m.h.
- El agua tiene una viscosidad de 0,000596 Kg/(m·s) = 2,146 Kg/(mh)

Por lo que:

$$F = \sqrt[4]{\frac{4,894}{2,146}} = 1,229$$



Gráfica 3: Coeficiente de fricción en tuberías de cobre

Mirando en el ábaco, con un caudal de  $0,834 \text{ m}^3/\text{h}$  y un diámetro interno de la tubería de cobre de  $25\text{mm}$ , nos dan unas pérdidas de unos  $13 \text{ mm c.a. por m}$ .

Sin embargo, siendo un líquido con cierta viscosidad diferente al agua, multiplicando el factor de corrección ( $F=1,229$ ) por las pérdidas calculadas previamente, quedarían unas pérdidas finales de : lo que quedaría:  $15,977\text{mm c.a.}$

por m; y una velocidad cercana a los 0,5 m/s. Estos valores cumplen las condiciones del apartado de "Red de tuberías"

#### 1.2.1.12. Aislamiento térmico en tuberías:

Para el espesor del aislamiento de las tuberías de conducción, se diseñara según lo indicado en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Térmicas de Baja Temperatura y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Los espesores mínimos para las tuberías y accesorios que forman el circuito de transporte de un fluido con cierta temperatura, aparecen reflejados en la siguiente tabla:

Fluido interior caliente			
Diámetro exterior (mm) (*)	Temperatura del fluido (°C) (**)		
	40 a 60	61 a 100	101 a 180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

(\*) Diámetro exterior de la tubería sin aislar.

(\*\*) Se escoge la temperatura máxima de red.

**Tabla 35: Espesores mínimos de aislamiento en tuberías interiores según el RITE**

Y para las tuberías del exterior, a la tabla anterior hay que incrementar en 10mm como mínimo. Según el pliego de condiciones, la tabla de espesores mínimos de aislamiento en mm de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior del edificio para tuberías en el exterior es la siguiente:

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60

**Tabla 36: Espesores mínimos de aislamiento en tuberías exteriores en edificios según el RITE**

Según el RITE:

"El ámbito de aplicación de estas condiciones, es para todas las tuberías y accesorios, así como equipos aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan:

a) fluidos refrigerados con temperatura menor que la temperatura del ambiente del local por el que discurran;

b) fluidos con temperatura mayor que 40 °C cuando estén instalados en locales no calefactados, entre los que se deben considerar pasillos, galerías, patinillos, aparcamientos, salas de máquinas, falsos techos y suelos técnicos, entendiéndose excluidas las tuberías de torres de refrigeración y las tuberías de descarga de compresores frigoríficos, salvo cuando estén al alcance de las personas. "

Según el RITE, las tuberías exteriores " la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie. En la realización de la estanquidad de las juntas se evitará el paso del agua de lluvia." Y también que " Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, como redes de agua caliente sanitaria, deben ser los indicados en las tablas anteriores aumentados en 5 mm." Y que deben de ser tanto para las tuberías de retorno como para las de impulsión, siendo las condiciones de trabajo más exigentes el punto de referencia de trabajo para el cálculo de la instalación.

Para este caso se consideran que las tuberías están en un funcionamiento continuo ya que pertenecen a un bloque de viviendas el cual la demanda de ACS puede producirse con frecuencia.

En este caso, ya que las tuberías de la instalación calculadas previamente no superan los 35mm de diámetro (28mm externo y 25mm interno), y siendo 60°C la temperatura máxima de trabajo de fluido, quedaría el aislamiento correspondiente quedaría:

- Interior: 25mm + 5mm por ser instalaciones tuberías de funcionamiento continuo. Total 30mm
- Exterior: 35mm + 5mm por ser instalaciones tuberías de funcionamiento continuo. Total 40mm

Además las tuberías exteriores deben de tener la protección suficiente para garantizar la durabilidad ante la intemperie, y se prestará especial cuidado en la realización de la estanquidad de las juntas al paso del agua de lluvia. Se les tendrá que dar un tratamiento final de protección de pintura asfáltica.

### 1.2.1.13. Cálculo del vaso de expansión:

El vaso de expansión está determinado por los siguientes aspectos:

- K: coeficiente de dilatación del fluido
- Volumen total de la instalación

El depósito de expansión será empleado en el circuito primario. Para calcular el volumen total de la mezcla de monopropilenglicol y agua que circularán a través del circuito primario se usará la siguiente ecuación:

Ecuación (21):

$$V_{total} = V_{tuberías} + V_{captadores} + V_{intercambiador}$$

Suponiendo que la longitud total de tuberías con los accesorios y sus longitudes equivalentes correspondientes son 40m:

Ecuación(22):

$$V_{tuberías} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot 1000$$

Siendo:

- D: Diámetro de la tubería, 0,025 m
- L= 40 metros

Queda un volumen total de 0,01963 m<sup>3</sup>, que en litros son: **19,63 litros**

El volumen total de los captadores es:

- V captadores = 1,72 litros
- Nº captadores = 7

Finalmente nos queda que el volumen final de los captadores es 12,04 litros.

El volumen del intercambiador es de 4,92 Litros

El volumen final quedaría:  $V_{total} = 36,59$  litros

El vaso de expansión se determina a partir del factor de presión  $F_p$ :

Ecuación (23):

$$FP = \frac{P_f - P_i}{P_f}$$

Siendo:

- $P_f$  : Presión máxima de trabajo (10 bar)
- $P_i$  : presión absoluta de la altura manométrica (1,7 bar)

Queda finalmente:

$$FP = 0,83$$

Por otro lado, el coeficiente de dilatación del fluido es:

Ecuación(24):

$$K_{mezcla} = K_{agua} \cdot 1,2$$

A continuación se mostrará una tabla para hallar el coeficiente de dilatación del agua:

Temperatura	Coefficiente de expansión
60	0,0108
70	0,01818
80	0,02556
90	0,03294
100	0,04032
110	0,0477
120	0,05508
130	0,06246
140	0,06984

**Tabla 37: Tabla de coeficiente de expansión del agua**

De la que se puede deducir que a 60°C el agua tiene un coeficiente de 0,0108. Por lo que finalmente quedaría un coeficiente de dilatación de la mezcla de 0,01296

Una vez calculado el coeficiente, finalmente se aplica la expresión por la cual se calcula el volumen del vaso de expansión.

Ecuación (25):

$$V = \frac{K}{100} \cdot VT \cdot \frac{1}{Fp} \cdot 1000 = 4,76l$$

Para este caso, se puede concretar que el volumen del vaso de expansión debería ser de 4,76, sin embargo el mínimo elegible es de 18 litros, y este será el elegido.

### 1.2.2. Calculo De Las Necesidades Energéticas De Calefacción:

A partir de ahora se va a proceder al cálculo de la demanda energética del edificio objeto. Para ello, se van a tener en cuenta el periodo más desfavorable anual, esto es, aquel mes que mayor salto térmico experimente o que menor temperatura registre.

Por consiguiente, se consideran las pérdidas por transmisión o conducción, infiltración y las pérdidas ocasionadas por la ventilación del edificio en cuestión, quedando la siguiente expresión:

Ecuación (25):

$$Q_{calefacción} = Q_{transmisión} + Q_{ventilación} + Q_{infiltración}$$

A continuación se muestra una tabla con las temperaturas mínimas de la localidad:

Mes	Temperatura °C
Enero	6,2
Febrero	6,3
Marzo	7,9
Abril	9
Mayo	11,9
Junio	14,7
Julio	16,8
Agosto	16,7
Septiembre	15,2
Octubre	12,5
Noviembre	8,7
Diciembre	7

Tabla 38: Temperaturas mínimas de la localidad

Siendo la temperatura del mes de enero ( $6,2^{\circ}\text{C}$ ) la temperatura más baja anual. Por otro lado, se debe fijar una temperatura interna fija para calcular el salto térmico, Según el RITE, esta temperatura de "confort" oscila entre los  $21$  y  $23^{\circ}\text{C}$ . Para tal se tomará la temperatura de  $23^{\circ}\text{C}$ , siendo el salto térmico de  $16,8^{\circ}\text{C}$ .

#### 1.2.2.1 Pérdidas por conducción o transmisión:

Las pérdidas por conducción o transmisión corresponden a el calor perdido por los distintos cerramientos del edificios debido a la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior del edificio. Por lo tanto dependerán de los cerramientos utilizados, del espesor y conductividad de estos, y de las temperaturas del exterior e interior consideradas.

Los elementos propios de cierre del edificio (techos, muros..) deben cumplir una serie de normas de aislamiento térmico. Y para garantizar las condiciones de confort en las viviendas se deben de satisfacer unas exigencias, así como evitar la condensación sobre los parámetros.

En primer lugar, se calculan los valores de las propiedades térmicas de los cerramientos que componen la envolvente térmica. Estos parámetros son las transmitancias térmicas (U) de muros de fachada exterior, suelos y cubiertas así como los huecos y balconeras.

Todo ello se va a diseñar en función del CTE DB-HE

Las pérdidas por transmisión de una superficie se calculan mediante la siguiente expresión:

Ecuación (26):

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T$$

Donde se distingue:

- Q: Calor transmitido. (W)
- $\Delta T$ : Diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior. Se puede calcular en °K o en °C, lo que importa en este caso es la diferencia.
- A: Área de superficie a estudiar. (m<sup>2</sup>).
- U: Transmitancia térmica la superficie a calcular. Es la capacidad aislante de un elemento constructivo formado por una o más capas de materiales. (W/m<sup>2</sup>·K) y se calcula a través de la siguiente expresión:

Ecuación (27):

$$U = \frac{1}{Rt}$$

Donde se distingue:

- Rt: Se considera la resistencia térmica total del componente constructivo (m<sup>2</sup>·K/W)
- La resistencia térmica total Rt de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión :

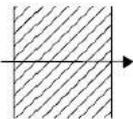
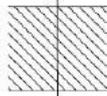
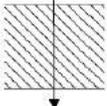
Ecuación (28):

$$Rt = Rse + R1 + R2 + \dots + Rn + Rsi$$

Donde se distingue:

- $R_{se}$  y  $R_{si}$  son las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire exterior e interior respectivamente, de acuerdo con la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio ( $m^2\ k/W$ ).
- $R_1, R_2, \dots, R_n$  son las resistencias térmicas de cada capa ( $m^2\cdot K/W$ ).

Es importante tener en cuenta las resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior, que según el CTE son:

Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2\cdot K/ W$		$R_{se}$	$R_{si}$
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor			
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

**Tabla 39: Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con aire exterior**

Para facilitar el cálculo de las pérdidas por conducción se calculará la transmitancia en conjunto del edificio, esto es, se tomará el interior del bloque como si fuese una única vivienda (ya que las partes compartidas de la comunidad son pequeñas). Por consiguiente, en primer lugar se calcularán las transmitancias de las fachadas exteriores, de la cubierta, del suelo del bloque y de los huecos de la pared (ventanas y balcones) por separado. A su vez se calculará el área total de pared vertical exterior, de cubierta, de suelo y de huecos del bloque.

### 1.2.2.1.1. Pérdidas por conducción de suelo:

A continuación se muestra la tabla de las propiedades generales del suelo, siendo la resistencia y la transmitancia totales las siguientes:

(Tener en cuenta que por debajo hay garajes)

Suelo					
Material	$\lambda$ (W/mK)	e (cm)	e (m)	R (m <sup>2</sup> k/W)	U (W/m <sup>2</sup> K)
<b>Capa de aire exterior</b>				0,04	
<b>Tarima de Guinea Barnizada</b>	0,18	2	0,02	0,11111111	
<b>Cámara de aire</b>	0,025	4	0,04	1,6	
<b>Forjado Hormigón Armado</b>	2,5	30	0,3	0,12	
<b>Mortero Proyectado a la Tirolesa</b>	0,8	1	0,01	0,0125	
<b>Capa de aire interior</b>				0,17	
<b>Total</b>				2,05361111	0,48694711

**Tabla 40: Propiedades y transmitancia total del suelo**

El área total construida del bloque son 231 m<sup>2</sup>, contando el área de viviendas, zona común y partes construidas. Sin embargo para este caso se decide utilizar el área de vivienda construida, sin zona común, quedando un área total de 190,99m<sup>2</sup>.

Teniendo una transmitancia total del suelo de U=0,4869 W/m<sup>2</sup>K, un área total de 190,99m<sup>2</sup> y una diferencia térmica (la diferencia en el mes más desfavorable) de 16,8°C, quedan unas pérdidas en el suelo de:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T = 190,99 \cdot 0,4869 \cdot 16,8 = 1562,2829 \text{ W}$$

### 1.2.2.1.2. Pérdidas por conducción de la cubierta:

A continuación se muestra la tabla de las propiedades generales del techo, siendo la resistencia y transmitancia totales las siguientes:

Techo					
Material	$\lambda$ (W/mK)	e (cm)	e (m)	R (m <sup>2</sup> k/W)	U (W/m <sup>2</sup> K)
Capa de aire exterior				0,04	
Teja Cerámica	1	2	0,02	0,02	
Capa de aire Interna	0,024	4,5	0,045	1,875	
Aislamiento Espuma Poliuretano	0,028	3	0,03	1,07142857	
Forjado Hormigón Armado	2,5	29	0,29	0,116	
Mortero de Yeso	0,8	2	0,02	0,025	
Capa de aire interior				0,1	
<b>Total</b>				<b>3,24742857</b>	<b>0,30793595</b>

**Tabla 41: Tabla de propiedades y transmitancia total de la cubierta**

Para el área del techo, se pueden tomar 2 valores: el primero de ellos es la superficie de cubierta construida (la que coincide con los límites de las paredes verticales) y la otra es la que solo abarca las zonas habitables mas el área de escalera (menor área). El área total construida de techo serían 250,536 m<sup>2</sup>. El área de vivienda mas escalera serían 56,848m<sup>2</sup> + 4m<sup>2</sup> = 60,848m<sup>2</sup>.

Teniendo una transmitancia total de U=0,3079W/m<sup>2</sup>K, un área de 60,848m<sup>2</sup> y una diferencia térmica de 16,8°C (diferencia en el mes más desfavorable), quedan unas pérdidas en el techo de:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T = 60,848 \cdot 0,3079 \cdot 16,8 = 314,749 \text{ W}$$

### 1.2.2.1.3. Pérdidas por conducción en fachada exterior:

Por un lado se han calculado las pérdidas del conjunto de la fachada vertical del bloque sin las ventanas, esto es, al área total de pared se le ha restado el área de huecos, y con su transmitancia se determinan las pérdidas, (hay ventanas de viviendas y hay ventanas en zonas comunes). Posteriormente se ha calculado la transmitancia de las ventanas y balcones y el área total que comprenden para que finalmente se obtengan las pérdidas.

A continuación se muestra la tabla de las propiedades generales de la pared, siendo la resistencia y la transmitancia totales las siguientes:

Fachada Vertical					
Material	$\lambda$ (W/mK)	e (cm)	e (m)	R (m <sup>2</sup> k/W)	U (W/m <sup>2</sup> K)
Capa de aire exterior				0,04	
Pintura Acrílica					
1/2 Pie Ladrillo Cerámico Perforado	0,35	11,5	0,115	0,32857143	
Enfoscado Mortero Hidrófugo	0,76	1,5	0,015	0,01973684	
Aislamiento Espuma Poliuretano	0,028	3	0,03	1,07142857	
Tabique de L.H.D.	0,32	7	0,07	0,21875	
Pintura plástica lisa					
Capa de aire interior				0,13	
<b>Total</b>				<b>1,80848684</b>	<b>0,55294845</b>

**Tabla 42: Propiedades de la fachada y la transmitancia total**

A continuación se muestran las tablas de las ventanas pertenecientes a las fachadas:

Ventanas/Balconeras de viviendas				
Tipología	Cantidad	Ancho (m)	Alto (m)	Área total (m <sup>2</sup> )
M1	4	4,2	2,53	42,504
B	15	1,4	2,48	52,08
C	4	1,4	2,48	13,888
D	12	0,85	2,48	25,296
<b>Suma Total</b>				<b>133,768</b>

**Tabla 43: Superficie de ventanas en fachada exterior**

Siendo las medidas del bloque de 17,50m x 13,20m, nos queda un perímetro de 61,4m, y teniendo una altura de fachada de 10,35m finalmente el área total de fachada con ventanas sería de 635,45m<sup>2</sup>.

- Área de fachada con ventanas: 635,45m<sup>2</sup>
- Área total de ventanas (Solo viviendas): 133,768m<sup>2</sup>

Restando nos queda un área de fachada sin ventanas de 501,682m<sup>2</sup>

Teniendo una transmitancia total de  $U=0,5529\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , un área de 501,682m<sup>2</sup> y una diferencia térmica de 16,8°C (diferencia en el mes más desfavorable), quedan unas pérdidas de la fachada sin huecos de:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T = 501,682 \cdot 0,5529 \cdot 16,8 = 4659,9836 \text{ W}$$

Por otro lado, siendo el cristal la mayor parte de las ventanas y balconeras, y no teniendo datos suficientes de las ventanas, se toma como valor general de transmitancia para todas las ventanas  $U=2,55\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

Teniendo una transmitancia de  $U=2,55\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , un área de 133,768m<sup>2</sup> y una diferencia térmica de 16,8°C (diferencia en el mes más desfavorable), quedan unas pérdidas de ventanas y balconeras de:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T = 133,768 \cdot 2,55 \cdot 16,8 = 5730,6211 \text{ W}$$

Una vez calculadas las pérdidas por conducción en fachada exterior se procede a aplicar un factor de orientación global a estas pérdidas, causadas por la ausencia de radiación solar y por los vientos dominantes sobre los muros. Este porcentaje global es entorno al 10%, por lo que quedaría:

$$Q = (4659,9836 + 5730,6211) \cdot 1,1 = 11429,6652 \text{ W}$$

Finalmente el sumatorio de las pérdidas por conducción totales quedaría:

- Pérdidas por conducción en suelo: 1562,2829 W
- Pérdidas por conducción en techo: 314,7490 W
- Pérdidas por conducción en fachada exterior: 11429,6652 W

Las pérdidas totales por conducción serian de  **$Q_{\text{transmisión}} = 13306,6971 \text{ W}$** .

### 1.2.2.2. Cálculo de pérdidas por ventilación:

Para el cálculo de pérdidas por ventilación se utiliza la siguiente expresión:

Ecuación (29):

$$Q_v = C_e \cdot r \cdot V \cdot \Delta T$$

Donde se distingue:

- $Q_v$ = potencia perdida por ventilación (W)
- $C_e$ : Calor específico del aire (0,336 Wh/m<sup>3</sup>°C)
- $R$ : Según la nueva normativa, entrada en vigor recientemente, se aplica el valor de 1,5 para todos los espacios calculados.
- $V$ : Volumen de los espacios (m<sup>3</sup>)
- $\Delta T$ : Salto térmico (°C)

En el caso del bloque de viviendas objeto de estudio, se ha tomado una altura media para cada planta con el fin de facilitar los cálculos, siendo la altura seleccionada la mayor altura que se encuentra en la planta. Por otro lado, en la 2ª planta se ubica un segundo piso (parte bajo cubierta) la cual no tiene una altura constante, pero se ha tomado un valor continuo también.

A continuación se mostrarán los datos de las 9 viviendas:



Vivienda A / Planta Baja							
	Ce (W/m <sup>3</sup> °C)	r	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	S.T. (°C)	Q (W)
<b>Vestíbulo</b>	0,336	1,5	6,12	2,53	15,4836	16,8	131,102738
<b>Pasillo</b>	0,336	1,5	2,6	2,53	6,578	16,8	55,6972416
<b>Cocina</b>	0,336	1,5	8,24	2,53	20,8472	16,8	176,517412
<b>Salón-Comedor</b>	0,336	1,5	18,3	2,53	46,299	16,8	392,022893
<b>Habitación 1</b>	0,336	1,5	14,16	2,53	35,8248	16,8	303,335747
<b>Baño</b>	0,336	1,5	4,78	2,53	12,0934	16,8	102,397236
<b>Total</b>							1161,07327

**Tabla 44: Datos para la ventilación de la vivienda A en planta baja**

Vivienda B / Planta Baja							
	Ce (W/m <sup>3</sup> °C)	r	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	S.T. (°C)	Q (W)
<b>Vestíbulo</b>	0,336	1,5	4,24	2,53	10,7272	16,8	90,8293478
<b>Salón-Comedor-Cocina</b>	0,336	1,5	23,56	2,53	59,6068	16,8	504,702697
<b>Habitación 1</b>	0,336	1,5	12,88	2,53	32,5864	16,8	275,915566
<b>Baño</b>	0,336	1,5	4,33	2,53	10,9549	16,8	92,7573293
<b>Total</b>							964,20494

**Tabla 45: Datos para la ventilación de la vivienda B en planta baja**



Vivienda C / Planta Baja							
	Ce(W/m <sup>3</sup> °C)	r	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	S.T. (°C)	Q (W)
<b>Vestíbulo</b>	0,336	1,5	4,28	2,53	10,8284	16,8	91,6862285
<b>Pasillo</b>	0,336	1,5	2,6	2,53	6,578	16,8	55,6972416
<b>Cocina</b>	0,336	1,5	8,24	2,53	20,8472	16,8	176,517412
<b>Salón-Comedor</b>	0,336	1,5	18,3	2,53	46,299	16,8	392,022893
<b>Habitación 1</b>	0,336	1,5	14,16	2,53	35,8248	16,8	303,335747
<b>Habitación 2</b>	0,336	1,5	11,5	2,53	29,095	16,8	246,353184
<b>Baño</b>	0,336	1,5	4,78	2,53	12,0934	16,8	102,397236
<b>Total</b>							1368,00994

**Tabla 46: Datos para la ventilación de la vivienda C en planta baja**

Vivienda A / Primera Planta							
	Ce(W/m <sup>3</sup> °C)	r	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	S.T. (°C)	Q (W)
<b>Vestíbulo</b>	0,336	1,5	6,12	2,53	15,4836	16,8	131,102738
<b>Pasillo</b>	0,336	1,5	2,6	2,53	6,578	16,8	55,6972416
<b>Cocina</b>	0,336	1,5	8,24	2,53	20,8472	16,8	176,517412
<b>Salón-Comedor</b>	0,336	1,5	20,62	2,53	52,1686	16,8	441,72197
<b>Habitación 1</b>	0,336	1,5	14,16	2,53	35,8248	16,8	303,335747
<b>Habitación 2</b>	0,336	1,5	12,24	2,53	30,9672	16,8	262,205476
<b>Baño</b>	0,336	1,5	4,78	2,53	12,0934	16,8	102,397236
<b>Total</b>							1472,97782

**Tabla 47: Datos para la ventilación de la vivienda A de la primera planta**



Vivienda B / Primera Planta							
	Ce (W/m <sup>3</sup> °C)	r	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	S.T. (°C)	Q (W)
<b>Vestíbulo</b>	0,336	1,5	4,24	2,53	10,7272	16,8	90,8293478
<b>Salón-Comedor- Cocina</b>	0,336	1,5	23,56	2,53	59,6068	16,8	504,702697
<b>Habitación 1</b>	0,336	1,5	12,88	2,53	32,5864	16,8	275,915566
<b>Baño</b>	0,336	1,5	4,33	2,53	10,9549	16,8	92,7573293
<b>Total</b>							964,20494

**Tabla 48: Datos para la ventilación de la vivienda B de la primera planta**

Vivienda C / Primera Planta							
	Ce(W/m <sup>3</sup> °C)	r	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	S.T. (°C)	Q (W)
<b>Vestíbulo</b>	0,336	1,5	4,28	2,53	10,8284	16,8	91,6862285
<b>Pasillo</b>	0,336	1,5	2,6	2,53	6,578	16,8	55,6972416
<b>Cocina</b>	0,336	1,5	8,24	2,53	20,8472	16,8	176,517412
<b>Salón- Comedor</b>	0,336	1,5	20,62	2,53	52,1686	16,8	441,72197
<b>Habitación 1</b>	0,336	1,5	14,16	2,53	35,8248	16,8	303,335747
<b>Habitación 2</b>	0,336	1,5	11,5	2,53	29,095	16,8	246,353184
<b>Baño</b>	0,336	1,5	4,78	2,53	12,0934	16,8	102,397236
<b>Total</b>							1417,70902

**Tabla 49: Datos para la ventilación de la vivienda C de la primera planta**



Vivienda A / Segunda Planta							
	Ce(W/m <sup>3</sup> °C)	r	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	S.T. (°C)	Q (W)
<b>Vestíbulo</b>	0,336	1,5	6,12	2,5	15,3	16,8	129,54816
<b>Pasillo</b>	0,336	1,5	2,6	2,5	6,5	16,8	55,0368
<b>Cocina</b>	0,336	1,5	8,24	2,5	20,6	16,8	174,42432
<b>Salón-Comedor</b>	0,336	1,5	20,62	2,5	51,55	16,8	436,48416
<b>Habitación 1</b>	0,336	1,5	14,16	2,5	35,4	16,8	299,73888
<b>Habitación 2</b>	0,336	1,5	12,24	2,5	30,6	16,8	259,09632
<b>Baño</b>	0,336	1,5	4,78	2,5	11,95	16,8	101,18304
<b>Estudio</b>	0,336	1,5	9,18	2,5	22,95	16,8	194,32224
<b>Aseo</b>	0,336	1,5	2,42	2,5	6,05	16,8	51,22656
<b>Total</b>							1701,06048

**Tabla 50: Datos para la ventilación de la vivienda A de la segunda planta**

Vivienda B / Segunda Planta							
	Ce(W/m <sup>3</sup> °C)	r	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	S.T. (°C)	Q (W)
<b>Vestíbulo</b>	0,336	1,5	4,24	2,5	10,6	16,8	89,75232
<b>Salón-Comedor-Cocina</b>	0,336	1,5	23,56	2,5	58,9	16,8	498,71808
<b>Habitación 1</b>	0,336	1,5	12,88	2,5	32,2	16,8	272,64384
<b>Baño</b>	0,336	1,5	4,33	2,5	10,825	16,8	91,65744
<b>Estudio</b>	0,336	1,5	9,64	2,5	24,1	16,8	204,05952
<b>Aseo</b>	0,336	1,5	3,58	2,5	8,95	16,8	75,78144
<b>Total</b>							1232,61264

**Tabla 51: Datos para la ventilación de la vivienda B de la segunda planta**



Vivienda C / Segunda Planta							
	Ce(W/m <sup>3</sup> °C)	r	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	S.T. (°C)	Q (W)
<b>Vestíbulo</b>	0,336	1,5	4,28	2,5	10,7	16,8	90,59904
<b>Pasillo</b>	0,336	1,5	2,6	2,5	6,5	16,8	55,0368
<b>Cocina</b>	0,336	1,5	8,24	2,5	20,6	16,8	174,42432
<b>Salón-Comedor</b>	0,336	1,5	20,62	2,5	51,55	16,8	436,48416
<b>Habitación 1</b>	0,336	1,5	14,16	2,5	35,4	16,8	299,73888
<b>Habitación 2</b>	0,336	1,5	11,5	2,5	28,75	16,8	243,432
<b>Baño</b>	0,336	1,5	4,78	2,5	11,95	16,8	101,18304
<b>Estudio</b>	0,336	1,5	9	2,5	22,5	16,8	190,512
<b>Aseo</b>	0,336	1,5	2,66	2,5	6,65	16,8	56,30688
<b>Total</b>							1647,71712

**Tabla 52: Datos para la ventilación de la vivienda C de la segunda planta**

A continuación se muestran todas las pérdidas por planta y vivienda:

Planta baja:

Pérdidas por ventilación de vivienda A: 1161,0733 W

Pérdidas por ventilación de vivienda B: 964,2049 W

Pérdidas por ventilación de vivienda C: 1368,0099 W

Total pérdidas planta baja: 3493,2881 W

Primera planta:

- Pérdidas por ventilación de vivienda A: 1472,9778 W

Perdidas por ventilación de vivienda B: 964,2049 W

Perdidas por ventilación de vivienda C: 1417,7090 W

Total pérdidas primera planta: 3854,8917 W

Segunda planta:

Perdidas por ventilación de vivienda A: 1701,0605 W

Perdidas por ventilación de vivienda B: 1232,6126 W

Perdidas por ventilación de vivienda C: 1647,7171 W

Total pérdidas segunda planta: 4581,3902 W

Sumando todas las pérdidas nos quedan un total de pérdidas por ventilación del bloque de  **$Q_{\text{ventilación}} = 11929,57 \text{ W}$**

### 1.2.2.3. Pérdidas por infiltración

Las pérdidas por infiltración se van a descartar para el edificio en cuestión, ya que se considera que los espacios habitables interiores están en sobrepresión en comparación con el exterior, quedando unas pérdidas ínfimas.

**$Q_{\text{infiltración}} = 0 \text{ W}$**

#### 1.2.2.4. Pérdidas totales:

Las pérdidas totales son las pérdidas calculadas anteriormente y definidas en la ecuación ( ): pérdidas por transmisión o conducción, perdidas infiltración y las perdidas por ventilación de todo el bloque

Pérdidas por conducción o transmisión:  $Q=13306,6971 \text{ W}$

Pérdidas por ventilación:  $Q=11929,57 \text{ W}$

Pérdidas por infiltración:  $Q=0 \text{ W}$

Finalmente sumando las anteriores cargas caloríficas quedan unas pérdidas de:  **$Q = 25236,2671 \text{ W} = 25,2363 \text{ KW}$**

#### 1.2.2.5. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE CALDERA NECESARIA:

Con el fin e calcular la potencia necesaria en la caldera, se han tomado como referencia las condiciones más desfavorables, las cuales coinciden con el mes de enero. Hay que tener en cuenta que la caldera es tanto el sistema de apoyo auxiliar que hay que implantar para apoyar al sistema de solar térmica de ACS cuando éste no pueda cubrir la demanda, como la calefacción que nutre de calor las viviendas.

Entonces tenemos que para el mes de enero se necesita un apoyo de  $1378,26792 \text{ W}$  para ACS y para la calefacción de  $25236,2671 \text{ W}$ . Por motivos de seguridad y de garantía del buen funcionamiento, la potencia final se calcula un 20% superior, quedando:

$$Pot \text{ Cal} = (1378,2679 + 25236,2671) \cdot 1,2 = \mathbf{31937,442 \text{ W}}$$

Se necesita una caldera de una potencia mínima de **31,9374 KW**.

#### 1.2.2.6. Caldera de biomasa:

Para tal potencia, se puede optar por la Caldera de Biomasa Policombustible GG35K. También se puede optar por este modelo versión DUO que permite el apoyo de Leña.

En este caso se decide utilizar pellets o pélets como el combustible principal aunque ésta pueda trabajar con muchos más (huesos de aceituna, cáscaras de frutos secos...). Es un combustible con un alto poder calorífico y bajo contenido en cenizas, sin embargo, el precio en comparación con el resto, es más elevado. Una vez producido para su uso no requiere tratamiento pero si se necesita un almacenamiento en un lugar aislado y seco.

Todas las propiedades del biocombustible deben mantenerse durante su tratamiento, transporte, almacenamiento y manipulación para garantizar una combustión óptima. Por lo tanto, se tienen que evitar acciones innecesarias que lleven a la modificación de sus características, acciones como la contaminación con otros biocombustibles o maquinaria utilizada, la humidificación, altas temperaturas...

A estos pellets se les proporciona un pretratamiento llamado peletizado, que consiste en la compactación de biomasa de madera natural con grandes presiones. Una vez tratados de esta madera, no requieren más procesos para su posterior distribución y consumo.

Este biocombustible considerado de pequeña granulometría se puede distribuir de varias formas o formatos, como son las bolas, contenedores, a granel, remolques... Para este bloque de viviendas, se pretende que la autonomía o el abastecimiento pueda ser entorno a 1 o 1,5 temporadas (1 año completo o para

año y medio), y no teniendo problemas de espacio para el silo, se puede considerar el sistema de suministro a través de un sistema neumático, camión volquete o piso móvil.

#### 1.2.2.7. Calculo del volumen del silo de pellets

Es importante determinar el volumen del silo de pellets, ya que es el depósito donde poder almacenar las cantidades de combustible de la caldera. Su objetivo es determinar la autonomía a la caldera, para la que se quiere que sea de al menos 1 temporada, es decir 1 año, aunque el mínimo exigido por el RITE sea de 2 semanas.

Para ello se deberían tener en cuenta varios factores como: carga térmica a cubrir, tipo de combustible elegido, espacio disponible para el almacenamiento, logística del combustible (tamaño del camión de recarga)... A continuación se procederá al cálculo de la capacidad en Kg del silo de pellets. Para ello, se usará la siguiente expresión:

Ecuación(30):

$$Capacidad = \frac{Energía\ necesaria}{PCI\ combustible}$$

En donde se distingue:

- Energía necesaria: demanda energética para un tiempo determinado (KWh)
- PCI: Poder Calorífico Inferior (KWh/Kg).

Se considera que la caldera va a trabajar de forma estacional, para la cual se toma de referencia una temporada: Se considera una temporada como 200 días y 10 horas al día. Por otro lado, el pellet escogido para tal caso tiene un PCI de 5,1(KWh/kg). También hay que tener en cuenta el rendimiento de la caldera, resultado medio entre los rendimientos de trabajo a potencia máxima y a potencia mínima, quedando un rendimiento intermedio de 90,8%.

Finalmente queda:

$$Capacidad = \frac{(31,9374 \cdot 10 \cdot 200 \cdot 0,908)}{5,1} = \mathbf{11372,2193 \text{ kg}}$$

Para el caso del bloque de viviendas escogido, con las condiciones descritas anteriormente, se tienen que almacenar 11372,2193 kg de pellets. El pellet escogido es de una calidad intermedia-alta, con una densidad de 1300 kg/m<sup>3</sup>, tendríamos que almacenar un volumen de **8,74m<sup>3</sup>** de pellets.