

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍA DE MINAS Y ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA REFORMA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN CASTANEDO (CANTABRIA)

DOCUMENTO 1- MEMORIA

Alumno/Alumna: Alonso, Berdasco, Asier

Director/Directora (1): Azkorra, Larrinaga, Zaloa

Curso: 2017-2018

Fecha: 18,06,2018



ÍNDICE

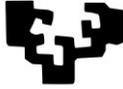
1. Memoria.....	9
1.1. Memoria descriptiva	9
1.1.1. Antecedentes	9
1.1.1.1. Contexto Energético en España.	10
1.1.1.1.1. Contexto energético en Cantabria.	11
1.1.1.1.2. Contexto energético en el sector residencial.....	11
1.1.1.2. Energía solar	12
1.1.1.3. Energía de la biomasa	13
1.1.2. Objeto del proyecto	14
1.1.3. Situación y emplazamiento	15
1.1.4. Estudio de alternativas.....	17
1.1.4.1. Instalación solar térmica para ACS.....	17
1.1.4.1.1. Funcionamiento	18
1.1.4.1.2. Clasificación de sistemas de una instalación solar térmica.	19
1.1.4.1.3. Tipos de instalaciones solares térmicas	20
1.1.4.1.4. Elementos de la instalación solar térmica.	23
1.1.4.1.4.1. Colector solar	23
1.1.4.1.4.1.1. Orientación e inclinación de los colectores	26
1.1.4.1.4.1.2. Soporte del colector solar	27
1.1.4.1.4.2. Sistema de acumulación	28
1.1.4.1.4.3. Intercambiador de calor.....	29
1.1.4.1.4.4. Fluido caloportador.....	30
1.1.4.1.4.5. Red de tuberías	32
1.1.4.1.4.6. Aislamiento	33
1.1.4.1.4.7. Bombas de circulación	33
1.1.4.1.4.8. Vaso de expansión	34
1.1.4.1.4.9. Válvulas	35



1.1.4.1.4.10.	Purgadores	36
1.1.4.1.4.11.	Otros accesorios.....	38
1.1.4.1.4.12.	Accesorios hidráulicos.....	38
1.1.4.1.5.	Sistemas de regulación y control	39
1.1.4.1.6.	Sistema de apoyo auxiliar	40
1.1.4.2.	Energía de biomasa para calefacción	41
1.1.4.2.1.	Tipos de combustibles.....	42
1.1.4.2.1.1.	Combustibles tradicionales.....	42
1.1.4.2.1.2.	Residuos forestales	43
1.1.4.2.1.3.	Residuos agroindustriales	44
1.1.4.2.2.	Calderas de biomasa	44
1.1.4.2.2.1.	Calderas de pellets	45
1.1.4.2.3.	Elementos de una caldera de biomasa	48
1.1.5.	Descripción del proyecto.....	49
1.1.5.1.	Características de la vivienda	49
1.1.5.1.1.	Planta baja.....	50
1.1.5.1.2.	Planta primera.....	51
1.1.5.1.3.	Cubierta.....	52
1.1.5.1.4.	Huecos y lucernarios	53
1.1.5.1.4.1.	Ventanas	53
1.1.5.1.4.2.	Puertas	55
1.1.5.1.5.	Instalaciones actuales para ACS y calefacción	55
1.1.5.2.	Instalación solar térmica para ACS.....	55
1.1.5.2.1.	Colector solar seleccionado	56
1.1.5.2.2.	Sistema de acumulación seleccionado.....	58
1.1.5.2.3.	Bomba seleccionada	59
1.1.5.2.4.	Vaso de expansión seleccionado.....	60
1.1.5.2.5.	Sistema de control seleccionado	61
1.1.5.2.6.	Sistema auxiliar	62
1.1.5.3.	Caldera de biomasa	62



1.1.5.3.1.	Caldera seleccionada.....	62
1.1.5.3.2.	Combustible a emplear	65
1.1.5.3.3.	Chimenea y conducto de humos.....	65
1.1.5.3.4.	Silo de pellets	65
1.1.5.4.	Certificación de la vivienda	66
1.1.5.4.1.	Certificación previa a las mejoras	67
1.1.5.4.2.	Certificación con mejoras de instalaciones.....	67
1.1.6.	Resumen del presupuesto.....	68
1.1.7.	Normativa.....	68
1.1.8.	Bibliografía	73
1.2.	Memoria justificativa	79
1.2.1.	Cálculos	79
1.2.1.1.	Cálculos de la instalación solar térmica	79
1.2.1.1.1.	Datos de partida.....	79
1.2.1.1.1.1.	Zona climática	80
1.2.1.1.1.2.	Contribución solar mínima.....	81
1.2.1.1.1.3.	Demanda energética de ACS.....	82
1.2.1.1.2.	Calculo de la instalación.....	84
1.2.1.2.	Calculo de la cobertura solar. Método F-Chart.....	85
1.2.1.2.1.	Energía teórica	86
1.2.1.2.1.1.	Calculo del parámetro D_1	89
1.2.1.2.1.2.	Calculo del parámetro D_2	90
1.2.1.2.1.3.	Calculo de la cobertura solar	92
1.2.1.2.1.4.	Calculo de pérdidas de los colectores.....	95
1.2.1.2.1.4.1.	Pérdidas por orientación e inclinación.....	95
1.2.1.2.1.4.2.	Pérdidas por sombras	96
1.2.1.2.2.	Sistema de acumulación	97
1.2.1.2.3.	Sistema de intercambio	97
1.2.1.2.4.	Circuito primario	98
1.2.1.2.4.1.	Fluido caloportador.....	98

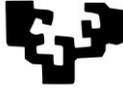


1.2.1.2.4.2.	Red de tuberías	100
1.2.1.2.5.	Pérdidas de carga en tuberías	102
1.2.1.2.6.	Perdidas de carga	103
1.2.1.2.7.	Calculo de la bomba	104
1.2.1.2.8.	Calculo de vaso de expansión	105
1.2.1.2.9.	Aislamiento de tuberías	107
1.2.1.3.	Calculo necesidades de calefacción	108
1.2.1.3.1.	Cálculo de los coeficientes de transmisión térmica o transmitancias (U): 110	
1.2.1.3.2.	Calculo de las perdidas de calor	114
1.2.1.3.2.1.	Calculo de pérdidas por transmisión	114
1.2.1.3.2.2.	Calculo de pérdidas por ventilación	116
1.2.1.3.2.3.	Calculo de pérdidas por infiltración	119
1.2.1.3.2.4.	Resumen de pérdidas totales.....	119
1.2.1.4.	Calculo potencia de caldera	120
1.2.1.5.	Cálculo del volumen del silo de pellets	121
1.2.2.	Anexos	123
1.2.2.1.	Fichas técnicas.....	123
1.2.2.2.	Anexo 2: Certificación Ce3x.....	129



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Dependencia energética en España y UE.	10
Tabla 2: superficies útiles de la vivienda.....	53
Tabla 3: Características del captador.	57
Tabla 4: Características del sistema de acumulación.	58
Tabla 5: características de la bomba.	60
Tabla 6: Vaso de expansión y accesorio de conexión seleccionado.	61
Tabla 7: Certificación previa a las mejoras energéticas	67
Tabla 8: Certificación con las mejoras de instalaciones.....	67
Tabla 9: Resumen del presupuesto	68
Tabla 10: datos mensuales de T_r , T_a y H	79
Tabla 11: radiación solar global. Fuente	81
Tabla 12: Contribución solar mínima de ACS en %.	81
Tabla 13: Demanda de referencia a 60°C.	82
Tabla 14: Demanda de ACS	83
Tabla 15: Demanda energética de ACS	84
Tabla 16: factor de corrección K	88
Tabla 17: Valores de radiación incidente en Cantabria	88
Tabla 18: radiación incidente	89
Tabla 19: valores de la ecuación (10)	90
Tabla 20: cálculo de D_1	90
Tabla 21: cálculo de k_2	92
Tabla 22: Cálculos de D_2	92
Tabla 23: cálculo de la fracción de carga mensual.....	93
Tabla 24: Perdidas máximas permitidas.	95
Tabla 25: Porcentaje de propilenglicol en función de la T^a de congelación	98
Tabla 26. Longitudes equivalentes de elementos del circuito primario.	104
Tabla 27: Espesores mínimos de aislamiento en tuberías interiores en edificios.	108



.....	108
Tabla 28: Temperaturas mínimas	109
Tabla 29: criterios HE para transmitancias.	109
Tabla 30: Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con aire exterior e interior.....	111
Tabla 31: Resistencias térmicas de cámaras de aire en m^2K/W	112
Tablas 32: Componentes de las paredes y de los huecos	112
Tabla 33: Carga térmica de transmisión.....	115
Tabla 34: Carga térmica de transmisión mensual.....	116
Tabla 35: Perdidas por ventilación.....	117
Tabla 36: pérdidas por ventilación mensuales.....	118
Tabla 37: Resumen de cargas térmicas mensuales de calefacción.....	120



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: situación de Castanedo	16
Figura 2: situación de la parcela 2.....	16
Figura 3: esquema de un circuito cerrado de cuna instalación solar térmica para ACS	18
Figura 4: Instalación de circuito abierto.....	20
Figura 5: instalación de circuito cerrado.....	21
Figura 6: instalación con circulación forzada.	22
Figura 7: instalación con termosifón.....	23
Figura 8: elementos del colector de placa plana	24
Figura 9: colector de polipropileno	25
Figura 10: colector de tubo vacío.....	26
Figura 12: esquema vaso de expansión.	35
Figura 13: Caldera de pellets.....	47
Figura 14: planta baja.....	50
Figura 15: planta primera.....	51
Figura 16: cubierta	52
Figura 17: Tipos de ventana	54
Figura 18: Tipos de ventana	54
Figura 19: Tipos de puertas exteriores.....	55
Figura 20: Caldera KBC 25 MESCOLI.	64
Figura 21: Silo de pellets ECOSILO EXTRA 16P.	66
Figura 22: zonas climáticas.....	80
Figura 23: Aporte y demanda ACS.....	94
Figura 24: Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas de orientación e inclinación.	96
Figura 25: Calor específico de la mezcla de propilenglicol y agua en función de la Tª y concentración.....	99
Figura 26: Viscosidad de la mezcla en función de la Tª y la concentración	100
Figura 27: Perdidas por rozamiento para tuberías de cobre	102

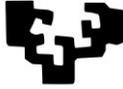


Figura 28: Longitudes equivalentes de los accesorios	103
Figura 29: Curva de rendimiento de la bomba.	105
Figura 30: Dilatación del agua en función de la Tª.....	107
Figura 31: Gráfica cargas térmicas mensuales de calefacción	120



1. Memoria

1.1. Memoria descriptiva

1.1.1. Antecedentes

El consumo energético hoy en día en el sector de edificación y entornos urbanos es el gran protagonista, ya que en este sector se concentra una gran demanda energética. Según los datos de la Agencia Internacional de la Energía, el 27% de la energía eléctrica consumida en España corresponde a este sector. De ahí la importancia de la eficiencia y sostenibilidad energética. [3]

Actualmente el consumo energético se basa en el uso de los combustibles fósiles como el carbón o el petróleo. Ya que tal vez sea necesario disponer de millones de años de una evolución y descomposición similar para que vuelvan a aparecer, este tipo de combustible desaparecerá. Además, su uso produce la emisión de gases que resultan tóxicos para la vida y gases de efecto invernadero, ha aumentado el coste de estos combustibles y contaminan más que otros productos que podrían utilizarse en su lugar. Lo que conlleva al estudio y desarrollo de las fuentes renovables para abastecer el consumo energético. Ya que entre otras ventajas cabe mencionar que se generan de continuamente y de forma natural, no contaminan y cada día son más eficientes, ya que cada vez se extienden más.

En la actualidad las energías renovables representan un 20% del consumo mundial de la electricidad. Siendo de ese porcentaje un 90% de origen hidráulico, 5,5 % biomasa, 1,5% geotérmica, 0,5% eólica y 0,5 % solar. [1]

Una de las energías que se presenta como más fiable en la actualidad es la energía solar, ya sea mediante paneles fotovoltaicos para obtener electricidad o mediante energía solar térmica para producir agua caliente y utilizarla como agua caliente sanitaria o calefacción.

La energía solar no genera contaminación, es inagotable y tiene unas instalaciones de alta eficiencia. Además, mantener las instalaciones no requiere mucho coste y obtenemos beneficios a largo plazo.

Otra energía renovable que es fiable también es la energía obtenida mediante la biomasa. Se produce quemando materiales biodegradables como la vegetación u otros tipos de materiales orgánicos.



La producción de energía mediante biomasa es una fuente de energía limpia y con pocos residuos que se produce de forma continua como consecuencia de la actividad humana.

Este proyecto se centra en utilizar energías renovables para la calefacción y el Agua Caliente Sanitaria de tal forma que se reduce el consumo energético y se aumenta la eficiencia energética.

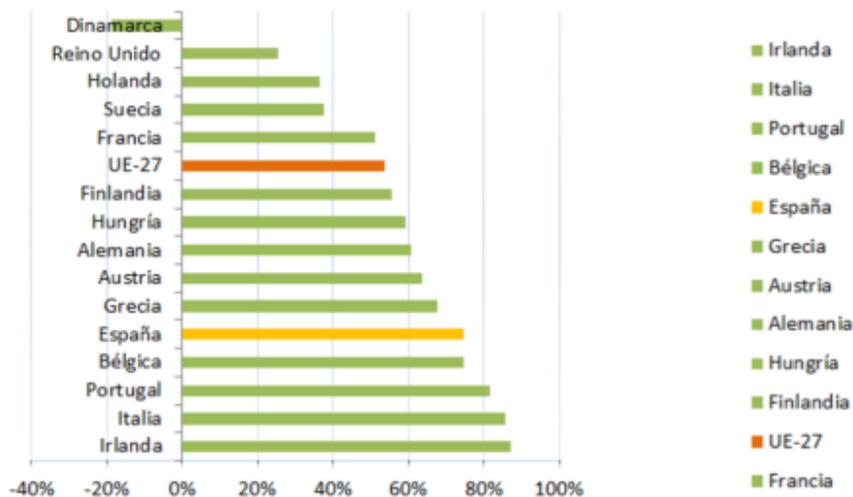
1.1.1.1. Contexto Energético en España.

España importa actualmente un 75% de la energía que consume, cifra que podría evolucionar hacia el 90%, mientras que Europa importa un 50%, cifra considerada elevada, pudiendo evolucionar hacia el 70% en 2030 según la Comisión Europea en el 2001.

Es un país limitado en cuanto al crecimiento y capacidad de desarrollo por la escasez de recursos energéticos. Es por ello la dependencia exterior.

En la siguiente tabla se muestra la dependencia energética de España así como de la Unión Europea.

Tabla 1: Dependencia energética en España y UE. Fuente[4]





La disminución prevista en consumo de petróleo y carbón, se compensa con el aumento del gas natural y las energías renovables, mientras que la energía nuclear se mantiene. Esto se debe en parte al compromiso establecido en el plan europeo 20/20/20 de aumentar la producción de renovables en un 20% para el año 2020. [4]

1.1.1.1.1. Contexto energético en Cantabria.

El plan de sostenibilidad energética de Cantabria 2011-2020, en fase de tramitación, se pone de manifiesto el déficit energético de esta comunidad.

Estima un consumo anual de energía eléctrica de 5.405 GWh y una generación neta de 2.392 GWh, lo que arroja un déficit de generación de 3.013 GWh. Esto representa que un 63,2 % del consumo es producido fuera de Cantabria. Con las consiguientes pérdidas para la economía de la región.

El plan prevé para 2020 un incremento de la demanda bajo consumo del 26%, por lo que el déficit de generación aumentaría al 70,8 %.

Este plan pone de manifiesto que parte de los objetivos de disminución de consumo de energía primaria se basan en la creación de una cultura social de ahorro energético y sostenibilidad. [4]

1.1.1.1.2. Contexto energético en el sector residencial

A nivel europeo España es uno de los países con el consumo de energía más bajo en el sector residencial. Esto se debe a las bondades de su clima frente al del resto de países de la UE.

El consumo de los hogares supone un 17% de la energía consumida a nivel nacional. Lo que pone de manifiesto la necesidad de minimizar el consumo de las viviendas españolas.

A raíz de la importancia de bajar los consumos surge la necesidad de conocer el comportamiento energético del parque edificatorio. Lo que deriva en la aparición de la certificación energética de edificios.



Inicialmente en base al R.D. 47/2007, de certificación energética de edificios, y posteriormente con el R.D. 235/2013, que deroga al anterior, se establece una escala para conocerla eficiencia energética de las edificaciones. Esta escala califica a los edificios desde la letra “A”, más eficiente, hasta la “G”, menos eficiente, en función de su consumo estimado y de la cantidad de CO₂ que arroje a la atmósfera. [4]

1.1.1.2. Energía solar

La energía solar es una fuente de energía renovable que se obtiene del sol y con la que se pueden generar calor y electricidad. Los paneles solares pueden ser de distintos tipos dependiendo del mecanismo escogido para el aprovechamiento de la energía solar: Mediante captadores solares térmicos (energía solar térmica), mediante con módulos fotovoltaicos (energía solar fotovoltaica) y Sin ningún elemento externo (energía solar pasiva).

En cuanto la energía solar térmica, consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para producir calor que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción...[5]

Durante el año 2016 se ha detectado una ligera bajada de m² instalados, en 2016 fueron 212.190 m² mientras que en 2015 se instalaron 241.000 m². Según los informes de ASIT esta bajada está relacionada con:

- El descenso en el mercado de nueva vivienda construida y regulada a través del CTE.
- El descenso de los Programas de Apoyo de las CCAA.

Respecto a la industria nacional y de acuerdo con los datos de ASIT, la capacidad total nacional de producción es de 1.300.000 m², pero en el año 2016 se fabricaron 149.500 m², de los cuales 63.500 m² se instalaron en España y 86.000 m² se exportaron. [7]

Ventajas

- La energía solar no contamina. Esto la convierte en una energía limpia muy interesante para el planeta.
- Es una energía renovable, inagotable y limpia.
- El uso de esta energía, a diferencia de las tradicionales, puede ser una manera muy inteligente de ahorro de dinero a largo plazo.



- Los sistemas actuales de captación de energía solar son fáciles de mantener.

Desventajas

- Una desventaja es la radiación. En este sentido, el nivel de radiación que genera la energía solar va fluctuando entre una zona y otra y entre una estación del año y otra, en algunas zonas varía hasta un 20% de invierno a verano, por lo que en algunos casos, no es tan atractiva para quien lo consume.
- El espacio también puede ser una desventaja.

[6]

1.1.1.3. Energía de la biomasa

La bioenergía o energía de biomasa es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica o industrial formada en algún proceso biológico o mecánico; generalmente se obtiene de las sustancias que constituyen los seres vivos (plantas, animales, entre otros), o sus restos y residuos. El aprovechamiento de la energía de la biomasa se hace directamente (por ejemplo, por combustión), o por transformación en otras sustancias que pueden ser aprovechadas más tarde como combustibles o alimentos. [9]

La obtención de energía térmica a través de la quema de biomasa sólida se realiza con diferentes propósitos. Las aplicaciones térmicas con producción de calor y agua caliente sanitaria son las más comunes dentro del sector de la biomasa. [8]

El sector de la biomasa se caracteriza por tener unos precios estables y muy competitivos. En el caso de la biomasa térmica para uso doméstico, los precios de la mayoría de los biocombustibles utilizados para cubrir las necesidades de agua caliente sanitaria, frío y calefacción en viviendas individuales, comunidades de vecinos, cooperativas e industrias, han sufrido un descenso generalizado en el último año.

España tiene un gran potencial que está a la espera de ser eficazmente aprovechado, ya que es el tercer país de Europa en generación de biomasa de todos los tipos.

Se hace necesario potenciar el uso de este recurso, ya que de esa forma se podrían aprovechar materiales de desecho provenientes de los campos, los montes, las industrias y los vertederos.



Ventajas

- Fuente de energía inagotable que apenas contamina el Medio ambiente, por lo cual no contribuye a la destrucción de la Capa de Ozono.
- Gran variedad de tipos de biomasa y de calderas muchas de las cuales admiten muchos de estos tipos como materia prima para su funcionamiento.
- El coste de este tipo de energía es hasta 3 o 4 veces más barato.
- A día de hoy la fiabilidad, rendimiento y tecnología de este tipo de calderas se encuentra muy avanzada.

Desventajas

- Los almacenamientos han de ser mucho mayores ya que posee una menor densidad energética.
- Los rendimientos de las calderas de biomasa son algo inferiores a los de las calderas que usan un combustible fósil líquido o gaseoso.

[10]

1.1.2. Objeto del proyecto

El objetivo de este proyecto es la instalación de calefacción y ACS en una vivienda unifamiliar utilizando energías renovables, concretamente la energía solar térmica y biomasa.

Se empleará la energía solar térmica para la demanda de ACS mientras que para la calefacción se empleará la energía de biomasa.

Mediante las instalaciones mencionadas se cubrirá la mayor parte de la energía demandada mejorando así la situación técnica y económica anterior de la vivienda, optimizando el consumo energético y reduciendo las emisiones de CO₂.

Para elaborar este proyecto analizaremos paso por paso las siguientes pautas:

- Analizar la demanda de calefacción y ACS de la vivienda.
- Calcular y dimensionar la instalación solar térmica con un sistema de captadores solares térmicos de alto rendimiento. Se instalarán en el espacio más idóneo de la vivienda y ocuparán una superficie mínima, de manera que sea capaz de aportar un porcentaje determinado de la demanda ACS de la vivienda.



- Calcular las necesidades calefactoras de la vivienda con el fin de sustituir el sistema de calefacción existente de gasoil por un una caldera de biomasa.
- Realizar un estudio económico de toda la instalación y calcular un periodo de amortización.
- Elaborar un presupuesto de toda la instalación.
- Calificar la vivienda antes y después de instalar las instalaciones propuestas a la vivienda con el programa CE3X.
- Finalmente verificar que los estudios y cálculos realizados para este proyecto cumplan la vigente normativa del Gobierno de Cantabria así como del Gobierno de España.

1.1.3. Situación y emplazamiento

La parcela donde se proyecta el edificio, se encuentra situada en el Barrio de Miranda en el Núcleo Rural de Castanedo, del término municipal de Ribamontan al Mar en Cantabria.

La parcela 2 forma parte de una urbanización privada compuesta por cuatro parcelas destinadas a vivienda unifamiliar (Parcelas 1, 2, 3 y 4).

La Parcela 2 cuenta con una superficie bruta privada, después de cesiones, de Mil Seiscientos Dieciocho con Cuarenta y Cinco cuadrados (1.618,45 m²), de los que Mil Trescientos Diecisiete cuadrados (1.317,00 m².) se destinan a parcela de uso privativo de la vivienda proyectada y el resto, Trescientos uno con Cuarenta y Cinco metros cuadrados (301,45 m².), forman parte del vial privado comunitario de la urbanización.

La parcela linda al Norte y al Este con terrenos privados ajenos a la urbanización, al Sur con un edificio que pertenece a la urbanización (parcela 3), y al Oeste con carretera autonómica CA-442 y con terrenos privados ajenos a la urbanización.

En cuanto a su topografía la parcela cuenta con una ligera pendiente que desciende del Sur hacia el Norte.

Las coordenadas geográficas de la parcela son las siguientes:

- 43°26'57.5" N
- 3°41'53.9" O



En las siguientes figuras se ve la situación del pueblo y la parcela de la urbanización:



Figura 1: situación de Castanedo. Fuente [45]



Figura 2: situación de la parcela 2 Fuente [45]



El clima en Cantabria, tanto en la costa como en la montaña comparte un clima atlántico húmedo, con abundantes y persistentes precipitaciones a lo largo del año (entre los 1.000 y 1.200 mm). Este último es el rasgo más constante dentro de Cantabria.

Las temperaturas en la región no suelen superar valores máximos de 30°C con medias que se mantienen por debajo de los 20°C. El espectro de temperaturas se sitúa entre los 8 y los 15°C.

Las tierras bajas disfrutan de un clima templado con temperaturas estables a lo largo del año. Los inviernos no suelen ser excesivamente fríos y es raro que desciendan a valores negativos, teniendo unas medias de 10°C. Del mismo modo durante el estío estas no suelen sobrepasar los 30°C, estando por lo regular próximas a los 20°C.

En el interior la suavidad térmica desaparece, habiendo un mayor contraste entre el invierno y el verano en función de la altitud y las condiciones locales. Así, en los valles altos es frecuente tener temperaturas de -5°C en invierno. [11]

1.1.4. Estudio de alternativas

1.1.4.1. Instalación solar térmica para ACS.

Actualmente, la mejor forma para mejorar la eficiencia energética de una vivienda es aprovechar la energía solar, convirtiendo esta en energía térmica y aportando así temperatura a un fluido.

Para lograr esa energía térmica se utilizan captadores solares los cuales absorben la radiación incidente y la convierten en térmica, para luego transmitir dicho calor a un fluido portador. Existen tres técnicas diferentes en función de la temperatura que puede alcanzar la superficie captadora:

- **Baja temperatura:** captación directa, la temperatura del fluido es por debajo del punto de ebullición.
- **Media temperatura:** captación de bajo índice de concentración, la temperatura del fluido es más elevada de 100°C.
- **Alta temperatura:** captación de alto índice de concentración, la temperatura del fluido es más elevada de 300°C.



El presente proyecto se basa en la captación a baja temperatura, ya que dicha temperatura oscila entre aproximadamente los 60 y 80 grados centígrados como máximo. [12]

Es la técnica más utilizada en uso doméstico. Como se ha mencionado anteriormente la instalación de energía solar térmica se destina a la producción de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.). Esta producción de ACS mediante la energía solar térmica es una de las aplicaciones más empleado por su ahorro energético y la reducción de emisiones de CO₂.

1.1.4.1.1. Funcionamiento

El funcionamiento consta básicamente en:

- El panel solar capta los rayos del sol, absorbiendo de esta manera su energía en forma de calor.
- La radiación solar incidente atraviesa el cristal de los captadores, y una superficie absorbente situada dentro de estos capta el espectro infrarrojo con el fin de remitir lo menos posible.
- A través del panel solar hacemos pasar agua de modo que parte del calor es transferido a dicho fluido que eleva su temperatura y es almacenada y llevada al punto de consumo.

A continuación, la siguiente figura muestra un esquema de un circuito solar térmico: [13]

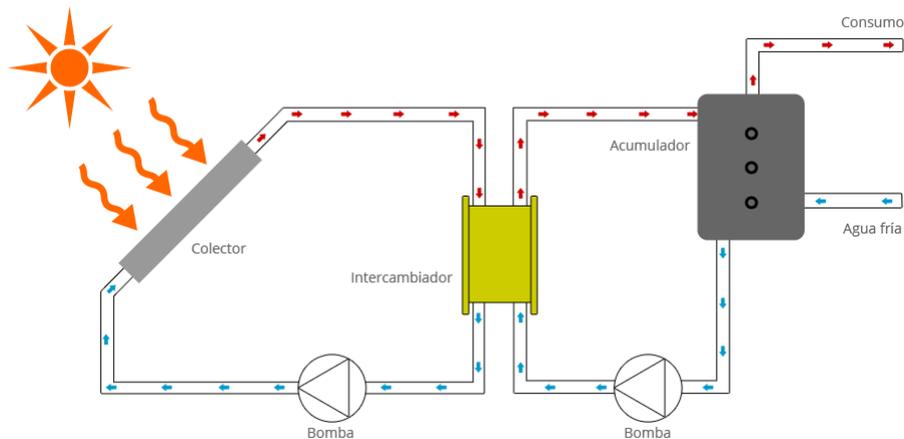


Figura 3: esquema de un circuito cerrado de una instalación solar térmica para ACS



1.1.4.1.2. Clasificación de sistemas de una instalación solar térmica.

Generalmente, una instalación solar térmica suele estar formada por los siguientes subsistemas:

- **Subsistema de captación:** este sistema está formado por captadores solares conectados entre sí con la misión de captar la energía solar para transformarla en energía térmica y así aumentar la temperatura del fluido que circula por el circuito. El colector solar es el elemento encargado de captar la energía contenida en la radiación solar y transferirla al fluido a calentar. El tipo de colectores más extendido es el denominado colector solar plano. [14]
- **Subsistema de acumulación:** Tanto la energía que se recibe del sol como la demanda de agua caliente son magnitudes que dependen del tiempo y no siempre los requerimientos de ésta se producirán cuando se dispone de suficiente radiación. Por tanto, si se quiere aprovechar al máximo las horas de sol, será necesario acumular la energía en aquellos momentos del día en que ésto sea posible y utilizarla cuando se produzca la demanda. Lo habitual es almacenar la energía en forma de calor sensible por medio del agua que se pasará a consumo posteriormente.
La dimensión de los tanques de almacenamiento deberá ser proporcional al consumo estimado y debe cubrir la demanda de agua caliente de uno o dos días. [14]
- **Subsistema de distribución:** En este subsistema se engloban todos los elementos destinados a la distribución y acondicionamiento a consumo: Instalación de tuberías y accesorios que permite transportar el agua caliente desde el colector hasta los depósitos de almacenamiento y desde aquí a los puntos de consumo. [14]
- **Subsistema auxiliar:** se trata de una caldera o calentador convencional o renovable que entra en funcionamiento como apoyo a los colectores solares cuando la temperatura del agua de salida del acumulador es insuficiente a la requerida por su demanda.

1.1.4.1.3. Tipos de instalaciones solares térmicas

En una instalación solar térmica se pueden diferenciar dos tipos de circuitos dependiendo de si existe o no un intercambiador de calor entre el subsistema de captación y el subsistema de almacenamiento.

- **Circuito abierto:** donde el agua de consumo pasa directamente por los colectores solares, así se reducen los costos y es más eficiente. No obstante, el hecho de que no exista intercambiador puede influir en la calidad del agua u ocasionar problemas debido a las heladas. En la figura 4 tenemos un ejemplo de este tipo de instalación: [15]

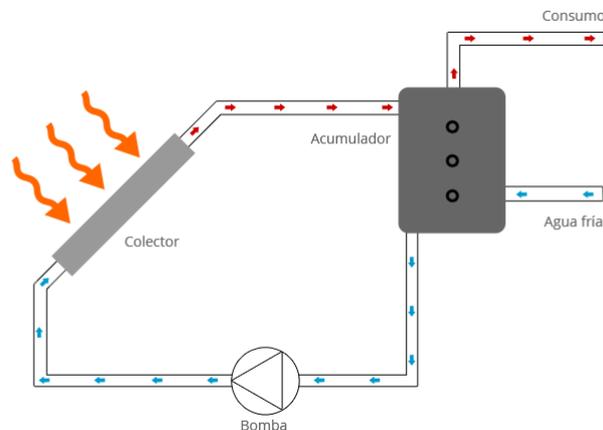


Figura 4: Instalación de circuito abierto

- **Circuito cerrado:** donde el agua de consumo no pasa directamente por los colectores solares. Éste es el sistema más utilizado. Se utiliza un líquido anticongelante que atraviesa los tubos de los colectores y se calienta mediante la radiación solar. Este líquido recorre un circuito hidráulico hasta llegar a un acumulador; allí ese líquido calienta el agua que vamos a consumir. En caso de no alcanzar la temperatura deseada, dicho acumulador consta de una resistencia que se encarga de generar calor complementario. A continuación en la siguiente figura se muestra un ejemplo de este tipo de instalación: [15]

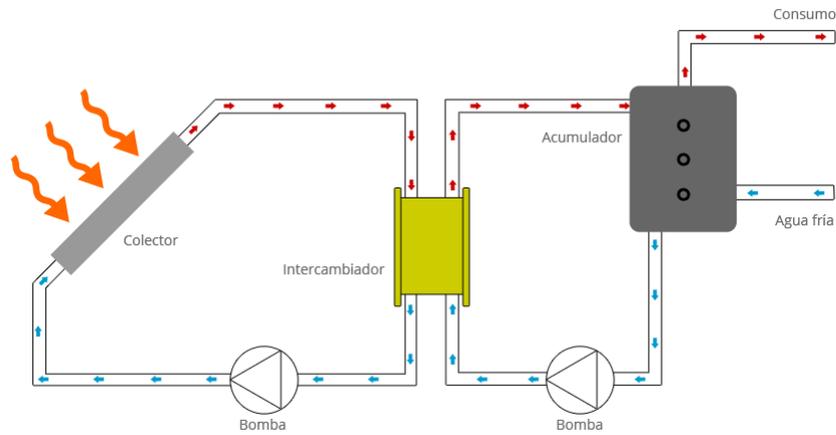


Figura 5: instalación de circuito cerrado

La circulación del fluido a través del sistema se puede clasificar de dos maneras:

- **Sistema de circulación forzada:** empleando circuladores o bombas. Los elementos están dispuestos en dos circuitos hidráulicos independientes denominados circuito primario y circuito secundario. El intercambiador de calor hace de elemento frontera entre ambos circuitos.

En función de la forma de éste, es decir, que sea externo o interno al acumulador, puede existir bomba de primario y bomba de secundario para el primer caso, o solo bomba de primario para el segundo caso.

En la siguiente figura tenemos un esquema de este tipo de instalación. [16]

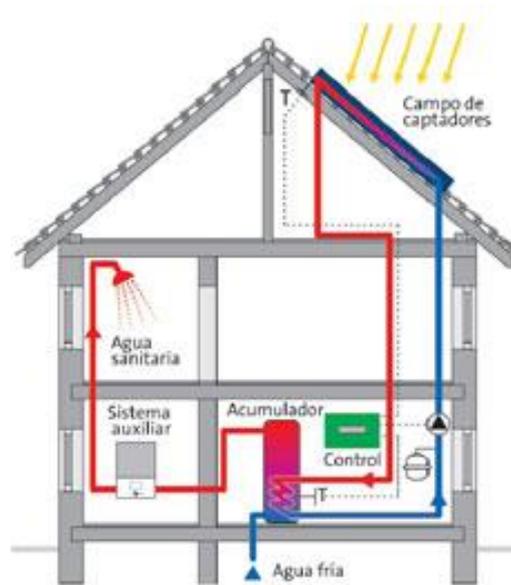
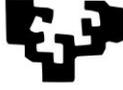


Figura 6: instalación con circulación forzada.

- **Sistema natural por termosifón:** basado en los cambios de densidad del fluido de trabajo por los cambios de temperatura, así el fluido caliente asciende a la parte alta de la instalación.

Este tipo de circulación de fluido es muy característico de sistemas compactos donde se vende el equipo completo con el depósito encima de los captadores solares, tal y como muestra la figura 7, y que permite prescindir del sistema de alimentación eléctrica de la bomba.

Para favorecer el efecto termosifón se ha de guardar una distancia entre los captadores solares y el depósito acumulador. De esta forma se garantiza el movimiento natural ascendente del fluido caloportador calentado en los captadores solares, así como el descenso del agua fría del acumulador.

En general se utiliza más el sistema de circulación forzada. [16]

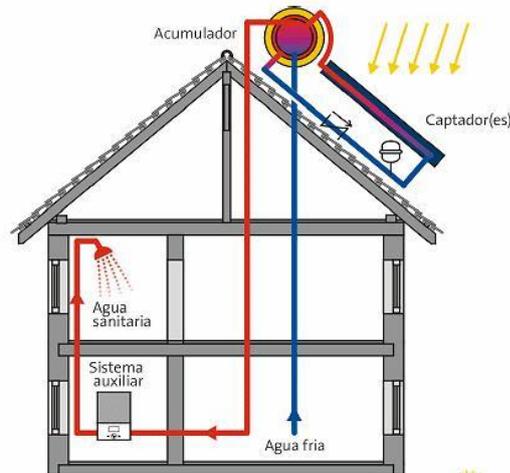


Figura 7: instalación con termosifón.

1.1.4.1.4. Elementos de la instalación solar térmica.

1.1.4.1.4.1. Colector solar

Los colectores solares son dispositivos que están diseñados para recoger la energía que se genera con el sol y convertirla en energía térmica. Se dividen en dos grandes grupos, los captadores de baja temperatura (utilizados principalmente en sistemas domésticos de calefacción) y los de alta temperatura (que se conforman mediante espejos y se utilizan para producir energía eléctrica). [17]

Los de baja temperatura se utilizan generalmente en sistemas domésticos de calefacción y agua caliente sanitaria. Los de alta temperatura en cambio, son utilizados generalmente para producir energía eléctrica. [18]

Existen varios tipos de colectores:

- **Colector de placa plana:** es el tipo más habitual de colector solar. Es un dispositivo que sirve para aprovechar la energía de la radiación solar, transformándola en energía térmica de baja temperatura para usos domésticos o comerciales, por tanto trabaja en una temperatura que oscila entre 50 y 70 grados centígrados.

En la siguiente figura podemos observar los diferentes elementos que constituyen el colector de placa plana: [19]

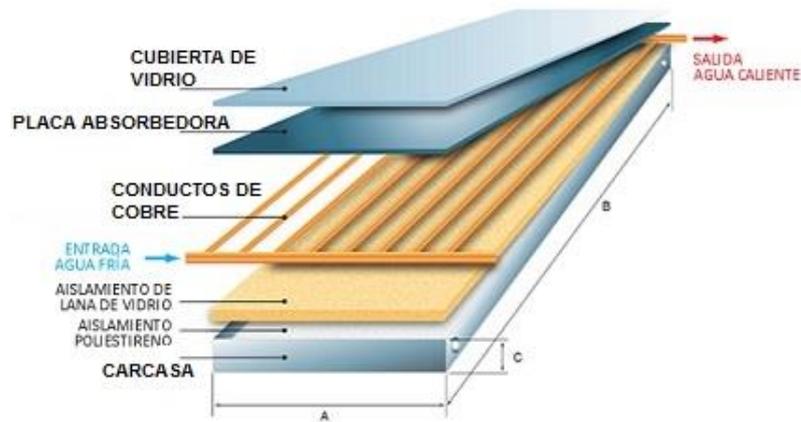


Figura 8: elementos del colector de placa plana

- Cubierta: Provocan un efecto invernadero y reduce las pérdidas de calor por convección, para mejorar el rendimiento del colector. Además, aseguran la estanqueidad del colector de agua y aire y pueden ser plástico o vidrio.
- Placa absorbedora: es la parte que recibe la radiación solar para transformarla en calor y transmitirla al fluido calorportador.
- Aislamiento: elemento que se usa para evitar pérdidas de calor en el rendimiento del mismo. Se sitúa entre la carcasa del colector y la parte posterior de la placa absorbedora.
- Carcasa: cuya misión es proteger y aguantar sobre sí misma el peso de cada uno de los elementos que forman el colector y actuar de unión con el edificio donde se coloca el colector a los elementos de anclaje.

- **Colectores de polipropileno:**

Estos colectores se utilizan especialmente para climatizar piscinas puesto que su temperatura de trabajo oscila entre los 25 y 35 grados centígrados.

Se trata de un sistema de calefacción solar que funciona mediante colectores solares de polipropileno (PP), material muy resistente a la corrosión. Es muy fácil de instalar y se puede ubicar en cualquier lugar, orientado siempre al sol para que su rendimiento sea óptimo.

No necesita instalación hidráulica adicional para su funcionamiento al poder utilizarse con la misma bomba de filtración. El agua se calienta a medida que va circulando por los tubos de los colectores solares y retornando a la piscina. Un sistema con el tamaño de instalación adecuado aumentará la temperatura



entre 6 y 8°C. La superficie de colectores necesaria es el equivalente al 50% de la lámina de agua. [20]



Figura 9: colector de polipropileno

- **Colectores de tubos vacíos:**

Estos colectores funcionan de tal forma que el calor recogido de cada elemento (tubo de vacío) se transfiere a la placa por lo general de cobre, presente en el interior del tubo. De esta manera, el fluido portador térmico se calienta y, gracias los tubos de vacío, reduce al mínimo la pérdida de calor hacia el exterior debido a la convección y conducción.

En su presión de aire interna es muy baja, a fin de evitar la transferencia de calor por conducción desde el absorbedor. Durante el montaje el aire entre el absorbedor y la cubierta de vidrio es aspirado, y se debe asegurar un sellado perfecto y que los colectores permanecen así con el tiempo.

Los colectores de tubos vacíos son capaces de suministrar agua caliente incluso en 100 ° C. A pesar de que su vida útil es de aproximadamente 20 años, estos colectores demoran mucho tiempo en bajar su rendimiento. La aplicación más habitual de este tipo de colectores es calentar agua para aprovecharla en procesos industriales. Sin embargo el costo es muy elevado y sugiere mucho cuidado el montaje. A pesar de todo son los colectores que mayor rendimiento tienen. [21]

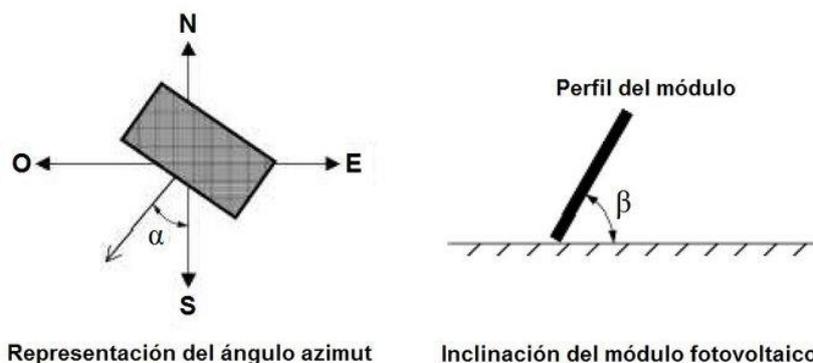


Figura 10: colector de tubo vacío

1.1.4.1.4.1.1. Orientación e inclinación de los colectores

Para conseguir la mejor captación de luz y sacar el máximo rendimiento de los paneles solares es importante que se encuentren bien orientados y con el grado de inclinación más adecuado. [22]

Los dos datos a tener en cuenta serán básicamente el ángulo de inclinación y el ángulo acimutal. Estos ángulos se ilustran en la siguiente figura: el ángulo de acimut (α) y la pendiente o ángulo de inclinación (β).



Representación del ángulo azimut

Inclinación del módulo fotovoltaico

Figura 11: orientación e inclinación de los colectores



El ángulo acimutal es el ángulo que forma la dirección sur con la proyección horizontal del sol, hacia el norte por el noreste o por el noroeste, considerando los ángulos entre el sur y el noreste negativos y entre el sur y el noroeste positivos.

El ángulo de inclinación sin embargo, es el ángulo en el que la superficie esta inclinada respecto a la horizontal y se toma positiva para superficies orientadas al sur. Por lo tanto su valor será 0° si es horizontal y 90° si es vertical.

La inclinación dependerá de la latitud geográfica y el uso que se le quiera dar al equipo:

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

En cuanto a la orientación, la irradiación solar alcanza su mayor intensidad a medio día y debería estar orientado lo más al sur posible para así aprovechar estas horas de mayor irradiación.

Además de la inclinación y orientación de los colectores también debemos tener en cuenta la separación entre colectores para evitar problemas de dilatación de materiales.

1.1.4.1.4.1.2. Soporte del colector solar

Una vez calculada la inclinación y orientación y la distancia mínima entre colector y colector de forma óptima para obtener el mayor rendimiento de la instalación procedemos al soporte del colector.



Para ello es necesario tener en cuenta las siguientes especificaciones para la colocación de las estructuras: [23]

- La zona de ubicación debe analizarse con detalle para confirmar que son modelos adecuados o de lo contrario deben ser modificados o fabricados según otras especificaciones técnicas.
- Los cambios de temperatura que deben soportar los colectores durante las diferentes estaciones del año dan lugar a fuertes dilataciones en los materiales. Con objeto de evitar que estas dilataciones puedan ocasionar problemas en el funcionamiento de la instalación, los paneles de una misma fila deben estar separados unos centímetros entre sí.
- La estructura se diseña y construye de forma que los apoyos de sujeción del captador sean suficientes en número y tengan el área de apoyo y posición relativa adecuados, de forma que no se produzcan flexiones del captador superiores a las permitidas por el fabricante.
- La posición de anclaje definitiva de los captadores tendrá en cuenta que éstos se encuentren alejados de obstáculos que puedan proyectar sombra como chimeneas, edificios próximos, árboles, existencia de otros colectores ya instalados, etcétera.
- Se tendrá en cuenta la protección contra la corrosión, sobre todo en zonas cercanas al mar, realizando un galvanizado por inmersión en caliente. Todos los tornillos deben ser de acero inoxidable.
- La dimensión mínima del muro de hormigón (armado con varilla metálica) debe ser 20×20 cm. Los últimos anclajes de cada hilera han de estar a 25 cm del extremo del muro.

1.1.4.1.4.2. Sistema de acumulación

La necesidad energética no siempre coincide en el tiempo con la captación que se obtiene del sol, por lo que es necesario disponer de un sistema de acumulación que haga frente a la demanda en momentos de poca o nula radiación solar, así como a la acumulación energética producida en los momentos de poco o nulo consumo. El acumulador es el sistema de almacenamiento de energía. [24]



Para el correcto funcionamiento de la instalación se han de considerar los siguientes parámetros en cuanto a su configuración, los cuales vienen recogidos en DB HE4 del CTE: [25]

- Se instalará un sistema automático de mezcla o cualquier otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60 °C para evitar quemaduras al usuario.
- En suministros colectivos de ACS, en el punto más alejado de consumo, hay que asegurar llegar a 50 °C para evitar la legionela. En algún punto de la instalación se debe asegurar 70 °C para desinfección de legionela y mantener el depósito de consumo de agua caliente a 60 °C.
- Además, para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

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

Siendo A la suma de áreas de los captadores (m²) y V el volumen del depósito de acumulación solar (litros).

- Preferentemente, el sistema de acumulación solar estará constituido por un solo depósito, será de configuración vertical y estará ubicado en zonas interiores. El volumen de acumulación podrá fraccionarse en dos o más depósitos, que se conectarán, preferentemente, en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados.
- Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 2 m³ deben llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.
- Para instalaciones de climatización de piscinas exclusivamente, no se podrá usar ningún volumen de acumulación, aunque se podrá utilizar un pequeño almacenamiento de inercia en el primario.

1.1.4.1.4.3. Intercambiador de calor

El intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos fluidos, sin que estos se lleguen a mezclar. Se trata de componentes esenciales en los sistemas de climatización o refrigeración, acondicionamiento de aire o producción energética.

En el caso de instalar un intercambiador en una instalación solar térmica, este elemento se encargará de transferir la energía captada de los captadores al agua sanitaria del acumulador. [26]



Los intercambiadores pueden ser de dos tipos teniendo en cuenta su posición:

- Intercambiadores Internos: Nos referimos a los interacumuladores, es decir, cuando tenemos el intercambiador solar en el acumulador. Destacan los de tipo serpentín y doble envolvente:
 - Tipo serpentín: consta de un tubo de cobre, acero inoxidable o acero vitrificado, arrollado en espiral sumergido en el acumulador. Por el tubo circula el fluido caliente procedente de los captadores solares, realizando la transferencia de calor al agua contenida en el acumulador a través de la superficie exterior del tubo.
 - Tipo doble envolvente: consta de una capa cilíndrica concéntrica alrededor del mismo. El fluido procedente de los captadores circula entre el acumulador y la capa concéntrica transfiriendo calor por conducción, a través de la superficie interna del acumulador, al agua acumulada en su interior.
- Intercambiadores Externos: son instalaciones con el intercambiador de calor independiente. La circulación de los fluidos frío y caliente puede tener lugar en el mismo sentido o en sentido contrario, recomendándose la utilización de modelos de funcionamiento en contracorriente. En este grupo de intercambiadores encontramos estos dos tipos:
 - Intercambiadores de placas.
 - Intercambiadores de carcasa y tubos.

1.1.4.1.4.4. Fluido caloportador

El fluido caloportador pasa a través del absorbedor y transfiere a la parte del sistema de aprovechamiento térmico (acumulador o interacumulador) la energía. Los tipos más usados son el agua y la mezcla de anticongelante, pueden ser también aceites de silicona o líquidos orgánicos sintéticos.

Los anticongelantes son glicoles y los más usados son el etilenglicol y el propilaglicol. Las características fundamentales de los anticongelantes son: [27]



- Son tóxicos: llevan una sustancia que se conoce como inhibidores de la corrosión que es beneficioso para los dispositivos de la instalación. Se debe impedir que se mezcle con el agua de consumo.
- Son muy viscosos: al ser muy viscosos al líquido le cuesta más avanzar, aumentando así la pérdida de carga.
- Dilata más que el agua cuando se calienta: Para evitar las sobrepresiones se utiliza el vaso de expansión.
- Es inestable a más de 120°C: si alcanza más de esta temperatura se degrada convirtiéndose en un ácido muy corrosivo que afectaría a la vida de los elementos de la instalación y además pierde sus propiedades por lo que deja de evitar la congelación.
- La temperatura de ebullición disminuye a la del agua.
- El calor específico disminuye al del agua.

Además el fluido de trabajo tendrá un pH a 20 °C entre 5 y 9, y un contenido en sales que se ajustará a los señalados en los puntos siguientes: [28]

- La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l, expresados como contenido en carbonato cálcico.
- El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

En lo que se refiere a la protección contra heladas el CTE específica: [28]

1. El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deben ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.
2. Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C, deberá estar protegido contra las heladas.



3. La instalación estará protegida, con un producto químico no tóxico cuyo calor específico no será inferior a 3 kJ/kg K, en 5 °C por debajo de la mínima histórica registrada con objeto de no producir daños en el circuito primario de captadores por heladas. Adicionalmente este producto químico mantendrá todas sus propiedades físicas y químicas dentro de los intervalos mínimo y máximo de temperatura permitida por todos los componentes y materiales de la instalación.
4. Se podrá utilizar otro sistema de protección contra heladas que, alcanzando los mismos niveles de protección, sea aprobado por la Administración Competente.

1.1.4.1.4.5. Red de tuberías

Los elementos de la instalación están unidos por tuberías, las cuales tienen como finalidad transportar el fluido del circuito. Dependiendo del tipo de circuito que se utilizaran más unos tipos de tuberías que otros.

En el caso de los circuitos primarios por donde circula el fluido de trabajo caloportador desde los colectores hasta el intercambiador, se suelen usar tuberías de cobre o de acero inoxidable. En los circuitos secundario en cambio, se podrán usar tuberías de cobre, de acero inoxidable o de acero galvanizado, pero nunca se usarán tuberías de acero negro para circuitos de agua caliente destino al consumo.

A continuación se realizarán algunas indicaciones para ciertos tipos de tuberías que pueden ser empeladas en las instalaciones termosolares: [29]

- Tuberías de cobre: de todos es el tipo de tubería más recomendado, por su excelente relación calidad/precio. Ofrece gran resistencia a la corrosión, es maleable y dúctil que facilita las operaciones de montaje, y es inocua por lo que ofrece buenas condiciones de salubridad.
- Acero galvanizado: aunque es muy empleado en instalaciones de fontanería/plomería en agua fría, no se puede emplear como material en el circuito primario, dado que la protección del galvanizado se deteriora cuando se alcanzan temperaturas superiores a los 65 °C.



- Acero negro: No se puede emplear en instalaciones de agua caliente sanitaria, por producirse oxidaciones que afectan negativamente a la potabilidad del agua. Sólo es posible su uso como material de las conducciones del circuito primario.
- Tuberías de plástico termorresistentes: Actualmente se están desarrollando nuevos materiales plásticos, que resultan muy competitivos de precio, y que pueden resistir sin problema temperaturas de trabajo superiores a los 100 °C. No obstante, por lo general este tipo de materiales se deterioran por la exposición directa a los rayos solares, por lo que su uso está restringido a espacios interiores o bajo estructuras de protección que los aisle de la acción directa de los rayos solares.

1.1.4.1.4.6. Aislamiento

Con objeto de minimizar las pérdidas de calor, es necesario dotar de aislamiento las paredes de las conducciones y accesorios del sistema hidráulico que conforma toda instalación termosolar.

Por otro lado, las conducciones del circuito primario que conducen el fluido caloportador suelen alcanzar temperaturas elevadas, especialmente si el sistema está parado, por lo que el material que se emplee como aislante de dichas tuberías deberá ser tal que no se degrade con el tiempo y pueda soportar sin problemas temperaturas de hasta 150° C. [29]

1.1.4.1.4.7. Bombas de circulación

La bomba de circulación es el elemento de la instalación solar térmica encargado de hacer circular el fluido a través del circuito hidráulico de una instalación de circulación forzada. Es decir, generan el movimiento del fluido de trabajo desde la salida del depósito acumulador, una vez pasado por el intercambiador, hasta los colectores solares. Normalmente son de tipo centrífugas. Al instalarse las bombas para bombear el fluido caloportador del circuito primario, ya el depósito acumulador no es necesario colocarlo junto a los captadores solares en una posición elevada en el exterior del edificio, sino que pueden situarse en otra posición que más convenga, en el interior del edificio.



Según la CTE en instalaciones superiores a 50 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática. Además, se deben montar en las zonas más frías del circuito primario, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal. [25]

Toda bomba circuladora, para unas determinadas condiciones de trabajo y tipo de fluido a bombear, se caracteriza por el caudal de fluido y la altura manométrica de impulsión. Esta altura manométrica es la suma de:

- La pérdida de carga en el circuito más desfavorable de tuberías.
- La pérdida de carga producida por el intercambiador de calor, ya sea externo o incorporado al acumulador.
- La pérdida de carga de los captadores solares.

Las bombas circulatorias empleadas en los circuitos termosolares suelen tener varias velocidades y el fabricante lo indicará en sus gráficas de funcionamiento. Lo aconsejable es que se trabaje en una velocidad intermedia, con objeto de tener margen de actuación en el caso de ser necesaria variar la presión de suministro de la bomba ante cambios en las condiciones de la instalación.

Asimismo, previo a la aspiración de la bomba, se suele instalar un filtro con objeto de evitar que entren al interior de la bomba impurezas procedentes de los cordones de soldadura y otros desprendimientos del interior de la instalación. [29]

1.1.4.1.4.8. Vaso de expansión

Las variaciones extremas de temperatura que experimenta el fluido de trabajo en el circuito primario, hacen variar su densidad, y por tanto el volumen que ocupa dentro de la instalación. Al aumentar la temperatura del fluido caloportador, ocasiona el aumento de su volumen dentro de las tuberías y por tanto, también un aumento de la presión interior del fluido, que si no se dispone de algún elemento que alivie este incremento de presiones, podría dar lugar a fugas y roturas de la instalación.

Por tanto, con objeto de absorber las dilataciones del fluido caloportador se coloca un dispositivo, denominado vaso de expansión, tal que el fluido sobrante que no cabe en la instalación entre en el vaso de expansión, consiguiéndose así que la presión no suba.



Entre los más utilizados, son los vasos de expansión de tipo cerrado, los cuales consisten en un depósito cerrado herméticamente, cuyo interior se encuentra dividido en dos partes separadas por una membrana impermeable y extensible. La parte del depósito rodeado por la membrana está ocupado por un gas (suele ser nitrógeno, que no se oxida ni estropea la membrana, aunque también se puede emplear aire), mientras que la otra parte útil del depósito está conectada al circuito hidráulico y es por donde entra y sale el fluido caloportador de la instalación.



Pues bien, como se ha dicho, al expandirse el fluido por aumento de su temperatura, parte del fluido que no cabe en la instalación entra en el vaso de expansión empujando a la membrana.

Figura 12: esquema vaso de expansión.

El gas que ocupa la parte del vaso de expansión se comprime y absorbe la entrada del fluido sobrante, evitando así variaciones de presión en el circuito. La parte del vaso de expansión ocupada por el gas suele disponer de una válvula de seguridad para limitar la presión al valor especificado por el fabricante de la instalación. [29]

1.1.4.1.4.9. Válvulas

Las válvulas son el elemento que se emplea para regular, permitir o impedir el paso de un fluido por una tubería.

La elección del tipo de válvula más idónea se debe realizar atendiendo a la función que realiza dentro del circuito. Además, el tipo de válvula instalada deberá ser capaz de soportar con garantías los valores extremos de presión y temperatura que se alcancen en el sistema. En general, la elección del tipo de válvula se realizará atendiendo el siguiente criterio: [29]



- Para funciones de aislamiento: se suelen emplear válvulas de tipo esféricas.
- Para el equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado de tuberías: válvulas de esfera o macho.
- Para llenado de tuberías: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o macho.
- Para seguridad: válvulas de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta.

Existen diferentes tipos de válvulas, las más utilizadas son las siguientes:

- Válvulas de corte: válvulas de tipo esféricas cuya función dentro del sistema es la de aislamiento. Se usan también para los sistemas de purga, sistemas de llenado y sistemas de vaciado.
- Válvulas de seguridad: limitan la presión máxima de trabajo, protegiendo el resto de componentes de una instalación. Su funcionamiento consiste en permitir la salida de fluido al exterior evitando la presión excesiva.
- Válvulas de retención: permiten que el fluido solo circule en un único sentido. En general se deben instalar cuando se quieran evitar posibles retornos del fluido.
- Válvulas de regulación: permite fijar un caudal de circulación para así poder equilibrar hidráulicamente una instalación. Para este tipo de funcionamientos se usan válvulas de asiento.
- Válvulas termostáticas: Para evitar quemaduras por temperaturas excesivas. Tiene tres vías, dos de entrada y una de salida. Una entrada de agua fría y otra de agua caliente que se van combinando para que la temperatura de la vía de salida sea la indicada.

1.1.4.1.4.10. Purgadores

Las instalaciones termosolares también disponen de un purgador, cuya función es la de extraer las burbujas de aire que se puedan formar dentro de las conducciones.

Es importante seguir las siguientes recomendaciones en el diseño de cualquier instalación termosolar con objeto de evitar la acumulación de bolsas de aire dentro de las conducciones, que dificultaría enormemente la circulación del fluido caloportador:
[29]



- Los purgadores de aire se colocarán en los lugares altos del circuito, que es donde tenderá a acumularse las bolsas de aire, y será más fácil su eliminación.
- Las bombas circulatorias se montarán en tramos verticales, de forma que se impida la formación de bolsas de aire en el interior de las mismas.
- Se recomienda que la velocidad del fluido por las tuberías nunca sea inferior a 0,6 m/s.
- En los circuitos cerrados se montará el vaso de expansión en la zona de aspiración de la bomba.
- A todo tramo horizontal de tubería se le dotará de una ligera pendiente mínima del 1% en el sentido de circulación para impedir la formación de bolsas de aire y que éstas queden estancadas en la tubería.
- Al menos, en el punto más alto de la instalación se mantendrá una presión mínima de 1,5 kg/cm².

Los purgadores pueden ser de dos tipos:

- De accionamiento manual: los que se acumula el aire pero no sale hasta que se afloja la válvula existente.
- De accionamiento automático: dejan salir el aire cuando se acumula una cierta cantidad.

Según el DB HE del CTE, se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deben soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador y en cualquier caso hasta 130 °C en las zonas climáticas I, II y III, y de 150 °C en las zonas climáticas IV y V.

Además, en los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm³. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático. [25]

En el caso de utilizar purgadores automáticos, adicionalmente, se colocarán los dispositivos necesarios para la purga manual.



1.1.4.1.4.11. Otros accesorios

- **Termómetro:** es un instrumento que mide la temperatura de un fluido. Para ello hemos de disponer el punto sensible del termómetro de forma que esté lo más en contacto posible con el fluido, pero sin estar directamente bañado por éste. Los tipos más usuales son de contacto y de inmersión.
Entre los de contacto están los abrazadera, que se colocan sujetándolos sobre las tuberías mediante una abrazadera generalmente metálica.
Los de inmersión, se introducen dentro de la tubería, de los acumuladores o de los intercambiadores, dentro de una vaina. Son más fiables.
- **Termostato:** son los encargados de transformar una lectura de temperatura previamente determinada en su escala en una señal eléctrica que pone en marcha o detiene un determinado mecanismo, según la función que se le haya encomendado. Pueden ser de contacto o de inmersión y analógicos o digitales.
- **Manómetro e hidrómetro:** son aparatos que sirven para conocer el valor de la presión en el interior de una tubería o depósito, no exigen una gran precisión al ser solo un elemento informador y no controlador del funcionamiento del sistema. La diferencia entre uno y otro es que el manómetro mide la presión generalmente en Kg/cm² y el hidrómetro en m.c.a..

1.1.4.1.4.12. Accesorios hidráulicos

Se necesitarán otro tipo de accesorios para poder llevar a cabo un control y realizar un proceso óptimo, con la menor cantidad de pérdida de carga y con la mayor posibilidad de ahorro energético. A continuación se describen varios objetos útiles para la instalación:

- **Caudalímetro:** es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido.



- Contador de energía: nos permite conocer la entalpía o energía de un fluido que se encuentra en circulación. Para ello se utilizan dos sondas de control de temperatura, una en la tubería fría y otra en la caliente, un caudalímetro y un dispositivo electrónico que se encarga de determinar la energía según los valores aportados por las señales de las sondas y los valores del caudalímetro. En una instalación solar nos sirve para ver el aporte de energía térmica del sistema de captación al sistema de acumulación.
- Filtros: La presencia de partículas indeseadas como arena, restos de materiales en corrosión, etc. influyen negativamente en cualquier instalación. Por ello se usan filtros que eviten el paso de estas partículas.

1.1.4.1.5. Sistemas de regulación y control

En los sistemas termosolares de circulación forzada, es necesario la instalación de un sistema de control y regulación que active y controle, entre otras variables, la velocidad de bombeo de la bomba circulatoria del circuito primario en función de las necesidades del sistema.

Las funciones se detallan en el apartado 3.3.7., de la Sección HE4, del DB HE del CTE: [25]

- El sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprenderá el control de funcionamiento de los circuitos y los sistemas de protección y seguridad contra sobrecalentamientos, heladas etc.
- En circulación forzada, el control de funcionamiento normal de las bombas del circuito de captadores, deberá ser siempre de tipo diferencial y, en caso de que exista depósito de acumulación solar, deberá actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2 °C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que 2 °C.



- Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación. El sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.
- El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.
- El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.
- Alternativamente al control diferencial, se podrán usar sistemas de control accionados en función de la radiación solar.
- Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía a la misma. Esto se puede realizar por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías todo o nada, bombas de circulación, o por combinación de varios mecanismos.

1.1.4.1.6. Sistema de apoyo auxiliar

Las instalaciones solares para producción de agua caliente sanitaria no se diseñan para cubrir la totalidad de la demanda por motivos económicos o de cualquier otro tipo de viabilidad. Por ello, para asegurar la continuidad del abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía convencional auxiliar.

El sistema de energía auxiliar es un elemento imprescindible en toda instalación solar, si no se quiere sufrir restricciones energéticas en aquellos periodos en los que no hay suficiente radiación y/o el consumo es superior a lo previsto. La finalidad del sistema de apoyo es aportar la energía necesaria para elevar la temperatura del agua procedente de la acumulación solar hasta el valor de confort.



Las funciones se detallan en el apartado 3.3.6., de la Sección HE4, del DB HE del CTE:
[25]

- Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía convencional auxiliar.
- Queda prohibido el uso de sistemas de energía convencional auxiliar en el circuito primario de captadores.
- El sistema convencional auxiliar se diseñara para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar. Sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación.
- El sistema de aporte de energía convencional auxiliar con acumulación o en línea, siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con la legislación vigente en cada momento referente a la prevención y control de la legionelosis.
- En el caso de que el sistema de energía convencional auxiliar no disponga de acumulación, es decir sea una fuente instantánea, el equipo será modulante, es decir, capaz de regular su potencia de forma que se obtenga la temperatura de manera permanente con independencia de cuál sea la temperatura del agua de entrada al citado equipo.
- En el caso de climatización de piscinas, para el control de la temperatura del agua se dispondrá una sonda de temperatura en el retorno de agua al intercambiador de calor y un termostato de seguridad dotado de rearme manual en la impulsión que enclave el sistema de generación de calor. La temperatura de tarado del termostato de seguridad será, como máximo, 10 °C mayor que la temperatura máxima de impulsión.

1.1.4.2. Energía de biomasa para calefacción

La manera más eficiente en un sistema de calefacción es intentando aprovechar de la manera más económica y eficiente posible el poder calorífico de un combustible. De tal forma que se calienta un fluido mediante su combustión para aprovechar su energía térmica útil, transmitiendo calor al ambiente.



En este proyecto el combustible a utilizar será la biomasa. El sistema de emisión puede ser dada por elementos terminales como: radiadores, fancoils y aerotermos o suelo radiante.

En este caso se utilizarán los emisores ya existentes para no aumentar el coste de la instalación: los radiadores.

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 en los cuales se produce una cesión de energía mediante la combinación de convección y radiación. [31]

1.1.4.2.1. Tipos de combustibles

Existen diferentes tipos de biomasa que pueden ser utilizados para suministrar la demanda de energía de una instalación.

La biomasa es un combustible vegetal que procede generalmente de residuos, bien sean estos forestales: leña, cortezas, astillas, restos de poda o masas forestales,..; agrícolas: la poda de la vid, almendros, cáscaras de frutos secos, huesos de aceituna y otros frutos,..; o industriales: restos de industrias madereras o de la fabricación del corcho.

La clasificación de la biomasa según su origen es la siguiente:

1.1.4.2.1.1. Combustibles tradicionales

Se usan con menor frecuencia al resto de biocombustibles, sin embargo existen también calderas modernas diseñadas para su uso con leña o briquetas y su uso se reduce casi exclusivamente a calderas de viviendas unifamiliares y a geografías con alta disponibilidad de este tipo de biomasa.

- **Leña:**

La leña proviene de trocear troncos que no van a ser utilizados para producir madera, y pueden producirse localmente por los propios usuarios. Al igual que ocurre con el resto de la biomasa, la energía que producen en la caldera va a depender del tipo de madera y de la humedad que contenga.



La leña debe introducirse manualmente en la caldera, normalmente varias veces al día. Por lo tanto, los sistemas de calefacción de leña son semiautomáticos, con la ventaja de que esta biomasa es muy económica. Existen calderas que funcionan exclusivamente con leña, y otras que funcionan con leña y astillas o pellets y que tienen un mayor campo de aplicación.

El coste de producción de las briquetas es muy superior al de la leña, aunque el poder calorífico de la primera está claramente por encima. Además las briquetas producen menos cenizas, facilitando la limpieza y mantenimiento de la caldera. [32]

1.1.4.2.1.2. Residuos forestales

- **Pellets:**

Son pequeños cilindros procedentes de la compactación de serrines y virutas molturadas y secas, provenientes de serrerías, de otras industrias, o producidas a partir de astillas y otras biomásas de diversos orígenes.

Dentro de sus ventajas está el elevado poder calorífico, el bajo contenido en cenizas que produce la quema del pellet reduce las necesidades de operación y mantenimiento. Su mayor inconveniente es que su precio es más elevado respecto a otros biocombustibles, debido al proceso de transformación que sufre.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la posibilidad de degradación de los pellets por ciertos porcentajes de humedad, por lo que siempre deben estar almacenados en recintos impermeabilizados, tanto en los puntos de suministro como en el almacenamiento en edificios y viviendas. [32]

- **Briquetas:**

Las briquetas son cilindros de biomasa densificada de tamaño superior al del pellet, provenientes normalmente de serrines y virutas de aserraderos. Estos cilindros sustituyen normalmente a la leña en las calderas. Las principales propiedades de las briquetas son una humedad menor del 10%, un poder calorífico inferior superior a los 16,9 MJ/kg (4,7 kWh/kg) y una densidad en torno a los 1.000 kg/m³. El contenido en cenizas no llega al 0,7%.

El coste de producción de las briquetas es muy superior al de la leña, aunque el poder calorífico de la primera está claramente por encima. Además las briquetas producen menos cenizas, facilitando la limpieza y mantenimiento de la caldera. [32]



- **Astillas:**

Las astillas de madera son trozos pequeños de entre 5 y 100 mm de longitud cuya calidad depende fundamentalmente de la materia prima de la que proceden, su recogida y de la tecnología de astillado. Según provengan de primera y segunda transformación de la madera o maderas forestales muy limpias o de tratamientos silvícolas, agrícolas y forestales tienen diferentes características y por tanto su calidad y poder calorífico también varía.

Las astillas muy húmedas (> 40%), los trozos de madera grandes en las astillas, así como algunos tipos de residuos agrícolas son poco recomendables en la mayoría de las calderas para edificios y viviendas.

Normalmente tienen un elevado poder calorífico, pero se debe tener precaución con la calidad de la biomasa que va a adquirirse, evitando biomásas con residuos no deseados. El alto contenido en cenizas requiere de mayores labores de mantenimiento. Son menos densas que los pellets y residuos agroindustriales por lo que necesitan mayor espacio de almacenamiento y tienen una buena relación calidad-precio. [32]

1.1.4.2.1.3. Residuos agroindustriales

Este tipo de residuos proviene fundamentalmente de las industrias de la producción de aceite de oliva y aceituna, de las alcoholeras y la uva, y de los frutos secos. En general, los proveedores suelen reducir su grado de humedad mediante procesos de secado con el objetivo de aumentar su poder calorífico inferior. Los más habituales son la cáscara de almendra y el hueso de aceituna.

1.1.4.2.2. Calderas de biomasa

Las calderas de biomasa son equipos compactos diseñados para su uso, ya sea doméstico en viviendas unifamiliares, edificios de viviendas o comerciales, existiendo también modelos para instalaciones industriales. Todas ellas presentan sistemas automáticos de encendido y regulación e, incluso algunas, de retirada de cenizas, que facilitan el manejo al usuario.

Para aplicaciones de calefacción doméstica o comercial, estos equipos son de potencia baja a media, hasta 150-200 kW. Este tipo de sistemas alcanzan rendimientos entre el 85 y 92%, valores similares a los de las calderas de gasóleo o de gas.



Un caso concreto y cada vez más extendido, son las calderas de pellets, la cual utilizaremos para este proyecto. Debido a las características de este combustible (poder calorífico, compactación...) las calderas diseñadas para pellets son más eficientes y más compactas que el resto de calderas de biomasa.

Para la elección de caldera de este tipo se debe tener en cuenta una serie de características:

- Fiabilidad del sistema.
- Rendimiento de la combustión de la caldera. (Cuanto más alto, menor será el consumo y mayor la eficiencia.)
- Bajas emisiones de CO (< 200 mg/m³) y bajas emisiones de polvo (<150 mg/m³).
- Cumplimiento de la normativa de emisiones de gases y partículas.

Existe una gran variedad de calderas de biomasa, sin embargo las más comunes son las calderas de pellets, calderas de astillas y las calderas de llama invertida para la combustión de madera en tarugos.

En este caso explicaremos el funcionamiento de las calderas de pellets ya que es la que utilizaremos.

1.1.4.2.2.1. Calderas de pellets

El pellet es un combustible de madera virgen seca y prensada en pequeños cilindros, sin aditivos. El peso específico del pelle a granel es de aproximadamente 6-700 kg/m³, mucho más alto que el de otros combustibles no prensados de madera (astillas). El poder calorífico alcanza la 4200 kcal/kg, con una densidad energética de 3000 – 3400 kWh/m³.

A causa de la forma cilíndrica y lisa y del tamaño pequeño, el pellet tiende a portarse como un fluido, lo que facilita el movimiento del combustible y la carga automática de las calderas. El transporte puede realizarse con camiones cisterna, desde los cuales se bombea directamente en el depósito de almacenamiento del sistema. La alta densidad energética y la facilidad de movimiento hacen del pellet el combustible vegetal mas indicado para sistemas de calefacción automáticos de todos los tamaños. El pellet de madera puede utilizarse en las calderas de astillas o en calderas proyectadas especialmente para pellet. Es posible incluso utilizarse el pellet en algunos modelos de calderas de gasóleo, a través de quemadores especiales.



Un sistema de calefacción de pellets consta de los siguientes componentes:

- Caldera
- Depósito de pellet
- Sistema de alimentación del pellet
- Centralita de regulación
- Eventual acumulador inercial y calentador para agua sanitaria

Funcionamiento

Las calderas pellets requieren un contenedor para el almacenaje del combustible situado cerca de la caldera. Desde el mismo, un alimentador de tornillo sin fin lo lleva a la caldera, donde se realiza la combustión. Los quemadores de pellet para su uso en calderas de gasóleo se ponen en la parte anterior a la caldera. Se alimentan desde arriba y queman el pellet, desarrollando una llama horizontal que entra en la caldera, como suele suceder en los sistemas de gasóleo.

En cualquier caso el encendido es automático y muy rápido, gracias a una resistencia eléctrica. En los sistemas más avanzados la regulación del aire comburente y del flujo de combustible se realizan automáticamente gracias a un microprocesador. Estas características de sencillez de empleo y de automatización confieren a los sistemas de calefacción de pellets un elevado nivel de confort.

Además mencionar que los dispositivos contra el retorno de llama dl quemador hacia el deposito son elementos fundamentales para la seguridad de una caldera de pellet. El sistema más común consiste en colocar un tramo de caída libre del pellet entre el transportador sin fin y la caldera. Este tramo esta normalmente constituido por un tubo flexible. Otros sistemas prevén cierres corta-llama o válvulas con forma de estrella. [33]

En caso de corte de suministro de electricidad o de avería de la bomba de circulación, el riesgo de ebullición del agua es mucho menor que el de las calderas de leña, gracias a la pequeña cantidad de combustible presente en el hogar.



Figura 13: Caldera de pellets

Instalación de una caldera de pellets

Las calderas de pellets de poca potencia tienen un depósito para el combustible de capacidad generalmente limitada a un centenar de litros. En los sistemas más sencillos, este contenedor se carga manualmente con las bolsas de pellet. En ese caso, la autonomía de funcionamiento es de unos días.

Para aumentar la autonomía y, por consiguiente, el confort es oportuno preparar un silo de almacenamiento, en el que el pellet se descarga automáticamente desde un camión cisterna. Basándose en el poder calorífico del pellet y en los rendimientos de conversión, el consumo horario de combustible a la potencia nominal de la caldera es de aproximadamente 0,25 kg/h por kW.



Un silo de 10 m³ confiere, aproximadamente 1500 horas de autonomía de funcionamiento a la máxima potencia para una caldera de 20 kW. Si el silo de almacenamiento está cerca del cuarto de la caldera, un transportador sin fin de características normales es suficiente para llevar el pellet a la caldera. Si por el contrario, el silo está colocado más lejos (hasta diez metros o más del cuarto de la caldera) el transporte se puede realizar con alimentadores de tornillo sin fin flexibles, o con sistemas neumáticos.

En cualquier caso hay que prestar especial atención en evitar infiltraciones de agua en el silo de almacenaje, que podrían provocar una hinchazón del pellet, hasta hacerlo inutilizable. [33]

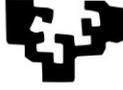
El pellet está disponible en el mercado en diferentes formas:

- Bolsas pequeñas de 15 kg, utilizadas para estufas, chimeneas y pequeñas calderas con depósito de carga manual.
- Bolsas grandes de 800 a 1000 kg, se pueden utilizar con la inserción de un alimentador de tornillo sin fin o en sistemas con silo de almacenaje encerrado.
- A granel, transportado mediante un camión cisterna especialmente equipado para bombear directamente en un silo de almacenaje.

1.1.4.2.3. Elementos de una caldera de biomasa

- **Sistema de almacenamiento y alimentación:** el sistema de almacenamiento debe situarse en una habitación o emplazamiento distinto al de la sala de calderas. En un edificio ya existente, donde no es posible situar la sala de calderas y el sistema de almacenamiento en espacios diferentes, el almacenamiento tendrá que estar a una distancia superior a 70 cm de la caldera y con una pared divisoria que cumpla con la normativa de incendios vigente.

Existen básicamente dos tipos de sistemas de almacenamiento: los prefabricados y los de obra. Los prefabricados se utilizan normalmente para las calderas pequeñas de pellet, normalmente con sistema de alimentación neumático. Y los de obra se utilizan normalmente para las calderas de astilla, normalmente con sistema de alimentación por tornillo sin fin. La leña es un caso diferente, ya que no precisa de silo, sino de un patio de almacenamiento y la alimentación es manual.



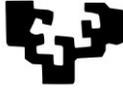
- **Intercambiador de calor:** Es el componente que permite la transferencia del calor de la combustión al circuito primario de agua.
En el periodo estival, el acumulador de inercia permite recargar muchas veces el acumulador de ACS sin tener que volver a encender la caldera.
- **Acumulador inercial:** Acumula calor para poder abastecer puntas de consumo y garantiza que la caldera trabaje de forma constante. Se pueden derivar diferentes salidas a partir del depósito, ya que es un acumulador e intercambiador al mismo tiempo (ACS, calefacción por radiadores, suelo radiante, sistema mixto con placas solares, etc.). Además puede almacenar calor residual en el momento del paro.

1.1.5. Descripción del proyecto

1.1.5.1. Características de la vivienda

Esta vivienda unifamiliar la componen cinco personas durante los 12 meses del año. El diseño de las instalaciones deberá cumplir la demanda energética, para ello se sustituirá la caldera de gasóleo de 1.500 litros de volumen por una caldera de biomasa y se instalará una instalación solar térmica.

La vivienda consta de dos plantas; planta baja y planta primera bajo cubierta. A parte de las superficies que se describen a continuación, la vivienda también consta de un amplio terreno de 1.317m².



1.1.5.1.1. Planta baja

Dispone de un hall y dos porches, uno de ellos más amplio que el otro. Además también dispone de un amplio salón. Se ubican en esta planta también la cocina, el comedor y dos baños y dos dormitorios, uno de los dos dormitorios es utilizado para los invitados. Para terminar con la planta baja dispone de un trastero al que se puede acceder por fuera de la vivienda y un cuarto reservado para la lavadora y secadora y la caldera de gasóleo. Por lo tanto es en esta planta donde instalaremos la caldera de biomasa.

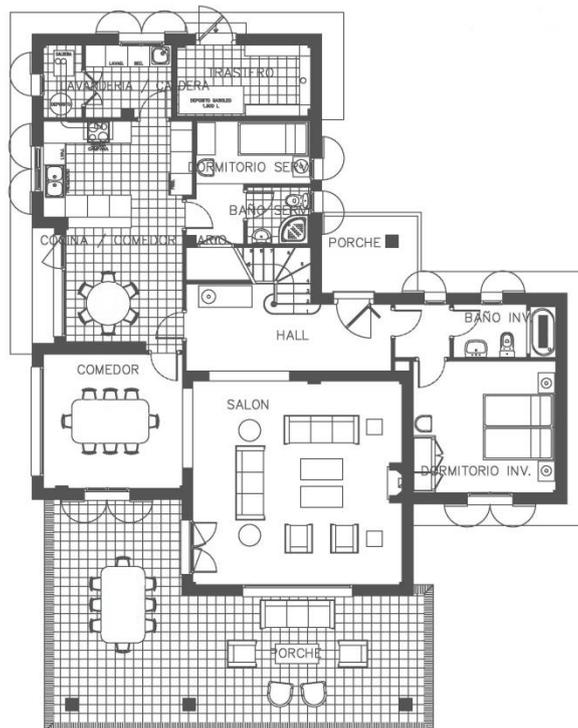
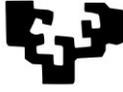


Figura 14: planta baja



1.1.5.1.2. Planta primera

La planta primera consta de un distribuidor, tres dormitorios y dos baños. Dos de los dormitorios son individuales y el tercero es doble con baño incluido.

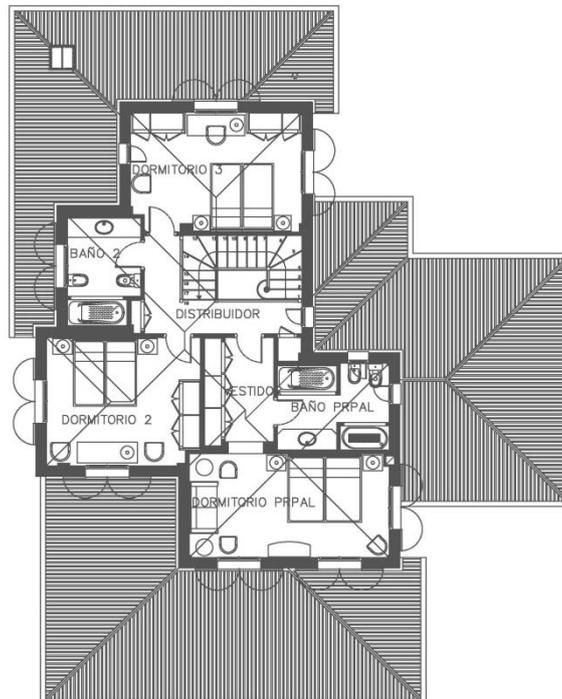
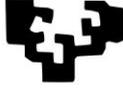


Figura 15: planta primera



1.1.5.1.3. Cubierta

Las cubiertas se proyectan a tres y cuatro aguas recogiendo los dos cuerpos con que cuenta la edificación.

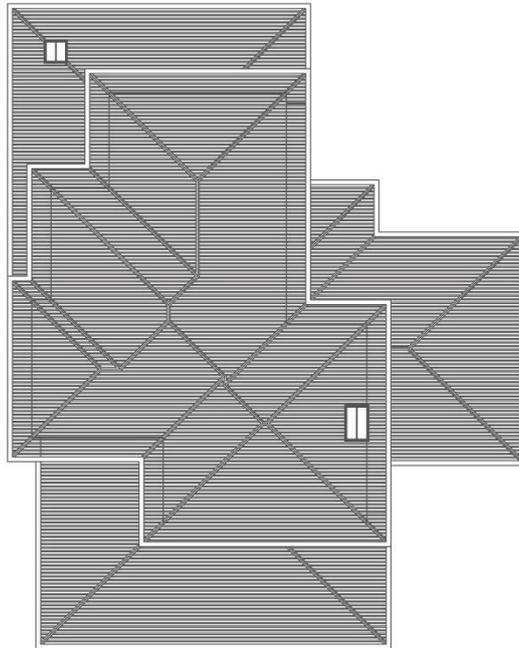


Figura 16: cubierta



Por último, se resumen las diferentes áreas de la vivienda en la tabla 2.

Tabla 2: superficies útiles de la vivienda

ZONA	ESPACIOS	SUPERFICIES UTILES
PLANTA BAJA	Hall	12,21m ²
	Salón	32,05 m ²
	Comedor	14,03 m ²
	Cocina-comedor	21,81 m ²
	Porches	57,00 m ²
	Dormitorio	9,38 m ²
	Dormitorio invitados	14,15 m ²
	Baño invitados	4,06 m ²
	Baño	2,64 m ²
	Lavandería-calderas	6,91 m ²
	Trastero	7,08 m ²
	TOTAL	183,52 m ²
	PLANTA PRIMERA	Distribuidor
Dormitorio principal		23,40 m ²
Dormitorio 1		16,05 m ²
Dormitorio 2		16,57 m ²
Baño principal		7,91 m ²
Baño 2		6,31 m ²
TOTAL		77,38 m ²
TOTAL	260,90 m ²	

1.1.5.1.4. Huecos y lucernarios

1.1.5.1.4.1. Ventanas

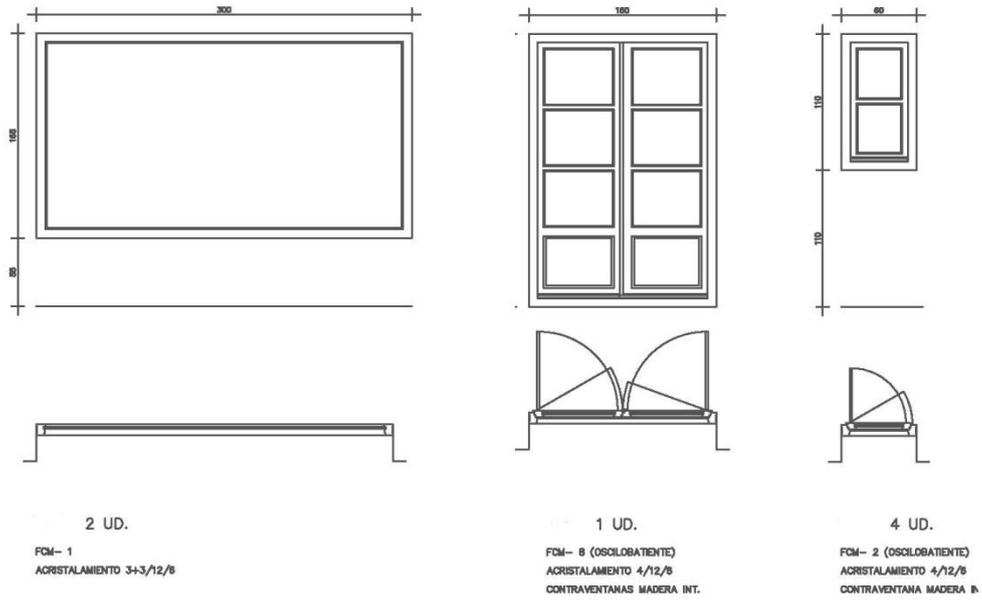
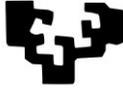


Figura 17: Tipos de ventana

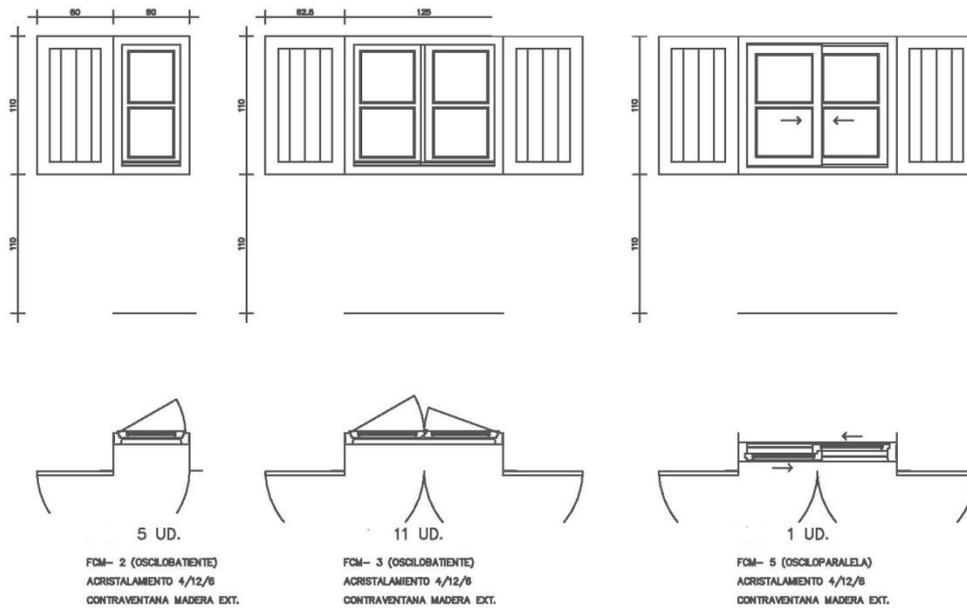
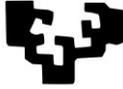


Figura 18: Tipos de ventana



1.1.5.1.4.2. Puertas

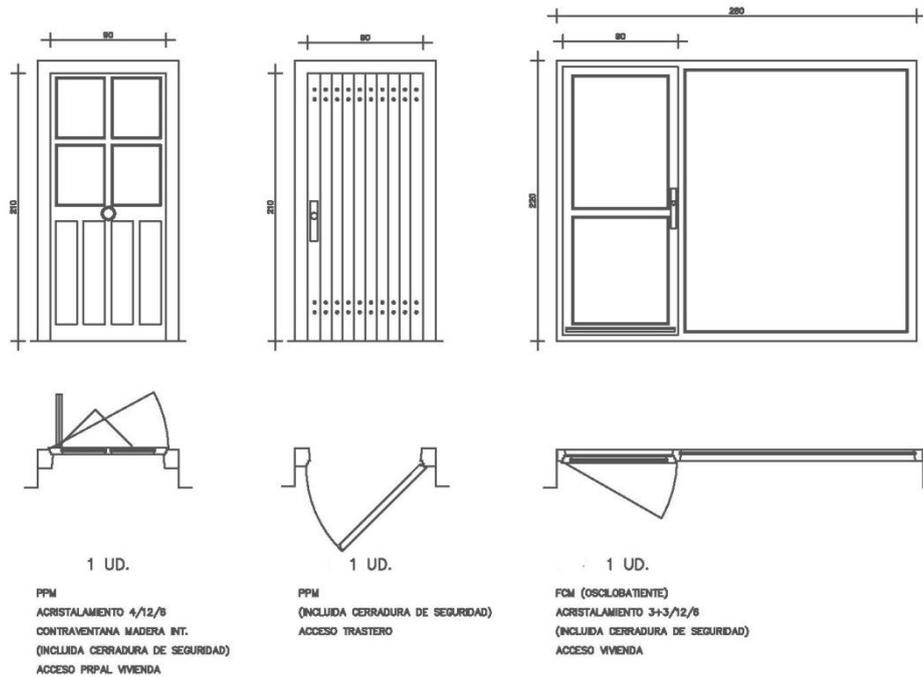


Figura 19: Tipos de puertas exteriores

1.1.5.1.5. Instalaciones actuales para ACS y calefacción

La producción de calefacción y de agua caliente sanitaria se realizará mediante caldera individual de gasóleo. Como emisor de calefacción se utilizan radiadores de aluminio.

1.1.5.2. Instalación solar térmica para ACS

La instalación solar térmica está formada por un sistema de captación, un sistema de acumulación para ACS y un equipo de apoyo conectado en paralelo al depósito acumulador. Dicha instalación alcanza un 47,915% de la energía demanda por la producción de ACS.

El sistema de captación está formado por un colector solar plano modelo Junkers FKT-2 W con una inclinación de 45º y orientación Sur.



La estructura soporte del colector solar será montada en el exterior y permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores.

El sistema de acumulación que se ha seleccionado es un interacumulador IVRS 120 de doble serpentín con un volumen de 120 litros, ya que se adecua a las necesidades de la vivienda.

En cuanto a la 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 al colector solar.

El sistema de seguridad de la instalación estará compuesto por 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 de la energía estará formado por los conductos, las bombas de circulación y la red de tuberías de diámetro 14 mm. 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.

En el circuito primario de la instalación, el fluido de trabajo estará formado por una mezcla de agua con propilenglicol, en la que la proporción de propilenglicol será de 20% del peso total del fluido.

1.1.5.2.1. Colector solar seleccionado

De los modelos de colectores que existen en el mercado, y tras un estudio de su relación calidad-precio el captador seleccionado es el modelo Junkers FKT-2 W.

A continuación se muestran las especificaciones técnicas de dicho captador:



Tabla 3: Características del captador. Fuente [36]

MODELO	FKT-2 S	FKT-2 W
Montaje	Vertical	Horizontal
Dimensiones (mm)	1175x2170x87	2170x1175x87
Área total (m ²)	2,55	2,55
Área de apertura (m ²)	2,426	2,426
Área del absorbedor (m ²)	2,23	2,23
Volumen del absorbedor (l)	1,6	1,96
Peso en vacío (kg)	44	45
Presión trabajo máx. (bar)	10	10
Caudal nominal (l/h)	50	50
Material de la caja	Fibra de vidrio, con esquinas de plástico y chapa de acero tratada con aluminio y zinc	Fibra de vidrio, con esquinas de plástico y chapa de acero tratada con aluminio y zinc
Aislamiento	Lana mineral, de 55 mm. de espesor	Lana mineral, de 55 mm. de espesor
Absorbedor	Selectivo	Selectivo
Recubrimiento absorbedor	PVD	PVD
Circuito hidráulico	Doble serpentín	Doble serpentín
Curva de rendimiento instantáneo según EN 12975-2 (basada en el área de apertura)		
Factor de eficiencia n0	0,794	0,802
Coef. pérdidas línea (W/m ² °K)	3,863	3,833
Coef. pérdidas secundaria (W/m ² °K ²)	0,013	0,015

Otras características del colector:

- Tratamiento selectivo: PVD
- Circuito hidráulico en doble serpentín
- Conexiones metálicas flexibles y posibilidad de conexión de hasta 10 captadores en paralelo
- Vidrio solar
- El exclusivo diseño del absorbedor evita sobrecalentamientos en épocas de bajo consumo y elevada radiación en un captador con gran temperatura de estancamiento.
- Facilitan el montaje de los captadores solares, proporcionando estanqueidad total y gran durabilidad. Para montaje en vertical y horizontal [36]

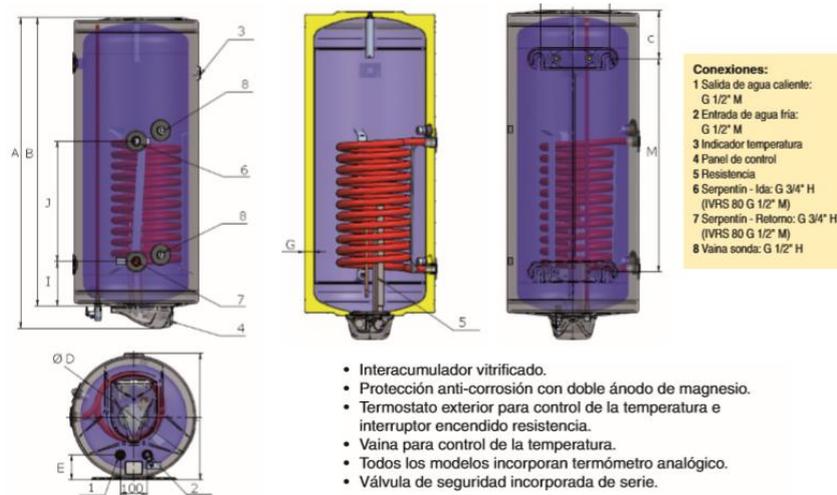
1.1.5.2.2. Sistema de acumulación seleccionado

El depósito acumulador seleccionado es el modelo IVRS 120 de 120 litros ya que se adecua a las necesidades de la vivienda.

Este tipo de depósitos están fabricados en acero inoxidable, soldados con la mejor tecnología; y realizándole una exigente prueba hidráulica a 1,5 veces la presión de trabajo, normalmente 8 bares. La temperatura máxima de trabajo de los serpentines es de 120 °C y están especialmente diseñados para la acumulación de ACS.

A continuación se muestran en la siguiente figura sus características técnicas:

Tabla 4: Características del sistema de acumulación. Fuente [37]



- Interacumulador vitrificado.
- Protección anti-corrosión con doble ánodo de magnesio.
- Termostato exterior para control de la temperatura e interruptor encendido resistencia.
- Vaina para control de la temperatura.
- Todos los modelos incorporan termómetro analógico.
- Válvula de seguridad incorporada de serie.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

MODELO		IVRS 80	IVRS 100	IVRS 120	IVRS 150	IVRS 200
Código		CC01200	CC01201	CC01202	CC01203	CC01204
Volumen	L	80	100	120	150	200
Presión máxima	bar	6	6	6	6	6
Tensión nominal	V	230	230	230	230	230
Potencia	kW	2	2	2	2	2
Temperatura max.	°C	75	75	75	75	75
Superficie Intercambiador	m ²	0,6	0,87	0,87	1,11	1,11
Volumen Intercambiador	L	1,6	3,25	3,25	3,6	3,6
Potencia Intercambiador	kW	13,2	21,2	21,2	22,1	22,1
Peso en vacío	Kg	34	40	45	56	73
DIMENSIONES						
A	mm	1065	1000	1165	1015	1255
B	mm	980	915	1080	930	1170
C	mm	145	175	175	190	190
ØD	mm	385	460	460	586	586
E	mm	80	96	96	105	105
F	mm	400	474	474	600	600
G	mm	32	32	32	43	43
I	mm	110	165	165	195	195
J	mm	450	450	450	450	450
M	mm	-	-	-	560	780



1.1.5.2.3. Bomba seleccionada

Una vez realizados los cálculos de caudal y de pérdidas de carga descritos en el anexo de cálculos, el modelo que se ha seleccionado es el grupo de bombeo de la marca JUNKERS AGS 5.

Esta bomba tiene una estructura de espuma de poliuretano inyectado, rígida y de fácil instalación con posibilidad de regulación del caudal de circulación del circuito primario de forma muy sencilla. Además, Incorporan todos los elementos necesarios para el circuito primario de captación solar: bomba, válvula de corte, termómetros, válvula anti-retorno, caudalímetro, válvula de seguridad y conexión de salida para los vasos de expansión.

A continuación se muestran las características de este grupo de bombeo en la siguiente figura:



Tabla 5: características de la bomba. Fuente [36]

Tipo de grupo	Grupos de bombeo solar AGS	
	Una línea	Dos Líneas
Modelo	AGS 10-2 E	AGS 5 AGS 10/TDS 100-2
Número de captadores	1-10	1-10
Altura manométrica de la bomba	7 m	7 m
Diámetro de conexión	15 mm	15 mm
Válvula de seguridad	6 bar	6 bar
Manómetro	X	X
Válvula de corte (Ida/reorno)	-/X	X/X
Termómetro (Ida/retorno)	-/X	X/X
Antirretorno (Ida/retorno)	-/X	X/X
Caudalímetro	-	X
Eliminador de aire	-	X
Conexión para bomba de llenado	-	X
Conexión para vaso de expansión	-	X
Dimensiones (Ancho x Alto x Fondo) mm	185 x 355 x180	290 x 370 x 225

1.1.5.2.4. 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.

El accesorio de conexión al vaso de expansión será de la misma marca Junkers, el modelo AAS 1, ya que vienen fabricados para este tipo de vasos y son por lo tanto los más aconsejables.

Tabla 6: Vaso de expansión y accesorio de conexión seleccionado. Fuente [36]

	SAG 18	7 739 300 100	4 010 009 629 634	Vaso de expansión especial para instalaciones solares, preparado para trabajar con mezclas anticongelantes.	Capacidad: 18 l.	70
	SAG 25	7 739 300 119	4 010 009 640 097		Capacidad: 25 l.	80
	SAG 35	7 739 300 120	4 010 009 648 758		Capacidad: 35 l.	105
	SAG 50	7 747 010 470	4 010 009 168 522		Capacidad: 50 l.	155
	SAG 80	7 747 010 471	4 010 009 168 539		Capacidad: 80 l.	190
	AAS 1	7 739 300 331	4 010 009 709 893	Conexión y soporte para vasos de expansión.		65

1.1.5.2.5. Sistema de control seleccionado

En cuanto al sistema de control, se ha seleccionado 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.



Características del sistema de control:

- 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

[36]

1.1.5.2.6. Sistema auxiliar

Este sistema consistirá en una caldera de biomasa cuyas funciones serán ejercer de sistema auxiliar para el ACS en aquellas situaciones donde con el sistema solar no se alcance la producción de energía necesaria y también se encargará de la calefacción de la vivienda.

En cuanto a la elección de este tipo de sistema cabe destacar que los combustibles empleados son más económicos que los convencionales de origen fósil y también son menos contaminantes.

En cuanto al ámbito de la contaminación, se consideran más sostenibles debido a que los árboles durante su crecimiento absorben CO₂ 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 CO₂.

Cabe destacar a su vez que la biomasa presenta un bajo o nulo contenido en azufre, al contrario que ocurre en los combustibles fósiles.

1.1.5.3. Caldera de biomasa

1.1.5.3.1. Caldera seleccionada

La caldera seleccionada es el modelo KBC 25 MESCOLI de 25 KW. Es una caldera de pellet compacta de alto rendimiento ideal para la calefacción y producción de ACS en viviendas o locales de 63m² a 230m². Lo cual cumple con los 203,9 m² que tiene la casa sin contar los porches.



Las características principales son:

- Equipo robusto y duradero.
- Rendimiento superior al 91%.
- Quemador con limpieza automática.
- Depósito de pellet de gran capacidad.
- Carga frontal de combustible.
- Modulación automática (7 niveles).
- Clase 5 (EN 303-5:2012)
- Fácil uso y mantenimiento.
- Panel de control electrónico.
- Limpieza automática del intercambiador (opcional).
- Incluye grupo hidráulico (bomba de circulación, vaso de expansión, válvula de seguridad, lector de presión, etc.)
- Instalación extremadamente sencilla.
- Función Invierno / Verano.
- Posibilidad de aplicar depósito anexo para aumentar su autonomía.

Datos técnicos:

- Potencia nominal (Máxima/Mínima): 24,95 / 7,19 kW
- Potencia real (Máxima/Mínima): 23,00 / 6,33 kW
- Rendimiento (Máximo/Mínimo): 92,11% / 88,17%
- Clase caldera según EN 303-5: 5
- Limpieza automática del quemador: Incluido
- Limpieza automática del intercambiador: Opcional
- Combustible admitido: Pellet Ø6mm
- Humedad máxima del pellet usado: 8%
- Capacidad depósito pellet: 190 kg
- Capacidad depósito pellet suplementario: 175 kg
- Consumo pellet (Mín/Máx): 1,5 / 5,00 kg/h
- Autonomía (Mín/Máx): 38 / 125 horas
- Temperatura humos a potencia máxima: 98,87 °C
- Temperatura humos a potencia mínima: 61,48 °C
- Salida de humos caldera: Ø80mm
- Salida de humos chimenea: Ø150mm
- Depresión mínima chimenea: 13 Pa
- Contenido de agua en caldera: 72 litros
- Pérdida de carga agua: 1,8 mbar



- Presión máxima de trabajo: 2,5 bar
- Temperatura mínima de retorno: 60°C
- Capacidad vaso de expansión: 8 litros
- Consumo eléctrico (Máximo/Mínimo) 412W / 121W
- Tensión eléctrica: 230V/l/50Hz
- Campo de regulación temperatura: 60 °C a 87 °C
- Dimensiones (Ancho/Fondo/Alto): 664/930/1538mm
- Peso: 325 kg

[43]



Figura 20: Caldera KBC 25 MESCOLI. Fuente [43]



1.1.5.3.2. Combustible a emplear

El combustible seleccionado es el pellet como se puede observar en el tipo de caldera seleccionado. Se ha elegido esta opción debido a que sus características se adaptan mejor a las limitaciones de la vivienda. Cabe destacar que las instalaciones de pellets necesitan menor espacio de almacenamiento que otros combustibles del mismo tipo y a su vez, las dimensiones de la caldera son menores que las de otro tipo de combustibles.

1.1.5.3.3. Chimenea y conducto de humos

En cuanto al desalojo de los humos o productos de la combustión, se conecta la caldera a la salida de humos de la actual caldera de gasóleo, realizando un registro para limpieza y empleando, para la conexión con la chimenea actual, un ducto de 125 mm de diámetro de INOX 316.

1.1.5.3.4. Silo de pellets

El modelo seleccionado del silo es ECOSILO EXTRA 16P, con una capacidad de 1,6-2,2 toneladas de pellets.

Características:

- Estructura de acero galvanizado.
- Certificado de permeabilidad al polvo.
- Lona de protección para impacto de pellets incluida.
- Parte inferior del silo plana con refuerzo de PVC deslizante.
- 20% más de capacidad que un silo convencional en el mismo espacio.
- Incluye vibrador en la parte inferior para facilitar la extracción del material.
- No apto para sistema de extracción por sinfín.
- Sólo válido para extracción por sistema de aspiración.
- Boca de llenado para camión neumático tipo Storz.

[44]



Figura 21: Silo de pellets ECOSILO EXTRA 16P. Fuente [44]

1.1.5.4. Certificación de la vivienda

El certificado de eficiencia energética o certificado energético es un documento oficial redactado por un técnico competente que incluye información objetiva sobre las características energéticas de un inmueble.

Dicho certificado resulta obligatorio, salvo excepciones, para el propietario de cualquier parte individual de un edificio existente (viviendas, oficinas o locales) objeto de una operación de compraventa o de alquiler. De este modo, se pretende que el comprador o el inquilino pueda «valorar y comparar la eficiencia energética como un factor añadido para la toma de decisiones de compra o alquiler» en un edificio.

En un edificio, la eficiencia energética se calcula midiendo la energía consumida todos los años en condiciones normales de uso y ocupación. Para ello se tienen en cuenta todos los servicios utilizados de manera habitual, como la calefacción, la refrigeración, la ventilación, la producción de agua caliente sanitaria y la iluminación, a fin de mantener las condiciones de confort térmico y lumínico y sus necesidades de agua caliente sanitaria y calidad de aire interior.

Para mostrar la calificación de la vivienda se utiliza una escala en letras que va de la A a la G. La calificación más elevada, es decir, la A, corresponde a un color verde oscuro y también al mejor desempeño energético posible. La letra G, opuestamente, corresponde al color rojo y al peor desempeño energético. Asimismo, la etiqueta



energética incluye cierta información respecto al consumo anual de energía y sobre la producción de dióxido de carbono al año. [46]

1.1.5.4.1. Certificación previa a las mejoras

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, la certificación de la vivienda antes de imponer las nuevas instalaciones posee la letra E en la escala, y este valor se ve especialmente influenciado en el tipo de combustible empleado para la producción de ACS y calefacción, ya que el gasoil genera una enorme cantidad de emisiones de CO₂.

Tabla 7: Certificación previa a las mejoras energéticas

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
	142,8 E		37,5 E

1.1.5.4.2. Certificación con mejoras de instalaciones

La letra de la vivienda mejora hasta una calificación de A. Esto no se ve influenciado en gran medida por la instalación solar térmica, ya que el mayor consumo de energía se emplea en la calefacción de la vivienda y no en el ACS producido por la energía solar. No obstante, el empleo de una caldera con un combustible de energía renovable hace que sea posible este gran salto, puesto que las emisiones de CO₂, se reducen de forma elevada llegando al punto de considerarse nulas como se explica en el estudio medioambiental.

Tabla 8: Certificación con las mejoras de instalaciones

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
	24,85 A		7,09 A



1.1.6. Resumen del presupuesto

Tabla 9: Resumen del presupuesto

Código	Descripción del elemento	Importe (€)
1	INSTALACION SOLAR TERMICA	2630,97
	Captador	1239
	Acumulador	359
	Tuberías	163,92
	Vaso de expansión	149,7
	Controlador solar	349,35
	Grupo de bombeo	370
2	CALDERA BIOMASA	6605
	Caldera de pellets	3950
	Salida de humos	240
	Silo de pellets	2115
	Valvulería	300
3	MANO DE OBRA	1192
	Oficial de primera	640
	Ayudante	552
4	SEGURIDAD Y SALUD	608,1
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL		11036,07
GASTOS GENERALES (13%)		1434,69
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)		662,16
PRESUPUESTO SIN IVA		13132,92
IVA (21%)		2757,91
PRESUPUESTO CON IVA		15890,83
PRESUPUESTO TOTAL		15890,83

El importe del presupuesto total del proyecto “Estudio de la eficiencia energética en la reforma de una vivienda unifamiliar en Castanedo (Cantabria)” (I.V.A incluido) asciende a 15890,83 €.

Quince mil ochocientos noventa con ochenta y tres

1.1.7. Normativa

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



- Reglamentación de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).
- “Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Solares Térmicas de Baja Temperatura” del IDAE.
- Sistemas de aprovechamiento térmico (CENSOLAR).
- Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis (Aprobados por el Real Decreto 865/2003).
- 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:
 - Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE). B
 - Documento Básico de Seguridad frente a Incendios (DB-SI).
 - Documento Básico de Seguridad en su Utilización (DB-SU).
 - Edificios más saludables: Salud, higiene y protección del Medio Ambiente.
- 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:
 - HE-1: Limitación de la Demanda Energética, donde se establecen los valores límite para los cerramientos de los edificios (fachadas, vidrios, cubiertas, etc.)
 - HE-2: Rendimiento de las Instalaciones Térmicas, que se desarrolla dentro del RITE y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.
 - HE-3 Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación.



- 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.
- 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.

En cuanto a la **certificación energética** al ser una nueva condición impuesta en los últimos años tampoco hay demasiada legislación. Las exigencias establecidas en la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo se transpusieron en el R.D. 47/2007 de 19 de enero, por el que se aprobó el “Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción” (Vigente hasta el 14 de Abril de 2013).

Con posterioridad la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, ha sido modificada mediante la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios, circunstancia que ha hecho necesario transponer de nuevo al ordenamiento jurídico español las modificaciones que introduce con respecto a la Directiva modificada, creándose así el R.D. 235/2013, de 5 de abril que se aplica en la actualidad.

En resumen, el RD 235/2013 determina cual es el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios nuevos y deja claro que tendrá que ser desarrollado por el órgano correspondiente de cada una de las Comunidades Autónomas. Éstas tendrán que llevar el registro de las certificaciones energéticas en su ámbito territorial correspondiente, así como de realizar el control y la inspección.



Teniendo en cuenta la **seguridad y salud** se tienen en cuenta las siguientes leyes y decretos:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (BOE No 269, 10 de noviembre de 1995). Modificada por:
 - Ley 50/1998 de 30 de Diciembre (BOE 31/12/98)
 - RD 5/2000 de 4 de Agosto
 - Ley 54/2003 de 12 de Diciembre (BOE 14/12/2004)
 - RD 171/2004 DE 30 de Enero donde se desarrolla el Art. 24 de Ley 31/1995
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras. (BOE No 256, 25 de octubre de 1997). Modificada por:
 - RD 21777/2004 de 12 de Noviembre en sus disposiciones finales primera y segunda.
 - RD 604/2006 de 19 de Mayo (BOE 29/05/06).
 - RD 337/2010 de 19 de Marzo.
- Real Decreto 485/1997. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. (BOE No 97, 23 de abril de 1997).
- Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril de 1997. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de Trabajo.
- 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).
- 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:
 - RD 2177/2004 de 12 de Noviembre en sus disposiciones finales primera y segunda.



1.1.8. Bibliografía

[1] Antecedentes

https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_renovable#Las_fuentes_de_energ.C3.ADa_renovables_en_la_actualidad [Última revisión 06/06/2018]

[2]

<https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/> [Última revisión 06/06/2018]

[3]

Aranda Usón, Alfonso; Ortego Bielsa, Abel. *Integración de energías renovables en edificios*. Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2011 [Última revisión 06/06/2018]

[4] Contexto energético España y Cantabria

<http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjloqDx78zWAhWFFAKHYuCFIQFggvMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.coatcan.com%2Fcertificacionenergetica%2Fpdf%2FGUIA.pdf&usg=AOvVaw2t-ejvrOUKY6s1VNidtFRv> [Última revisión 06/06/2018]

[5] Energía solar

https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_t%C3%A9rmica [Última revisión 06/06/2018]

[6]

<http://blogdeenergiasrenovables.es/ventajas-y-desventajas-de-la-energia-solar-termica/> [Última revisión 06/06/2018]

[7]

<https://suelosolar.com/newsolares/newsol.asp?id=11796> [Última revisión 06/06/2018]

[8] Biomasa

<http://www.agenbur.com/es/contenido/index.asp?iddoc=410> [Última revisión 06/06/2018]



[9]

<https://es.wikipedia.org/wiki/Bioenerg%C3%ADa> [Última revisión 06/06/2018]

[10]

<https://certificadodeeficienciaenergetica.com/articulo/ventajas-e-inconvenientes-biomasa> [Última revisión 06/06/2018]

[11] situación y emplazamiento

<https://www.viajejet.com/clima-cantabria/> [Última revisión 06/06/2018]

[12] instalación solar térmica para acs

<http://www.xtec.cat/~jrosell3/recerca/energiasolartermica/sistemascaptacion.html>
[Última revisión 06/06/2018]

[13] instalación solar térmica para acs

<http://www.ekidom.com/funcionamiento-de-la-energia-solar-termica> [Última revisión 06/06/2018]

[14] instalación solar térmica para acs

<http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiQ64aphv3WAhUPLIAKHYNWCCcAQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.lansolar.com%2Fpaginas%2Fprevista%2Fenergia%2520solar%2520termica.pdf&usg=AOvVaw2r1kNRhX49pCafkIPN-b2Y> [Última revisión 06/06/2018]

[15] instalación solar térmica para acs

<http://www.ekidom.com/tipos-de-instalaciones-solares-termicas> [Última revisión 06/06/2018]

[16] instalación solar térmica para acs

Méndez Muñiz, J; Cuervo García, R; *ECA INSTITUTO DE TECNOLOGIA Y FORMACIÓN S.A.U. Energía Solar Térmica*. Madrid: Fundación Confemetal, 2008. [Última revisión 06/06/2018]

[17] instalación solar térmica para acs



<https://www.energiasolar365.com/articulos/que-son-los-colectores-solares> [Última revisión 06/06/2018]

[18] instalación solar térmica para acs

<http://www.biodisol.com/destacado/que-es-un-colector-solar-o-captador-solar-tipos-de-colectores-solares-energia-solar-termica/> [Última revisión 06/06/2018]

[19] instalación solar térmica para acs

<http://www.aulafacil.com/cursos/l36746/ciencia/medio-ambiente/energia-solar-termica/colectores-solares-generalidades> [Última revisión 06/06/2018]

[20] instalación solar térmica para acs

http://pdb.astralpool.com/pdb/es/product/Colectores_solares_de_Polipropileno.html [Última revisión 06/06/2018]

[21] instalación solar térmica para acs

<https://panelessolaresfotovoltaicosgratis.com/tipos-de-colectores-solares-termicos/> [Última revisión 06/06/2018]

[22] instalación solar térmica para acs

https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/orientacion-e-inclinacion-de-las-placas-solares_1 [Última revisión 06/06/2018]

[23] instalación solar térmica para acs

http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=0ahUKEwj rJe4ytnXAhWkOsAKHR_MCIAQFgg9MAc&url=http%3A%2F%2Fwww.preoc.es%2Fdownload%2FADS%2FD44AE010%2Festructura%2520soporte%2520del%2520colector%2520solar.pdf&usg=AOvVaw0wvgS_7AcBBJPb8qCtxOWg [Última revisión 06/06/2018]

[24] instalación solar térmica para acs

<https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKEw i998Kk29nXAhUIK8AKHdjAisQFgg5MAM&url=https%3A%2F%2Ftemariosformativosprofesionales.files.wordpress.com%2F2013%2F05%2Fenergia-solar-junkers.pdf&usg=AOvVaw2Rmr6OZYARWH9lUbeBj2-C> [Última revisión 06/06/2018]



[25]

DB HE4 CTO [Última revisión 06/06/2018]

[26] instalación solar térmica para acs

http://www.academia.edu/7767151/GUIA_DE_INTERCAMBIADORES_DE_CALOR_TIPO_S_GENERALES_Y_APLICACIONES [Última revisión 06/06/2018]

[27] instalación solar térmica para acs

http://energiasolartermica.blogspot.com.es/2006/02/el-fluido-caloportador_03.html
[Última revisión 06/06/2018]

[28] instalación solar térmica para acs

<http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj58ou52uPXAhXL7hoKHQ3rAnEQFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.quimacer.com%2Fcmsupload%2Fdescargas%2FPROTOCOLO%2520MANTENIMIENTO%2520-%2520ANTICONGELANTE%2520SOLAR%2520-%2520QUIMACER.pdf&usg=AOvVaw31Kt8ASUGrM2bLHlt1LdBT> [Última revisión 06/06/2018]

[29] instalación solar térmica para acs

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html> [Última revisión 06/06/2018]

[30] instalación solar térmica para acs

<http://octimiza.com/108-renovables> [Última revisión 06/06/2018]

[31] Biomasa

Alberto Gonzalez Martinez, Ana Maria Diez Suarez, Laura de Sousa Diaz, Alvaro de la Puente Gil y Beatriz Vega Barrallo. *UF0565 Eficiencia energética en las instalaciones de calefacción y ACS en los edificios*, España. Paraninfo [Última revisión 06/06/2018]

[32] Biomasa

<https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/biomasa/tipos-de-combustibles-para-calderas-de-biomasa.html> [Última revisión 06/06/2018]



[33] Biomasa

José Mº Fernández salgado. *Guía completa de la biomasa y los biocombustibles*. España, 2010 [Última revisión 06/06/2018]

[34] Biomasa

<http://www.clickrenovables.com/blog/guia-para-instalar-una-caldera-de-biomasa/> [Última revisión 06/06/2018]

[35] Instalación solar para ACS

<https://www.andimat.es/storage/22-24.pdf> [Última revisión 06/06/2018]

[36] Catalogo Junker

https://www.junkers.es/usuario_final/productos/catalogo_usuario [Última revisión 06/06/2018]

[37] Interacumulador

http://www.salvadorescoda.com/tecnico/CC/tec%20CC01200-04_Interacumulador-IVR-IV.pdf [Última revisión 06/06/2018]

[38] Instalación biomasa

<https://es.climate-data.org/location/304/> [Última revisión 06/06/2018]

[39]

Documento básico HE HE2 y HE1 [Última revisión 06/06/2018]

[40] Conductividad térmica

http://www.ceramicamenendez.es/pdf_productos.php [Última revisión 06/06/2018]

http://www.anape.es/pdf/Catalogo%20de%20Elementos%20Constructivos%20CAT-EC-v06.3_marzo_10.pdf [Última revisión 06/06/2018]

[41]

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12_Guia_tecnica_condiciones_climaticas_exteriores_de_proyecto_e4e5b769.pdf [Última revisión 06/06/2018]



[42]

http://konstruir.com/C.T.E/HS-3-Calidad-del-aire-interior/CTE_DB-HS3.pdf [Última revisión 06/06/2018]

[43] Caldera de Pellet

http://metmann.com/es/m315_Caldera-de-pellet-compacta-de-25-KW---KCB-25-MESCOLI [Última revisión 06/06/2018]

[44] Silos de Pellets

<http://chimeneastehisu.com/wp-content/uploads/2016/02/Tarifa-de-precios-ECOFORREST-SILOS-2015.pdf> [Última revisión 06/06/2018]

[45] HS3 CTO

<https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/salubridad/DcmHS.pdf> [Última revisión 06/06/2018]

[46] Certificado Ce3x

<https://certificadodeeficienciaenergetica.com/que-es-certificado-eficiencia-energetica-definicion> [Última revisión 06/06/2018]

[45]

<https://www.google.es/maps> [Última revisión 06/06/2018]



1.2. Memoria justificativa

1.2.1. Cálculos

1.2.1.1. Cálculos de la instalación solar térmica

1.2.1.1.1. Datos de partida

Para realizar la instalación será necesario partir de los siguientes datos:

- Provincia: Cantabria
- Localidad: Castanedo
- Latitud: 43°26'57.5" N
- Longitud: 3°41'53.9" O
- Temperatura para abastecer: 60 °C
- Temperatura de la red: Tr
- Temperatura ambiente: Ta
- Radiación media diaria por metro cuadrado: H

En la tabla 10 podemos observar los datos de Tr, H y Ta teniendo en cuenta los datos facilitados por IDEA en la provincia de Cantabria.

Tabla 10: datos mensuales de Tr, Ta y H Fuente [41]

	T _{amb} (°C)	T _{ac} (°C)	T _r (°C)	H (Kj·día /m ²)
ENERO	9,3	60	8	5000
FEBRERO	9,9	60	9	7400
MARZO	10,4	60	11	11000
ABRIL	11,5	60	13	13000
MAYO	13,9	60	14	16100
JUNIO	16,6	60	15	17000
JULIO	18,9	60	16	18400
AGOSTO	19,1	60	15	15500
SEPTIEMBRE	18,1	60	14	13000
OCTUBRE	15,7	60	13	9500
NOVIEMBRE	12,1	60	11	5800
DICIEMBRE	10,1	60	8	4500



1.2.1.1.1.1. Zona climática

A continuación en la figura 22 se muestra un mapa en el cual se observan diferentes zonas climáticas de la península. La zona de la provincia Cantabria en este caso pertenece a la zona 1.

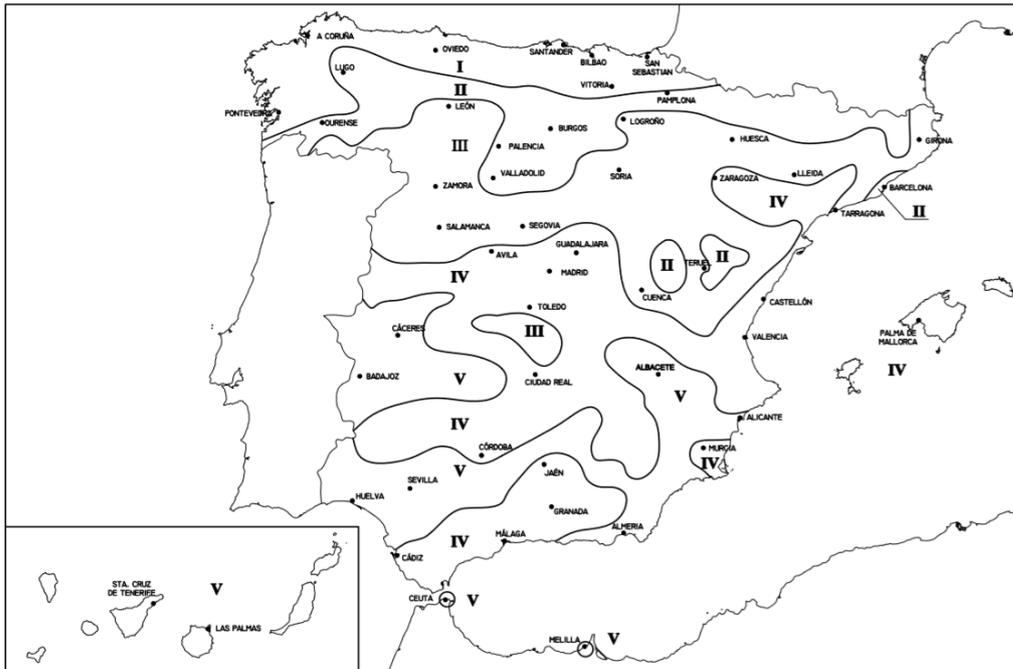


Figura 22: zonas climáticas. Fuente [25]

Una vez conocida la zona climática en la que se encuentra el proyecto con la ayuda de la siguiente tabla se podrá identificar la radiación solar global media diaria anual sobre la superficie horizontal (H).



Tabla 11: radiación solar global. Fuente [25]

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
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	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

1.2.1.1.1.2. 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, obtenidos a partir de los valores mensuales, según se define en el apartado 2.1 de la Sección HE4, del DB HE del CTE.

Las contribuciones solares mínimas para la demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60 °C se recogen en siguiente tabla de la Sección HE4, según la zona climática en la que se situó la instalación.

Tabla 12: Contribución solar mínima de ACS en %. Fuente [25]

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general				
	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Para la instalación objeto del proyecto la cobertura mínima exigida por el CTE es de un 30% de la demanda de ACS.



1.2.1.1.1.3. Demanda energética de ACS.

Para el cálculo de la demanda de ACS se utilizará la tabla normalizada del CTE DB-HE 4, puesto que no se dispone de datos. Dicha tabla indica el consumo de agua diario por persona, tomando como temperatura de referencia la temperatura de 60 °C.

Tabla 13: Demanda de referencia a 60°C. Fuente [25]

Criterio de demanda	Litros/día-unidad	unidad
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

Según los consumos unitarios de la tabla 13 normalizada del CTE DBHE 4, sabiendo que el edificio objeto de estudio es una vivienda unifamiliar, se establece un consumo de 28 L/persona para una temperatura de A.C.S de 60°C.

Por lo tanto sabiendo que el edificio objeto es una vivienda unifamiliar en la cual habitan cinco personas, se calcula que se necesitaran 140 litros/día a 60°C.

A continuación se exponen los valores de demanda de ACS mensuales para nuestro edificio en concreto.



Tabla 14: Demanda de ACS

	Litros/día	Nº de días del mes	litros mensuales
ENERO	140	31	4340
FEBRERO	140	28	3920
MARZO	140	31	4340
ABRIL	140	30	4200
MAYO	140	31	4340
JUNIO	140	30	4200
JULIO	140	31	4340
AGOSTO	140	31	4340
SEPTIEMBRE	140	30	4200
OCTUBRE	140	31	4340
NOVIEMBRE	140	30	4200
DICIEMBRE	140	31	4340

Para calcular las cargas caloríficas que determinan la cantidad de calor necesario mensual para calentar el agua destinada al consumo doméstico se recurre a la siguiente ecuación (1):

$$Q_a = c_e \cdot C \cdot N \cdot (t_{ac} - t_r) \quad ec. (1)$$

Dónde:

- C_e = calor calorífico (para el agua 4187 j/(kg·°C))
- C = consumo diario de A.C.S. (kg/día)
- N = Número de días del mes
- t_{ac} = Temperatura del agua caliente de acumulación (°C)
- t_r = temperatura del agua de red (°C)



Tabla 15: Demanda energética de ACS

	c_e	N	C	t_{ac}	t_r	Q_a	KW	W
ENERO	4,18	31	140	60	8	943342,4	0,352	352,20
FEBRERO	4,18	28	140	60	9	835665,6	0,345	345,43
MARZO	4,18	31	140	60	11	888918,8	0,331	331,88
ABRIL	4,18	30	140	60	13	825132	0,318	318,33
MAYO	4,18	31	140	60	14	834495,2	0,311	311,56
JUNIO	4,18	30	140	60	15	790020	0,304	304,79
JULIO	4,18	31	140	60	16	798212,8	0,298	298,01
AGOSTO	4,18	31	140	60	15	816354	0,304	304,79
SEPTIEMBRE	4,18	30	140	60	14	807576	0,311	311,56
OCTUBRE	4,18	31	140	60	13	852636,4	0,318	318,33
NOVIEMBRE	4,18	30	140	60	11	860244	0,331	331,88
DICIEMBRE	4,18	31	140	60	8	943342,4	0,352	352,20
ANUAL						10195939,6		3881,01

1.2.1.1.2. Calculo de la instalación

Para el predimensionado de la superficie captadora se deben tener en cuenta las condiciones que exponen el CTE (DB HE-4) y el RITE (ITE 10.1.3.2):

Según RITE (ITE 10.1.3.2), el área total de los colectores tendrá un valor tal que se cumpla la condición de la ecuación (2):

$$1,25 \leq 100 A/M \leq 2 \quad ec. (2)$$

Dónde:

- A: la suma de las áreas de los colectores, expresada en m²
- M: consumo medio diario de los meses de verano, expresado en l/d

En nuestro caso, nuestra superficie de captación tiene que ser:

$$1,25 \leq 100A/140 \leq 2 \Leftrightarrow 1,25 < 0,71428 A < 2$$



Y por lo tanto será:

$$1,75 \text{ m}^2 < A < 2,8 \text{ m}^2$$

Una vez calculados los parámetros en los que tiene que estar comprendida la superficie captadora, se decide utilizar un captador solar Junkers FKT-2 W cuya superficie es de $2,23 \text{ m}^2$ y contiene un rendimiento solar muy alto.

Una vez establecida la superficie de captación, el CTE (DB HE-4 3.3.3.1) establece que para aplicaciones de ACS el área total de captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición de la ecuación (3):

$$50 < V/A < 180 \quad \text{ec. (3)}$$

Por lo tanto, nuestra superficie de captación tiene que ser:

$$111,5 < V < 401,4$$

Además, en las instalaciones cuyo consumo sea constante a lo largo del año, el volumen del depósito de acumulación cumplirá la condición:

$$0,8M \leq V \leq M \quad \text{ec. (4)}$$

Por tanto, debe oscilar entre los valores 112 y 140.

Teniendo en cuenta que tiene que cumplir los requisitos anteriores se decide utilizar el acumulador solar IVRS 120, cuya capacidad es de 120 litros.

1.2.1.2. Calculo de la cobertura solar. Método F-Chart

Para el cálculo de cobertura solar en el proyecto objeto se utilizara el método de las curvas f (F-Chart), que permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo.

Ampliamente aceptado como un proceso de cálculo suficientemente exacto para largas estimaciones, no ha de aplicarse para estimaciones de tipo semanal o diario. Para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es perfectamente válido para determinar el rendimiento o factor de cobertura solar en



instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar la simulación de funcionamiento mediante ordenador, para dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema para un dilatado período de tiempo.

La ecuación utilizada en este método es:

$$f = 1,029D_1 - 0,065D_2 - 0,245D_1^2 + 0,0018D_2^2 + 0,0215D_1^3 \quad ec. (5)$$

La secuencia que suele seguirse en el cálculo es la siguiente:

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 D1.
4. Cálculo del parámetro D2.
5. Determinación de la gráfica f.
6. Valoración de la cobertura solar mensual.
7. Valoración de la cobertura solar anual y formación de tablas.

1.2.1.2.1. Energía teórica

Para el cálculo de la energía aprovechable que incide en un día medio de cada mes sobre cada metro cuadrado de superficie inclinada de los captadores, R, es necesario acudir a una tabla de irradiación horizontal media H de la provincia considerada y corregir estos valores en base a la inclinación.

Para la corrección de estos valores recurrimos a la siguiente ecuación:

$$R = H \cdot k \cdot k' \cdot k'' \quad ec. (6)$$



Dónde:

- R: radiación incidente en un día medio de cada mes sobre metro cuadrado de superficie inclinada (KJ día/m²)
- K: factor de corrección en función de la inclinación de los captadores y de la latitud del lugar en que se disponga la instalación. En el caso de Isla, latitud 43° y tomamos una inclinación de los captadores de 40°, debido a que el soporte del colectores solar admite ángulos múltiplos de 5°.
- H: Radiación media diaria incidente horizontalmente en un m² de superficie (KJ·día/m²)
- K': efectos atmosféricos. El valor suele oscilar entre 0,75 y 1,20.
- K'': desviación respecto al sur geográfico. Se suele calcular mediante la expresión de la ecuación (7):

$$k'' = 1,14 - 0,0085 \cdot \beta \quad ec. (7)$$

Donde:

β = ángulo de desviación que debe estar comprendido entre 20° y 70°, intervalo de valores para los que la expresión anterior es válida.

Si el ángulo de desviación es inferior a 20°, $k'' = 1$

Dado que en esta instalación no hay desviación respecto al sur, la variable será: $K''=1$.

Para la obtención del factor de corrección para superficies inclinadas (K) en los diferentes meses se recurre a la siguiente tabla del pliego de condiciones, introduciendo una latitud de 43° e inclinación de 45°.



Tabla 16: factor de corrección K. Fuente [41]

LATITUD = 43°

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

Los valores de radiación incidente H vienen proporcionados por la tabla 17.

Tabla 17: Valores de radiación incidente en Cantabria Fuente [41]

	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



Tabla 18: radiación incidente

	k	K'	k''	H (Kj·día /m ²)	R (Kj·día /m ²)
ENERO	1,45	1	1	5000	7250
FEBRERO	1,33	1	1	7400	9842
MARZO	1,19	1	1	11000	13090
ABRIL	1,05	1	1	13000	13650
MAYO	0,95	1	1	16100	15295
JUNIO	0,91	1	1	17000	15470
JULIO	0,95	1	1	18400	17480
AGOSTO	1,06	1	1	15500	16430
SEPTIEMBRE	1,24	1	1	13000	16120
OCTUBRE	1,45	1	1	9500	13775
NOVIEMBRE	1,59	1	1	5800	9222
DICIEMBRE	1,57	1	1	4500	7065

1.2.1.2.1.1. Calculo del parámetro D₁

El parámetro D₁ expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes:

$$D_1 = \frac{\text{Energía absorbida por el captador}}{\text{Carga calorífica mensual}} \quad ec. (8)$$

La energía absorbida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_a = S_c \cdot F_r'(\tau\alpha) \cdot R_1 \cdot N \quad ec. (9)$$

Dónde:

- S_c: Superficie del captador (m²).
- R₁: Radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área (KJ/m²).
- N: Número de días del mes.
- F_r'(τα): Factor adimensional que viene dado por la ecuación (10)

$$F_r'(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha)n \cdot \frac{\tau\alpha}{\tau\alpha(n)} \cdot F_r' / F_r \quad ec. (10)$$



Dónde:

- $Fr(\tau\alpha)_n$: factor de eficiencia óptica del captador, es decir, 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.

Tabla 19: valores de la ecuación (10)

$Fr(\tau\alpha)_n$	$\tau\alpha/\tau\alpha(n)$	Fr'/Fr	$Fr'(\tau\alpha)$
0,802	0,96	0,95	0,731424

Tabla 20: cálculo de D_1

	S_c (m ²)	$Fr'(\tau\alpha)$	R (Kj día/m ²)	Nº de días del mes	E_a (Kj)	Q_a (KJ/mes)	D_1
ENERO	2,23	0,7314	7250	31	366584,22	943342,4	0,388
FEBRERO	2,23	0,7314	9842	28	449485,26	835665,6	0,537
MARZO	2,23	0,7314	13090	31	661874,13	888918,8	0,744
ABRIL	2,23	0,7314	13650	30	667925,42	825132	0,809
MAYO	2,23	0,7314	15295	31	773366,30	834495,2	0,926
JUNIO	2,23	0,7314	15470	30	756982,14	790020	0,958
JULIO	2,23	0,7314	17480	31	883847,20	798212,8	1,107
AGOSTO	2,23	0,7314	16430	31	830755,69	816354	1,017
SEPTIEMBRE	2,23	0,7314	16120	30	788788,12	807576	0,976
OCTUBRE	2,23	0,7314	13775	31	696510,02	852636,4	0,816
NOVIEMBRE	2,23	0,7314	9222	30	451253,35	860244	0,524
DICIEMBRE	2,23	0,7314	7065	31	357230	943342,4	0,378

1.2.1.2.1.2. Calculo del parámetro D_2

El parámetro D_2 expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador, para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes:

$$D_2 = \text{Energía perdida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual} \quad \text{ec. (11)}$$



La energía perdida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_p = S_c \cdot F_r' U_L \cdot (100 - t_a) \cdot \Delta t \cdot K_1 \cdot K_2 \quad ec.(12)$$

$$F_r' U_L = F_r U_L \cdot \left(\frac{F_r'}{F_r} \right) \quad ec.(13)$$

Dónde:

- S_c : Superficie del captador (m^2).
- $F_r U_L$: pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador).
- t_a : temperatura media mensual del ambiente ($^{\circ}C$).
- Δt : periodo de tiempo considerado en segundos (s).
- K_1 : factor de corrección por almacenamiento, que se obtiene a partir de la ecuación (14):

$$K_1 : \left[\frac{kg \text{ acumulación}}{75 \cdot S_c} \right]^{-0,25} \quad ec.(14)$$

$$37,5 < (kg \text{ acumulación}) / (m^2 \text{ captador}) < 300$$

En este caso tenemos 140 kg de acumulación y la superficie del captador tiene un valor de $2,23m^2$. Por tanto k_1 será igual a 1,045465.

- K_2 : factor de corrección, para ACS, que relaciona la temperatura mínima de ACS, la del agua de red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente ecuación (15):

$$K_2 = \frac{11,6 + 1,18t_{ac} + 3,86t_r - 2,32t_a}{100 - t_a} \quad ec.(15)$$

Dónde:

- t_{ac} : Temperatura mínima requerida del A.C.S.
- t_r : Temperatura del agua de red
- t_a : Temperatura media mensual del ambiente durante las horas diurnas



Tabla 21: cálculo de k_2

	T_{ac} (°C)	T_r (°C)	T_a (°C)	K_2
ENERO	60	8	9,3	1,011
FEBRERO	60	9	9,9	1,045
MARZO	60	11	10,4	1,124
ABRIL	60	13	11,5	1,196
MAYO	60	14	13,9	1,210
JUNIO	60	15	16,6	1,220
JULIO	60	16	18,9	1,236
AGOSTO	60	15	19,1	1,186
SEPTIEMBRE	60	14	18,1	1,153
OCTUBRE	60	13	15,7	1,140
NOVIEMBRE	60	11	12,1	1,101
DICIEMBRE	60	8	10,1	0,999

Tabla 22: Cálculos de D_2

	$F_r'UL$	T_a (°C)	Δ tiempo (s)	k_1	k_2	E_p (Kj/mes)	D_2
ENERO	0,00364	9,3	2678400	1,045	1,011	2084392,3	2,209
FEBRERO	0,00364	9,9	2419200	1,045	1,045	1933344,79	2,313
MARZO	0,00364	10,4	2678400	1,045	1,124	2289594,84	2,575
ABRIL	0,00364	11,5	2592000	1,045	1,196	2329414,11	2,823
MAYO	0,00364	13,9	2678400	1,045	1,210	2368239,15	2,837
JUNIO	0,00364	16,6	2592000	1,045	1,220	2238965,1	2,834
JULIO	0,00364	18,9	2678400	1,045	1,236	2280048,42	2,856
AGOSTO	0,00364	19,1	2678400	1,045	1,186	2181765,77	2,672
SEPTIEMBRE	0,00364	18,1	2592000	1,045	1,153	2077511,84	2,572
OCTUBRE	0,00364	15,7	2678400	1,045	1,140	2185584,34	2,563
NOVIEMBRE	0,00364	12,1	2592000	1,045	1,101	2128983,31	2,474
DICIEMBRE	0,00364	10,1	2678400	1,045	0,999	2042206,22	2,164

1.2.1.2.1.3. Cálculo de la cobertura solar

Una vez obtenido 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:

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



De esta forma, la energía útil captada cada mes, Q_u , tiene el valor descrito en la ecuación 16:

$$Q_u = f \cdot Q_a \quad ec. (16)$$

Tabla 23: cálculo de la fracción de carga mensual

3	f	Q_{acs} (MJ)	Q_{util} (MJ)	f %
ENERO	0,229	943,34	216,308	22,93
FEBRERO	0,345	835,66	288,466	34,51
MARZO	0,483	888,91	430,008	48,37
ABRIL	0,514	825,13	424,665	51,46
MAYO	0,590	834,49	492,641	59,03
JUNIO	0,610	790,02	482,061	61,01
JULIO	0,697	798,21	556,523	69,72
AGOSTO	0,655	816,35	534,899	65,52
SEPTIEMBRE	0,636	807,57	513,666	63,60
OCTUBRE	0,534	852,63	455,324	53,40
NOVIEMBRE	0,325	860,24	280,115	32,56
DICIEMBRE	0,223	943,34	210,762	22,34
ANUAL		10195,93	4885,446	

Cálculo de la fracción de carga mensual:

$$f = \frac{4885,44}{10195,939} \cdot 100 = 47,915 \%$$

La instalación posee una cobertura solar anual de 47,915% con una superficie de captación de 2,23 m², y además se puede observar que cumple con las condiciones que se especifican en el CTE (DB HE-4) las cuales son que en ningún mes sobrepase el 110% de la demanda energética y en no más de tres meses el 100%.

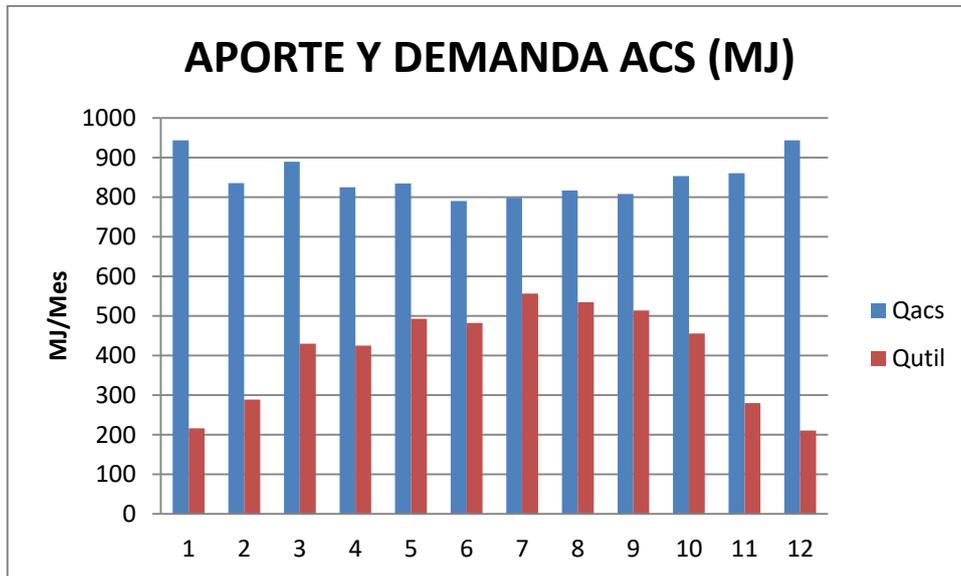


Figura 23: Aporte y demanda ACS

Además, para calcular el número de captadores, se debe tener en cuenta en primer lugar, la superficie de captación necesaria para abastecer el consumo. Esta superficie se define con la demanda energética y la energía solar aportada, teniendo en cuenta también la superficie del captador elegido. Así pues la superficie de captación se calcula con la ecuación 17.

$$S_{captacion} = \frac{Q_{acs}}{\frac{Q_{util}}{S_{captador}}} \times \%cobertura\ solar \quad ec. (17)$$

Dónde:

$$S_{captacion} = \frac{2832,205\ KW/h}{\frac{1357,06\ KW7h}{2,23\ m^2}} \times 0,3 = 1,396\ m^2$$

Una vez calculado la superficie de captación se podrá hallar el número de captadores que sean necesarios con la ecuación 18.

$$N^{\circ}_{captadores} = \frac{S_{captacion}}{S_{captador}} \quad ec. (18)$$

$$N^{\circ}_{captadores} = \frac{1,396}{2,23} = 0,626$$



En este caso un único captador cubriría la cobertura exigida.

1.2.1.2.1.4. Calculo de pérdidas de los colectores

Existe una restricción o un límite en cuanto a las pérdidas que sufren los colectores que no se puede superar. Dichas pérdidas son expresadas como el porcentaje de la radiación solar que incidiría sobre la superficie de captación orientada al sur, a la inclinación óptima y sin sombras.

En el CTE, en la sección HE 4 sobre la contribución solar mínima para A.C.S, se establecen unas pérdidas máximas de energía solar debidas a la colocación e inclinación de los captadores así como de sombras producidas por obstáculos.

Tabla 24: Perdidas máximas permitidas. Fuente [25]

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 %

1.2.1.2.1.4.1. Pérdidas por orientación e inclinación

Para determinar las pérdidas por orientación e inclinación son fundamentales estos dos valores:

- Ángulo de inclinación (β), definido como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90º para verticales. En este caso será $\beta=45^\circ$, ya calculado con anterioridad.
- Ángulo de Azimut (α), definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y meridiano del lugar. Valores típicos son 0º para módulos orientados al sur, -90º para módulos orientados al este y +90º para módulos orientados al oeste. En este caso será $\alpha=0^\circ$.

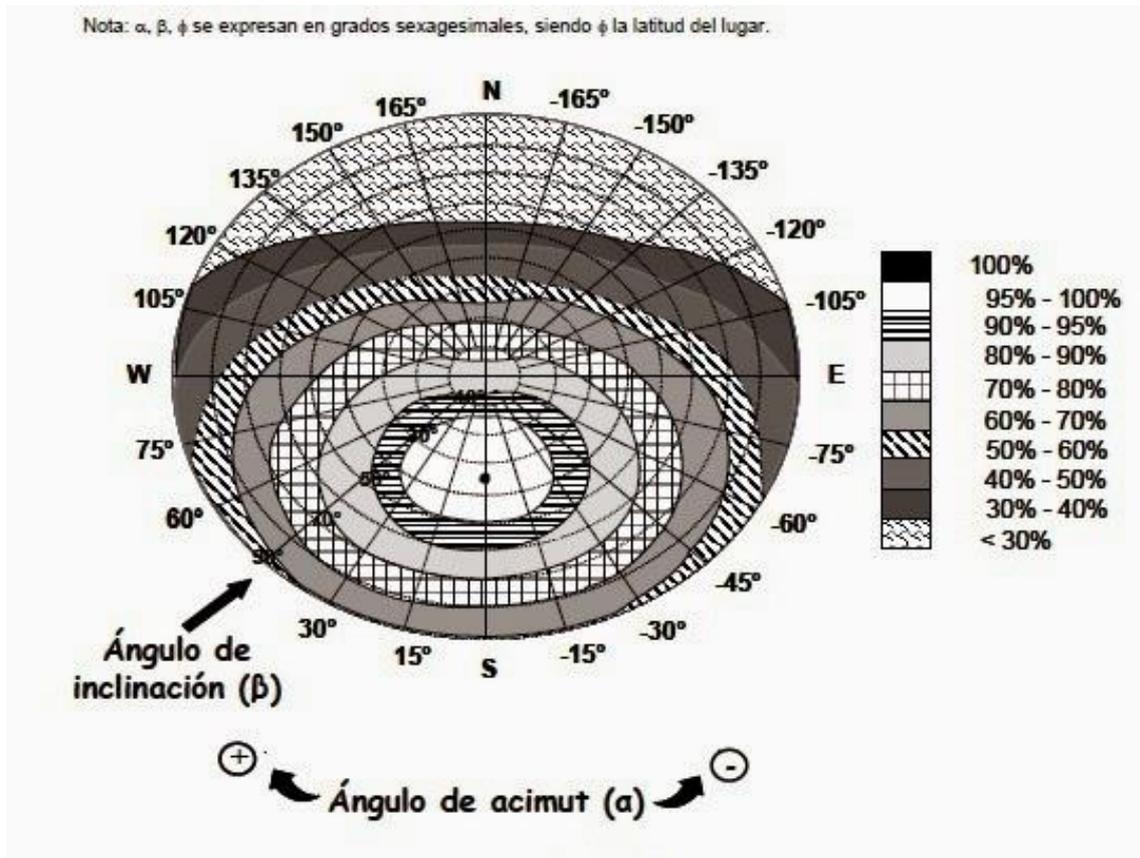


Figura 24: Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas de orientación e inclinación. Fuente [25]

Por lo tanto, entrando en la figura 24 con los ángulos antes mencionados, se observa que existe entre un 95- 100% de aprovechamiento de energía irradiada por el sol, por lo que las pérdidas por este fenómeno tendrían un valor máximo de 5%.

1.2.1.2.1.4.2. Pérdidas por sombras

En el emplazamiento de la vivienda objeto del proyecto no existe ningún obstáculo teniendo en cuenta el documento HE-4 del CTE, por lo que no se consideran las pérdidas de este tipo.



1.2.1.2.2. Sistema de acumulación

El depósito acumulador además de poder servir como elemento de intercambiador de calor, permite almacenar y conservar caliente el agua para consumo. El volumen de acumulación puede variar, pero se ha de tener en cuenta que un volumen excesivamente pequeño no permite que el colector transfiera suficiente calor y que un volumen excesivamente grande reduzca la productividad.

El CTE establece que el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición de la ecuación (3) descrita anteriormente.

$$50 < V/A < 180 \quad \frac{V}{A} = \frac{120}{2,23} = 53,811$$

El acumulador IVRS 120 de 120 litros de acumulación cumple la condición, ya que está dentro de los límites permitidos.

1.2.1.2.3. Sistema de intercambio

Según el apartado 3.3.4 de la Sección HE4, del DB HE del 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 mismos.

En el caso de que el intercambiador se encuentre incorporado al acumulador, la relación entre la superficie útil de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

$$S_{intercambiador} > 0,15 \cdot S_c \quad ec. (19)$$

$$S_{intercambiador} > 0,15 \cdot 2,23 = 0,3345 \text{ m}^2$$

Por lo tanto se cumplen los requisitos, ya que el intercambiador seleccionado del acumulador IVRS 120 de 120 L posee una superficie de $0,59 \text{ m}^2 > 0,3345 \text{ m}^2$.



1.2.1.2.4. Circuito primario

1.2.1.2.4.1. Fluido caloportador

El fluido caloportador es el encargado de transportar el calor de la placa absorbente, por ello debe resistir altas temperaturas y también evitar congelaciones. Generalmente, es agua mezclada con anticongelante, llamado propilenglicol. Este producto diluido es un anticongelante con base de propilenglicol que contiene además, aditivos anticorrosivos y estabilizantes. El contenido del anticongelante es proporcional a la temperatura que deba soportar. Para preparar la mezcla, en las proporciones adecuadas, según la temperatura de protección que se desee obtener, se añaden sobre un recipiente con la capacidad suficiente el agua y el anticongelante, y se agita hasta conseguir una disolución homogénea que se logra fácilmente.

El municipio de Castanedo tiene una temperatura mínima de hasta $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por tanto, es necesaria la utilización de un anticongelante para la protección contra heladas. El fluido de trabajo para la instalación solar como se ha mencionado anteriormente, es una mezcla de agua con propilenglicol que nos asegura una protección a temperaturas mayores que $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ en este caso.

Tabla 25: Porcentaje de propilenglicol en función de la Tª de congelación

% Propilenglicol	Hasta $^{\circ}\text{C}$
0%	0
10%	-3
20%	-8
30%	-14
40%	-22
50%	-34
60%	-48

Por lo tanto, teniendo en cuenta la figura x, la mezcla será un 20% de propilenglicol con un 80% de agua de red.

El calor específico de la mezcla es de $0,96\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$ a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se obtiene de la figura 25.

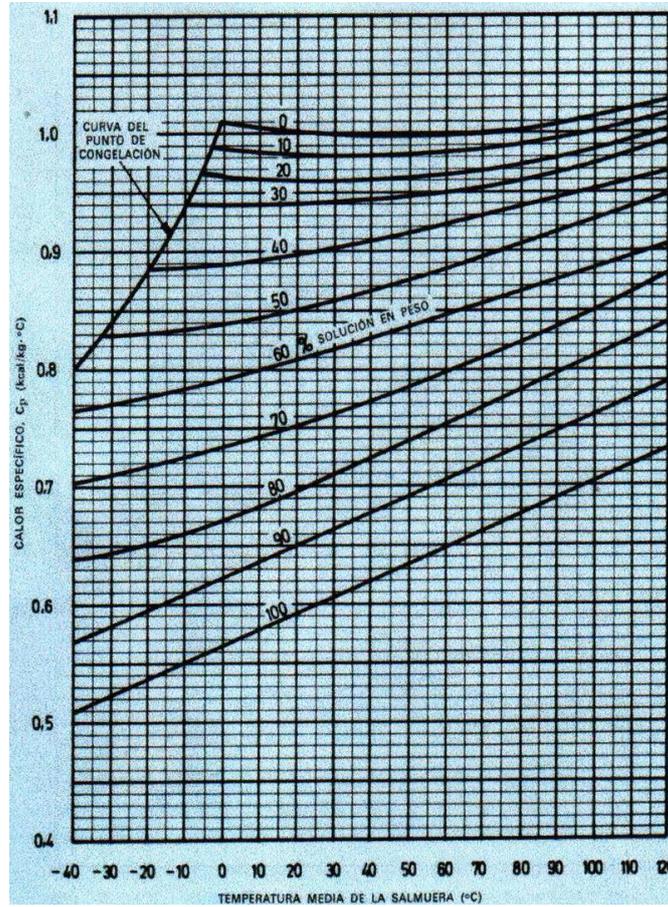
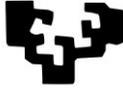


Figura 25: Calor específico de la mezcla de propilenglicol y agua en función de la Tª y concentración

El valor de la viscosidad es de 0,9 centipoises a 45 °C, este valor se ha obtenido de la figura 26.

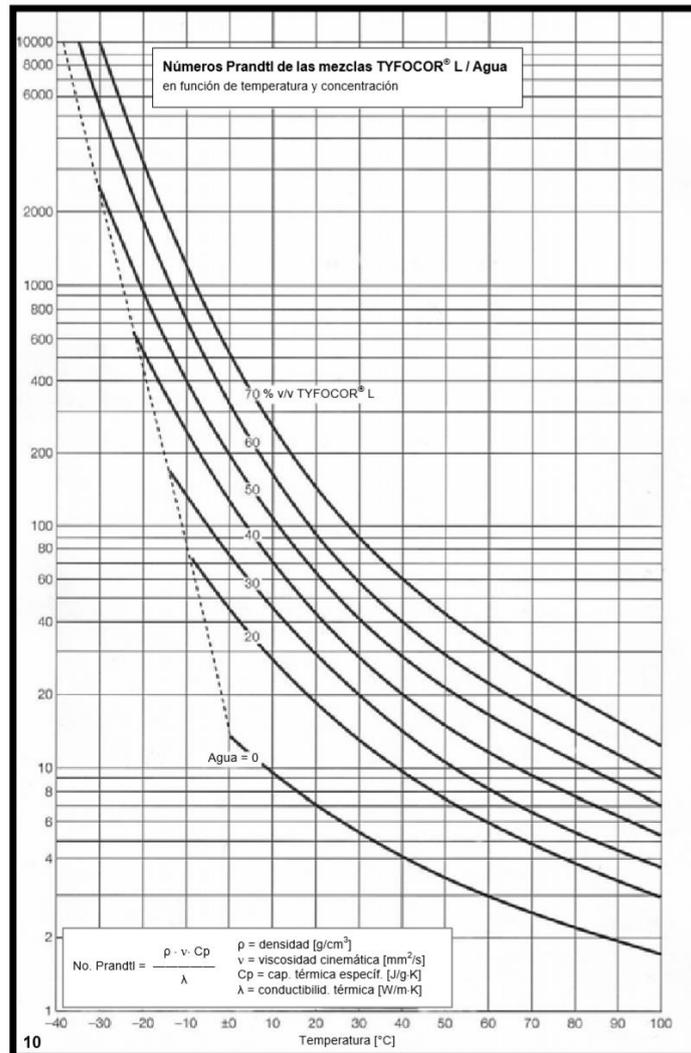
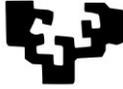


Figura 26: Viscosidad de la mezcla en función de la Tª y la concentración

1.2.1.2.4.2. Red de tuberías

Con el objetivo de limitar al máximo las pérdidas térmicas y las pérdidas de carga se ha buscado realizar los trazados de tuberías de menor longitud.

Teniendo en cuenta el apartado 3.3.5.1 de la Sección HE4, del DB HE del CTE, se establece que el caudal del fluido portador se determinará de acuerdo con las especificaciones del fabricante como consecuencia del diseño de su producto.



En su defecto su valor estará comprendido entre 1,2 L/s y 2 L/s por cada 100m² de red de captadores, lo que equivale a 43,2 L/hm² y 72 L/hm², respectivamente.

Los valores de diseño del circuito primario que se han considerado son:

- Velocidad en las tuberías a la que tiene que circular el líquido es de 1,3 m/s (1,5 m/s como máximo).
- Caudal aproximado de 50 L/h por m² de superficie captadora.
- Pérdida de carga admisible en las tuberías no supere los 20 mm.c.a por metro lineal.

El dimensionado de la red de tuberías del circuito primario se realizará tanto para el retorno como para la impulsión, teniéndose 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 calcula mediante la siguiente expresión (20):

$$D = j \cdot C^{0,35} \quad \text{ec. (20)}$$

Dónde:

- D: diámetro en cm
- C: caudal en m³/h
- j: 2,2 para tuberías metálicas

Para calcular este diámetro se necesita estimar el caudal al que trabajará la instalación. El caudal recomendado por el fabricante de los colectores solares es de 50 l/h por m² y colector cuando el fluido caloportador es agua. Para otros fluidos se debe dividir este valor por el calor específico correspondiente.

Como en este caso es una mezcla, para calcular el caudal correspondiente se utilizará la siguiente expresión:

$$C = \frac{(Q \cdot Sc)}{C_p} \quad \text{ec. (21)}$$

Resolvemos:

$$C = \frac{50 \frac{l}{m^2 h} \cdot 2,23 m^2}{0,94 Kcal/Kg^{\circ}C} = 118,61 \frac{l}{h} = 0,11861 \frac{m^3}{h}$$



Sustituyendo el valor del caudal en la ecuación (20):

$$D = 2,2 \cdot 0,11861^{0,35} = 1,0432 \text{ cm}$$

Con este resultado y de acuerdo a las normas UNE, se tomará como valor normalizado más próximo el tubo de diámetro nominal 14 mm (diámetro interior = 12 mm).

1.2.1.2.5. Pérdidas de carga en tuberías

Para determinar la pérdida de carga debida al rozamiento, así como la velocidad del fluido, hay que tener en cuenta que, al ser un fluido caloportador distinto de agua, a los resultados obtenidos en estos ábacos se debe de aplicar un factor corrector igual a la raíz cuarta del cociente entre la viscosidad de la disolución y la del agua a la temperatura considerada.

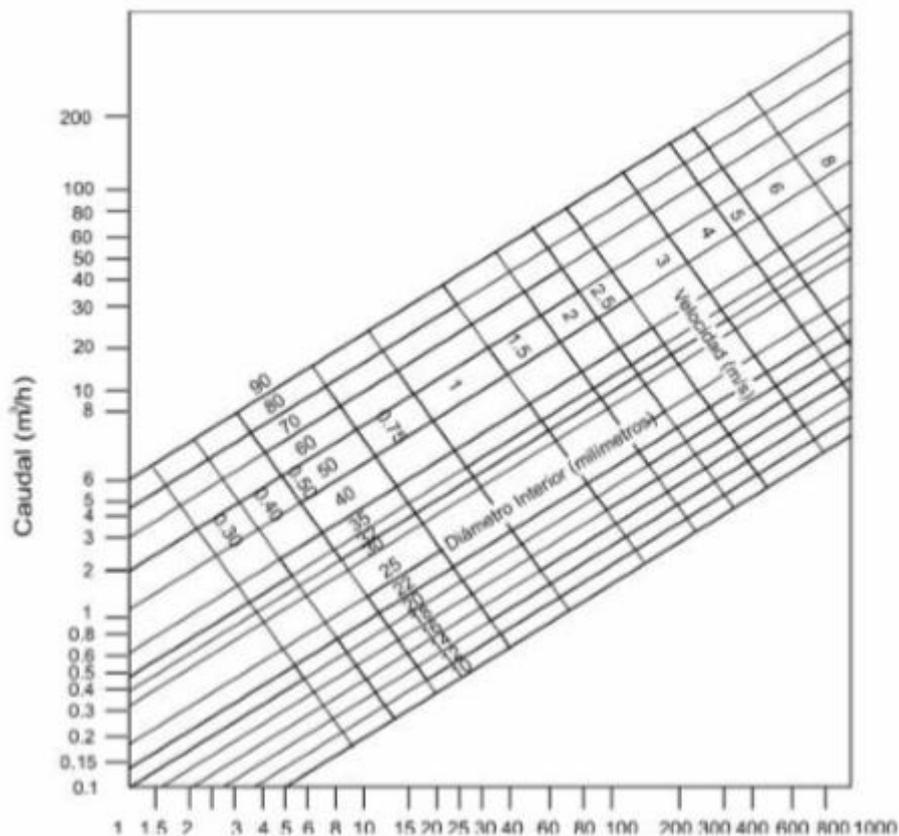
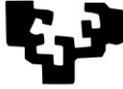


Figura 27: Pérdidas por rozamiento para tuberías de cobre

El factor de corrección será el siguiente (22):



$$Factor = \sqrt[4]{\frac{3}{155}} = 1,53 \quad ec. (22)$$

De la gráfica, a partir de velocidad de 0,25 m/s y diámetro interior de 12 mm, sale un valor de 12 mm.c.a. aproximadamente.

Por lo tanto se tiene una pérdida de carga de:

$$1,53 \times 12 \text{ mm. c. a.} = 18,36 \text{ mm. c. a.}$$

1.2.1.2.6. Pérdidas de carga

Para las pérdidas de carga totales se tiene que multiplicar por la longitud de tuberías, incluyendo en esta longitud, las longitudes equivalentes causados por los elementos singulares, es decir, consiste en sustituir el accesorio por una longitud equivalente de tubería que origine por rozamiento la misma pérdida. Las longitudes equivalentes que se utilizan aparecen en la figura 28.

Clase de resistencia aislada	Diámetros nominales de las tuberías										
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	100
manguito de unión	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15	
cono de reducción	0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00	
codo o curva de 45°	0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,18	1,25	
curva de 90°	0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97	
codo de 90°	0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21	
"T" de 45°	1,02	0,84	0,90	0,96	1,20	1,50	1,89	2,10	2,40	2,70	
"T" esquinada o de curvas ("particiones")	1,50	1,68	1,80	1,92	2,40	3,00	3,69	4,20	4,86	5,49	
"T" confluencia de rama (paso recto)	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,69	0,70	0,80	0,90	
"T" derivación a ramal	1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90	
válvula retención de bolas de péñon	0,20	0,30	0,35	0,75	1,15	1,50	1,90	2,65	3,40	4,85	
válvula retención paso de escuadra	1,30	1,70	2,32	2,85	3,72	4,67	5,75	6,81	8,40	11,1	
válvula de compuerta abierta	5,10	5,40	6,50	8,50	11,50	13,0	16,5	21,0	25,0	36,0	
válvula de paso recto y asiento inclinado	0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,00	
válvula de globo	1,10	1,24	1,74	2,29	2,89	3,46	4,53	5,51	6,89	8,80	
válvula de escuadra o ángulo (abierta)	4,05	4,56	6,25	8,25	10,8	13,0	17,0	21,0	25,0	33,0	
válvula de escuadra o ángulo (abierta)	1,30	2,55	3,36	4,30	5,60	6,85	8,80	11,1	13,7	17,1	
válvula de asiento de paso recto	-	3,40	3,60	4,50	5,85	6,10	9,00	-	-	-	
intercambiador	-	-	-	2,1	5	12,5	13,2	14,2	25	-	
radiador	2,50	3,00	3,30	4,00	4,80	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	
radiador con válvula	3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,10	11,40	12,70	
cadena	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	
cadena con válvula	3,00	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	8,00	8,75	9,50	10,00	
contador	general individual o divisionario			4,5 m.c.a. m.c.a.							

Figura 28: Longitudes equivalentes de los accesorios



A continuación se muestran los elementos singulares del circuito primario y las longitudes equivalentes obtenidas para cada uno de los tramos del mismo:

Tabla 26. Longitudes equivalentes de elementos del circuito primario.

CANTIDAD	SINGULARIDAD	L_e	TOTAL
1	Salida depósito	1	1
1	Entrada depósito	1	1
5	Válvula de corte	1,2	6
7	Codo de 90°	0,5	3,5
1	Derivación T	2,5	2,5
1	Válvula de retención	1,2	1,2
TOTAL			15,2

La longitud equivalente correspondiente a las singularidades será de 15,2 m. A este resultado hay que sumarle la longitud real de tubería (L_e), por lo que se tendrá una longitud total de:

$$L = L_e + L = 8 + 15,2 = 23,2 \text{ m} \quad \text{ec. (23)}$$

Teniendo en cuenta que la pérdida de carga por metro lineal de tubería es de 18,36 mm.c.a/m (calculado en el apartado anterior), se tiene una pérdida total de:

$$\Delta H = 23,2 \text{ m} \cdot 18,36 \text{ mm.c.} \frac{a}{m} = 425,952 \text{ mm.c.a} = 0,426 \text{ m.c.a}$$

1.2.1.2.7. Calculo de la bomba

Los dos valores característicos de una bomba de circulación son la altura manométrica (H) que proporciona la bomba o pérdida de carga que es capaz de vencer, y el caudal de circulación (Q), cuya relación viene determinada por su curva característica, propia de cada aparato y que debe suministrar el fabricante.

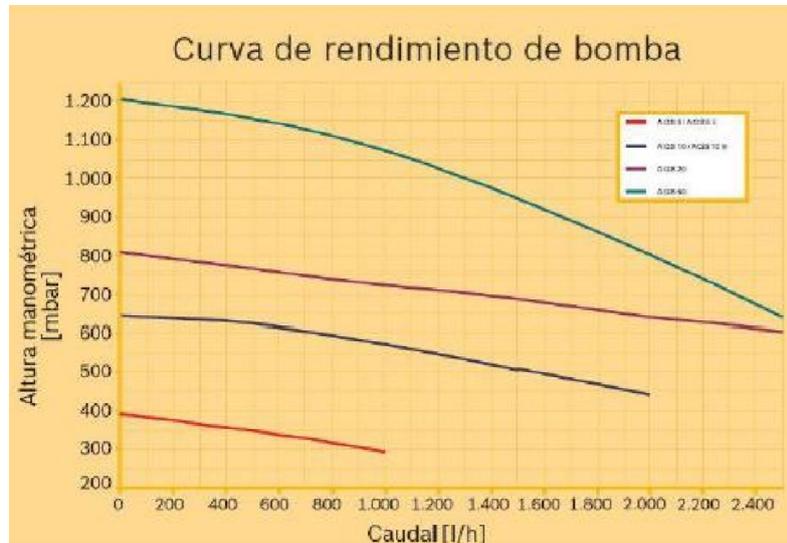
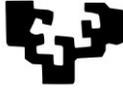


Figura 29: Curva de rendimiento de la bomba.

La bomba del circuito primario debe elegirse a partir de las condiciones nominales de trabajo, definidas por el caudal de circulación y la pérdida de carga total del circuito.

El caudal de circulación se ha indicado anteriormente (50 L/h por m² de superficie captadora), y la pérdida de carga del circuito se determina fundamentalmente por:

- Las pérdidas de carga correspondientes al tramo más desfavorable de tuberías.
- La pérdida de carga producida por el intercambiador de calor, viene indicado por el fabricante.
- La pérdida de carga de los colectores solares, viene indicada por el fabricante

$$\Delta H = H \text{ tuberías} + H \text{ intercambiador} + H \text{ colector} \quad \text{ec. (24)}$$

$$\Delta H = 0,426 + 1,2 + 0,15 = 1,77 \text{ m.c.a}$$

1.2.1.2.8. Calculo de vaso de expansión

En el cálculo de vaso de expansión se tiene en cuenta estos dos valores:

- V: volumen total de la instalación.
- K: coeficiente de la dilatación del fluido.



El depósito del vaso de expansión será utilizado en el circuito primario y para determinar el volumen total de la mezcla de propilenglicol y agua que circularan en el circuito primario se procede a la siguiente fórmula (23):

$$V_{total} = V_{tuberias} + V_{captadores} + V_{intercambiador} \quad ec. (25)$$

El volumen total de las tuberías es de:

$$V_{tuberias} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot 1000 = \frac{\pi \cdot 0,012^2}{4} \cdot 23,2 \cdot 1000 = 2,623 \text{ litros}$$

El volumen total de fluido de los captadores es de:

$$V_{captador} = 1,96 \text{ L}$$

El volumen total en el intercambiador es de:

$$V_{intercambiador} = 3,25 \text{ L}$$

Para hallar el volumen del vaso de expansión del circuito primario se debe obtener el factor de presión F_p , el cual se define por la ecuación (26):

$$F_p = \frac{(P_f - P_i)}{P_f} \quad ec. (26)$$

Dónde:

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

$$F_p = 0,83$$

El coeficiente K de dilatación del fluido es:

$$k_{mezcla} = k_{agua} \cdot 1,2 = 0,4$$

El coeficiente de dilatación del agua se ha obtenido del siguiente gráfico para una temperatura de 90°C.

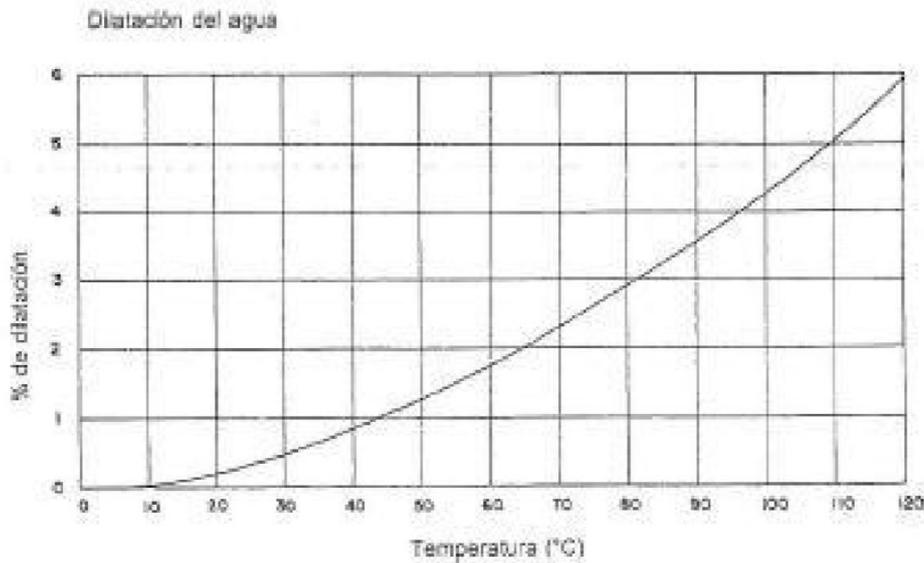


Figura 30: Dilatación del agua en función de la Tª

El volumen del vaso de expansión es el siguiente:

$$V = \left(\frac{K}{100}\right) \cdot VT \cdot \left(\frac{1}{F_p}\right) \quad ec. (27)$$

Resolvemos:

$$V = \left(\frac{4,3}{100}\right) \cdot 7,09 \cdot \left(\frac{1}{0,83}\right) = 0,37 L$$

El vaso de expansión más adecuado para la instalación es de 18 L, ya que es el volumen mínimo elegible.

El vaso de expansión se colocará en la aspiración del grupo de bombeo, tal y como establece el CTE DB-HE 4

1.2.1.2.9. Aislamiento de tuberías

El espesor del aislamiento de las conducciones, se dimensionará de acuerdo a lo indicado en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios RITE y sus Instrucciones Técnicas. Los espesores mínimos para tuberías y accesorios que transportan fluido caliente aparecen reflejados en las siguientes tablas:



- Para las tuberías y accesorios situados al interior:

Tabla 27: Espesores mínimos de aislamiento en tuberías interiores en edificios. Fuente: [41]

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

Por lo tanto el espesor mínimo para tuberías y accesorios en el interior del edificio será de 25 mm.

- Para las tuberías y accesorios situados al exterior:

Los valores de la tabla 27 se incrementan en 10 mm como mínimo.

Por lo tanto el espesor mínimo para tuberías y accesorios en el exterior del edificio será de 35 mm.

1.2.1.3. Calculo necesidades de calefacción

Se decide realizar el cálculo para el mes que mayor salto térmico experimente o que menor temperatura registre.

Para realizar los cálculos se tomará la temperatura de diseño interior en 22°C ya que así se cumple el RITE que establece una temperatura de confort entre 21 y 23°C.

A continuación se muestra una tabla en la que se puede observar las temperaturas mínimas registradas en el emplazamiento.



Tabla 28: Temperaturas mínimas Fuente [38]

MES	T°min (°C)
ENERO	6,7
FEBRERO	6,7
MARZO	8,2
ABRIL	9,4
MAYO	11,4
JUNIO	14,4
JULIO	16,4
AGOSTO	16,5
SEPTIEMBRE	15,1
OCTUBRE	12,4
NOVIEMBRE	9,5
DICIEMBRE	7,6

El mes más crítico sería enero donde se registra la temperatura más baja, siendo ésta de 6,7°C.

Para los cálculos se han utilizado los siguientes valores:

- Temperatura media exterior: 6,7°C
- Temperatura media interior: 22°C

Se deberán cumplir los criterios exigidos en el CTE HE en función de la zona climática a la que pertenezca la vivienda objeto de estudio, en este caso la zona climática C1.

Tabla 29: criterios HE para transmitancias. Fuente [25]

D.2.9 ZONA CLIMÁTICA C1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,37$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	-	-	-	0,42	-	0,46



1.2.1.3.1. Cálculo de los coeficientes de transmisión térmica o transmitancias (U):

Para el cálculo de las transmitancias de las diferentes superficies se tendrán en cuenta los diferentes materiales y espesores de los mismos, y para calcular la superficie de transmisión térmica, se recurrirá a las cotas que se obtienen de los planos del edificio.

Para calcular las pérdidas por transmisión de una superficie se procede según la siguiente ecuación 28:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T \quad ec. (28)$$

Dónde:

- Q: representa el calor transmitido (W).
- ΔT : es la diferencia de temperatura entre la zona interior y exterior de la superficie por la que se transmite el calor ($^{\circ}C$)
- A: es el área de la superficie a estudiar (m^2).
- U: es la transmitancia térmica de dicha superficie (W/m^2K) y se puede calcular a través de la siguiente ecuación 29:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad ec. (29)$$

Siendo:

- R_T : la resistencia térmica total del componente constructivo ($m^2 \cdot K/W$).

La resistencia térmica total R_T de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas se calcula mediante la ecuación 30:

$$R_T = R_{se} + R_{si} + \Sigma R_n \quad ec. (30)$$

Dónde:

- R_{se} , R_{si} : las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire exterior e interior respectivamente, tomadas en el documento básico HE ($m^2 K/W$).
- R_n : la resistencia térmica de cada capa del cerramiento ($m^2 \cdot K/W$).



En caso de un componente constituido por capas homogéneas y heterogéneas la resistencia térmica total R_T se calcula mediante la ecuación 31:

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} \quad ec. (31)$$

Siendo:

- e_i : espesor de la capa (m).
- λ_i : conductividad térmica del material de la capa (W/m·K).

Tabla 30: Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con aire exterior e interior.
Fuente [25]

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 \cdot K / W$

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
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

Para las cámaras de aire en la envolvente térmica, se ha de tener en cuenta que las cámaras de aire pueden ser caracterizadas por su resistencia térmica, no obstante para este caso, que se trata de cámaras de aire sin ventilar, la resistencia térmica viene definida en la siguiente tabla en función de su espesor. Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Los valores son aplicables cuando la cámara:

- esté limitada por dos superficies paralelas entre sí y perpendiculares a la dirección del flujo de calor y cuyas emisividades sean superiores a 0,8;
- tengan un espesor menor a 0,1 veces cada una de las otras dos dimensiones y no mayor a 0,3 m;



- no tenga intercambio de aire con el ambiente interior.

Tabla 31: Resistencias térmicas de cámaras de aire en m^2K/W . Fuente [25]

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

A continuación se muestran los valores calculados de las transmitancias térmicas de la envolvente en cada planta del edificio, según el tipo de muro detallado en los planos (Los datos de los coeficientes de transmitancia se han obtenido mediante [40]):

Tablas 32: Componentes de las paredes y de los huecos

- Pared exterior

	e (m)	λ (W/mK)	R (m^2k/W)	U (U/m^2k)
Enfoscado de cemento y arena de río	0,01	1,3	0,007	
Ladrillo hueco doble	0,07	0,432	0,162	
aislamiento térmico poliuretano	0,0075	0,035	0,214	
Cámara de aire forjado	0,01	0,5	0,02	
Media asta de ladrillo hueco doble	0,2	0,432	0,462	
Perliescayola	0,015	0,18	0,083	
rsi			0,13	
rse			0,04	
TOTAL			1,120	0,892

- Suelo planta baja

	e	λ (W/mK)	R (m^2k/W)	U (U/m^2k)
Bovedilla o casetón de hormigón convencional	0,22	1,58	0,139	
Hormigón	0,05	2,3	0,021	
Fibra de vidrio acustiver	0,05	0,04	1,25	
Tarima de tabla de madera barnizada	0,02	0,15	0,133	
rsi			0,17	
rse			0,04	
TOTAL			1,754	0,570



- Suelo planta primera

	e	λ (W/mK)	R (m ² k/W)	U (U/m ² k)
Bovedilla o casetón de hormigón Convencional	0,25	1,58	0,158	
Hormigo	0,05	2,3	0,021	
Perliescayola	0,015	0,18	0,083	
Tarima de tabla de madera barnizada	0,02	0,15	0,133	
rsi			0,17	
rse			0,04	
TOTAL			0,606	1,648

- Cubierta

	e	λ (W/mK)	R (m ² k/W)	U (U/m ² k)
Perliescayola	0,015	0,18	0,083	
Losa de hormigón inclinada	0,18	2,3	0,078	
Poliuretano proyectado 50kg/m ³	0,0075	0,035	0,214	
Teja cerámica curva color rojo envejecido	0,02	1,3	0,015	
rsi			0,1	
rse			0,04	
TOTAL			0,531	1,882

- Puertas y ventanas

Para calcular la transmitancias de las puertas y las ventanas se usa la siguiente ecuación:

$$UH = Fm * UM + Fv * UV \quad ec.(32)$$

Dónde:

- Fm** es la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de la parte maciza en el caso de puertas.
- Fv** es la fracción del hueco ocupada por el cristal.
- UM** es la transmitancia del marco.
- UV** es la transmitancia del cristal.



	U marco (U/m ² k)	U vidrio (U/m ² k)	fv	fm	U total (U/m ² k)
T1(puerta)	2,2	2,9	0,36	0,639	2,449
T2(puerta)	2,2	2,9	0	1	2,2
T3(puerta + ventana)	2,2	2,9	0,791	0,208	2,751
T4(puerta)	2,2	2,9	0,624	0,375	2,634
T5(ventana)	2,2	2,9	0,439	0,565	2,516
T6(ventana)	2,2	2,9	0,439	0,565	2,516
T7(ventana)	2,2	2,9	0,537	0,462	2,573
T8(ventana)	2,2	2,9	0,5	0,5	2,55
T9(ventana)	2,2	2,9	0,854	0,145	2,795

1.2.1.3.2. Calculo de las pérdidas de calor

Para calcular la carga térmica que debe aportar la caldera se ha utilizado la siguiente ecuación:

$$Q_{TOTAL} = Q_{TRANSMISION} + Q_{VENTILACION} + Q_{INFILTRACION} \quad ec. (33)$$

1.2.1.3.2.1. Calculo de pérdidas por transmisión

La carga térmica de transmisión representa las pérdidas de calor debidas a la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior a través de los distintos cerramientos del edificio y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{TRANSMISION} = A \cdot U \cdot \Delta T \quad ec. (34)$$

Dónde:

- A: área (m²)
- U: coeficiente de transmitancia (W/m²K)
- ΔT: diferencia entre la temperatura interior y exterior del diseño (°C)

A lo que hay que añadir un coeficiente de orientación que se emplea para tener en cuenta la ausencia de radiación solar y la presencia de vientos dominantes sobre los muros, el cual se indica a continuación:

- Norte: 1,2 (20%)
- Sur: 1,00 (0%)
- Este: 1,15 (15%)



- Oeste: 1,1 (10%)

Se ha decidido realizar el cálculo en base a su orientación y, de esta manera, poder aplicar el coeficiente por orientación.

A continuación, se recoge la tabla en la cual aparecen tanto las superficies de cada orientación como las de las ventanas y puertas que contiene cada fachada de la vivienda:

Tabla 33: Carga térmica de transmisión

Orientación	Zona	cantidad	Coef. Orientación	Área (m ²)	U (U/m ² k)	T _{int} (°C)	T _{ext} (°C)	Q _{trans} (W)	
Norte	T2	1	1,15	1,89	2,2	22	6,7	73,160	
	T7	2	1,15	2,75	2,573	22	6,7	124,531	
	T1	1	1,15	1,89	2,449	22	6,7	81,466	
	T6	2	1,15	1,32	2,516	22	6,7	58,437	
	T5	1	1,15	0,66	2,516	22	6,7	29,218	
	Pared exterior			1,15	55,97	0,892	22	6,7	879,034
Sur	T7	5	1	6,875	2,573	22	6,7	270,721	
	T9	1	1	4,95	2,795	22	6,7	211,724	
	Pared exterior			1	52,655	0,892	22	6,7	719,105
Este	T6	2	1,1	1,32	2,516	22	6,7	55,896	
	T7	2	1,1	2,75	2,573	22	6,7	119,117	
	T5	2	1,1	1,32	2,516	22	6,7	55,896	
	Pared exterior			1,1	67,088	0,892	22	6,7	1007,836
Oeste	T6	1	1,05	0,66	2,516	22	6,7	26,677	
	T8	1	1,05	1,375	2,55	22	6,7	56,327	
	T3	1	1,05	6,16	2,751	22	6,7	272,289	
	T9	1	1,05	4,95	2,795	22	6,7	222,311	
	T4	1	1,05	3,3	2,634	22	6,7	139,672	
	T5	1	1,05	0,66	2,516	22	6,7	26,677	
	T7	2	1,05	2,75	2,573	22	6,7	113,702	
	Pared exterior			1,05	52,623	0,892	22	6,7	754,601
-	Cubierta			1	139,5	1,882	22	6,7	4017,490
-	suelo			1	126,52	0,57	22	6,7	1009,671
TOTAL								10325,56	

Teniendo en cuenta la temperatura mínima de cada mes obtenemos la carga térmica mensual:



Tabla 34: Carga térmica de transmisión mensual

MES	T _{min} (°C)	Q _{trans} (W)
ENERO	6,7	10325,569
FEBRERO	6,7	10325,569
MARZO	8,2	9412,246
ABRIL	9,4	8681,587
MAYO	11,4	7463,823
JUNIO	14,4	0
JULIO	16,4	0
AGOSTO	16,5	0
SEPTIEMBRE	15,1	0
OCTUBRE	12,4	5845,269
NOVIEMBRE	9,5	7611,027
DICIEMBRE	7,6	8767,904

1.2.1.3.2.2. Calculo de pérdidas por ventilación

Para el cálculo de las pérdidas por ventilación se ha utilizado la siguiente ecuación:

$$Qv = Ce . r . v . \Delta T \quad ec. (35)$$

Dónde:

- C_e: el calor específico del aire (0,336 W/m³°C)
- r: las renovaciones/hora del local. Se tomara 1 para salas sin fachada o con una fachada exterior y 1,5 para salas con dos o más fachadas exteriores.
- V: volumen de la sala (m³)
- ΔT: salto térmico (°C)

Para la calcular la carga térmica por ventilación de diseño se tendrán en cuentan las condiciones más desfavorables, aunque este valor solamente se refleja en la diferencia de temperatura y que se reúne en la tabla siguiente. No obstante, se recalculará para los correspondientes datos mensuales como se ha hecho anteriormente con el resto de cálculos.

Para nuestra vivienda nos han dado unas pérdidas por ventilación que vienen calculadas en la siguiente tabla teniendo en cuenta que el caudal de aire exterior aportado debe ser suficiente para eliminar los contaminantes no directamente



relacionados con la presencia humana. Esta condición se considera satisfecha con el establecimiento de un caudal mínimo de 1,5 l/s por local habitable en los periodos de no ocupación: [45]

Tabla 35: Perdidas por ventilación

	Ce (W/m ³ °C)	r	V (m ³)	AT (°C)	Total perdidas
Dormitorio servicio	0,336	1,5	24,388	15,3	188,060
Dormitorio invitados	0,336	1,5	36,79	15,3	283,695
Dormitorio principal	0,336	1,5	56,16	15,3	433,060
Dormitorio 2	0,336	1,5	38,52	15,3	297,035
Dormitorio 3	0,336	1,5	39,768	15,3	306,659
Baño servicio	0,336	1,5	6,864	15,3	52,929
Baño invitados	0,336	1,5	10,556	15,3	81,399
Baño principal	0,336	1,5	18,984	15,3	146,389
Baño 2	0,336	1,5	15,144	15,3	116,778
Salón	0,336	1,5	83,33	15,3	642,574
Hall	0,336	1,5	31,746	15,3	244,799
Comedor	0,336	1,5	36,478	15,3	281,289
Cocina	0,336	1,5	56,706	15,3	437,271
Lavandería Calderas	0,336	1,5	17,966	15,3	138,539
Trastero	0,336	1,5	18,408	15,3	141,947
Distribuidor	0,336	1,5	17,136	15,3	132,139
TOTAL					3924,56

Como se ha hecho anteriormente con las cargas térmicas por ventilación se procederá a calcular las pérdidas mensualmente:



Tabla 36: pérdidas por ventilación mensuales

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
Dormitorio servicio	188,060	188,060	169,623	154,873	130,290
Dormitorio invitados	283,695	283,695	255,881	233,631	196,546
Dormitorio principal	433,060	433,060	390,604	356,638	300,029
Dormitorio 2	297,035	297,035	267,914	244,617	205,789
Dormitorio 3	306,659	306,659	276,594	252,542	212,456
Baño servicio	52,929	52,929	47,740	43,589	36,670
Baño invitados	81,399	81,399	73,419	67,034	56,394
Baño principal	146,389	146,389	132,037	120,555	101,420
Baño 2	116,778	116,778	105,329	96,170	80,905
Salón	642,574	642,574	579,576	529,178	445,182
Hall	244,799	244,799	220,799	201,59	169,599
Comedor	281,289	281,289	253,711	231,649	194,880
Cocina	437,271	437,271	394,401	360,105	302,946
Lavandería	138,539	138,539	124,957	114,091	95,981
Calderas	141,947	141,947	128,031	116,898	98,342
Trastero	132,139	132,139	119,184	108,820	91,547
Distribuidor	132,139	132,139	119,184	108,820	91,547
TOTAL	3924,568	3924,568	3539,807	3231,997	2718,982



	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Dormitorio servicio					117,998	153,644	176,998
Dormitorio invitados					178,004	231,777	267,007
Dormitorio principal					271,724	353,808	407,586
Dormitorio 2					186,375	242,676	279,562
Dormitorio 3					192,413	250,538	288,620
Baño servicio					33,210	43,243	49,816
Baño invitados					51,074	66,502	76,611
Baño principal					91,852	119,592	137,778
Baño 2					73,272	95,407	109,909
Salón					403,18	524,979	604,775
Hall					153,599	199,999	230,399
Comedor					176,495	229,811	264,742
Cocina					274,366	357,247	411,549
Lavandería							
Calderas					86,926	113,185	130,390
Trastero					89,065	115,970	133,597
Distribuidor					82,910	107,956	124,366
TOTAL	0	0	0	0	2462,474	3206,342	3693,711

1.2.1.3.2.3. Calculo de pérdidas por infiltración

En el caso de la vivienda objeto, esta carga no se tendrá en cuenta al considerar que los habitáculos interiores se encuentran en sobrepresión con respecto al exterior, por lo tanto las infiltraciones de aire exterior son despreciables.

1.2.1.3.2.4. Resumen de pérdidas totales

Como se ha dicho anteriormente, para calcular la carga térmica que debe aportar la caldera se ha utilizado la ecuación 33

$$Q_{TOTAL} = Q_{TRANSMISION} + Q_{VENTILACION} + Q_{INFILTRACION} \\ = 10325,569 + 3924,569 + 0 = \mathbf{14250,138 W}$$

En la siguiente tabla tenemos mensualmente las necesidades o cargas térmicas para calefacción:



MES	Q_{trans}	$V_{ventilación}$	Q_{total}
ENERO	10325,569	3924,568	14250,138
FEBRERO	10325,569	3924,568	14250,138
MARZO	9412,246	3539,807	12952,053
ABRIL	8681,587	3231,997	11913,585
MAYO	7463,823	2718,982	10182,805
JUNIO	0	0	0
JULIO	0	0	0
AGOSTO	0	0	0
SEPTIEMBRE	0	0	0
OCTUBRE	5845,269	2462,474	8307,744
NOVIEMBRE	7611,027	3206,347	10817,375
DICIEMBRE	8767,904	3693,711	12461,616

Tabla 37: Resumen de cargas térmicas mensuales de calefacción

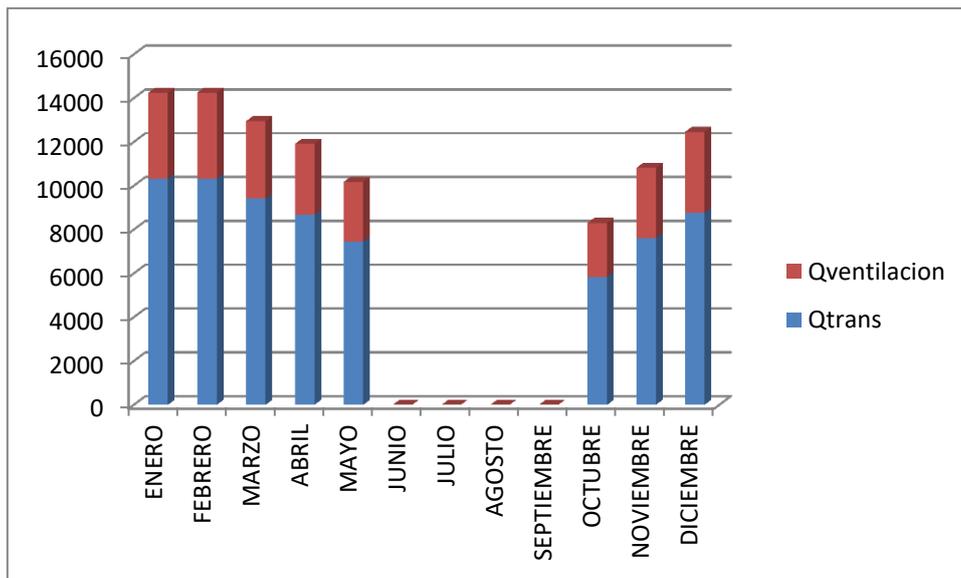


Figura 31: Gráfica cargas térmicas mensuales de calefacción

1.2.1.4. Calculo potencia de caldera

Para el cálculo de la potencia, se van a tener en cuenta los cálculos de calefacción y de ACS previamente calculados por diseño, es decir para las condiciones más extremas o desfavorables. Después se le aplicará un factor de seguridad de un 20% al valor con el mes de potencia más elevado ya que éste será el periodo de mayor demanda de energía.



$$P_{instalar} = (P_{calefaccion} + P_{ACS}) \cdot 1,20 \quad ec. (35)$$

$$P_{instalar} = (14250,138 + 352,20) \cdot 1,2 = \mathbf{17522,8 W}$$

Por lo tanto para nuestra vivienda se instalara una Caldera de pellet KCB 25 MESCOI de 25 KW, que cumple las condiciones calculadas anteriormente.

1.2.1.5. Cálculo del volumen del silo de pellets

Para calcular la capacidad del silo necesario de pellets para la autonomía anual de la vivienda se emplea la ecuación (36).

$$Capacidad = \frac{Energía\ necesaria}{PCI\ combustible} \quad ec. (36)$$

La energía necesaria se calcula en función de las horas de funcionamiento anuales, dando prioridad a los meses de verano, donde la instalación presenta mayor eficiencia, estimándose un total de 200 días de funcionamiento a razón de 10 horas/día. Se tendrá en cuenta también el rendimiento de la caldera del 91% y el poder calorífico inferior (PCI) del combustible, que para Pellets es de 4,85 KWh/kg.

$$Capacidad = \frac{37797,8KWh}{4,85 KWh/Kg} = \mathbf{7793,36 Kg}$$

Para satisfacer las necesidades anuales mediante pellets hace falta un silo con una capacidad de **7793,36Kg**.

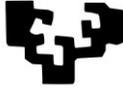
eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Documento 1º - Memoria



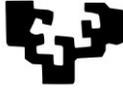
1.2.2. Anexos

1.2.2.1. Fichas técnicas

Colector solar Junkers FKT 2 W:

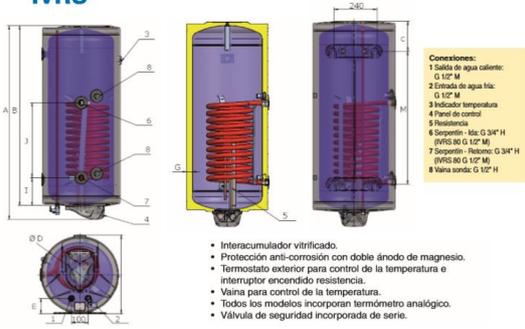


	Captadores Excellence	
MODELO	FKT-2 S	FKT-2 W
Montaje	Vertical	Horizontal
Dimensiones (mm)	1175x2170x87	2170x1175x87
Área total (m ²)	2,55	2,55
Área de apertura (m ²)	2,426	2,426
Área del absorbedor (m ²)	2,23	2,23
Volumen del absorbedor (l)	1,6	1,96
Peso en vacío (kg)	44	45
Presión trabajo máx. (bar)	10	10
Caudal nominal (l/h)	50	50
Material de la caja	Fibra de vidrio, con esquinas de plástico y chapa de acero tratada con aluminio y zinc	Fibra de vidrio, con esquinas de plástico y chapa de acero tratada con aluminio y zinc
Aislamiento	Lana mineral, de 55 mm. de espesor	Lana mineral, de 55 mm. de espesor
Absorbedor	Selectivo	Selectivo
Recubrimiento absorbedor	PVD	PVD
Círculo hidráulico	Doble serpentín	Doble serpentín
Curva de rendimiento instantáneo según EN 12975-2 (basada en el área de apertura)		
Factor de eficiencia n ₀	0,794	0,802
Coef. pérdidas línea (W/m ² K)	3,863	3,833
Coef. pérdidas secundaria (W/m ² K ²)	0,013	0,015



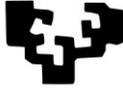
Interacumulador IVRS 120

01 INTERACUMULADOR MURAL VITRIFICADO **IDROGAS** **IVRS**



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

MODELO	IVRS 80	IVRS 100	IVRS 120	IVRS 150	IVRS 200
Código	CC01200	CC01201	CC01202	CC01203	CC01204
Volumen L	80	100	120	150	200
Presión máxima bar	6	6	6	6	6
Tensión nominal V	230	230	230	230	230
Potencia kW	2	2	2	2	2
Temperatura max. °C	75	75	75	75	75
Superficie Intercambiador m²	0,6	0,87	0,87	1,11	1,11
Volumen Intercambiador L	1,6	3,25	3,25	3,6	3,6
Potencia Intercambiador kW	13,2	21,2	21,2	22,1	22,1
Peso en vacío Kg	34	40	45	56	73
DIMENSIONES					
A mm	1065	1000	1165	1015	1255
B mm	980	915	1080	930	1170
C mm	145	175	175	190	190
ØD mm	385	460	460	586	586
E mm	80	96	96	105	105
F mm	400	474	474	600	600
G mm	32	32	32	43	43
I mm	110	165	165	195	195
J mm	450	450	450	450	450
M mm	-	-	-	560	780



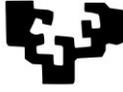
Grupo de bombeo Junkers AGS 5 :



Datos técnicos



	Grupos de bombeo solar AGS				
Tipo de grupo	Una línea	Dos Líneas			
Modelo	AGS 10-2 E	AGS 5 AGS 10/TDS 100-2	AGS 10-2	AGS 20-2	AGS 50-2
Número de captadores	1-10	1-10	1-10	11-20	21-50
Altura manométrica de la bomba	7 m	7 m	7 m	7.5 m	9 m
Diámetro de conexión	15 mm	15 mm	15/22 mm	22 mm	28 mm
Válvula de seguridad	6 bar	6 bar	6 bar	6 bar	6 bar
Manómetro	X	X	X	X	X
Válvula de corte (Ida/reorno)	-/X	X/X	X/X	X/X	X/X
Termómetro (Ida/retorno)	-/X	X/X	X/X	X/X	X/X
Antirretorno (Ida/retorno)	-/X	X/X	X/X	X/X	X/X
Caudalímetro	-	X	X	X	X
Eliminador de aire	-	X	X	X	X
Conexión para bomba de llenado	-	X	X	X	X
Conexión para vaso de expansión	-	X	X	X	X
Dimensiones (Ancho x Alto x Fondo) mm	185 x 355 x180	290 x 370 x 225	284 x 353 x 248	284 x 353 x 248	284 x 403 x 248



Sistema de control Junkers TDS 100-2:

TDS 100 - 2 Controlador solar

Controlador solar por temperatura diferencial de fácil manejo y grandes prestaciones.



 [Añadir al listado](#)

Caraterísticas

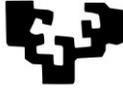
Para una aplicación:

- 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



Folleto sistemas solares

 [Descargar folleto \(PDF 0,51 MB\)](#)



Caldera KCB 25 MESCOLI:



Caldera de pellet compacta de 25 KW - KCB 25 MESCOLI

Ref.: KCB 25



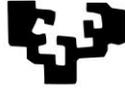
Caldera de pellet compacta de alto rendimiento ideal para la calefacción y producción de ACS en viviendas o locales de 63m² a 230m².

Características principales:

- Equipo robusto y duradero.
- Rendimiento superior al 91%.
- Quemador con limpieza automática.
- Depósito de pellet de gran capacidad.
- Carga frontal de combustible.
- Modulación automática (7 niveles).
- Clase 5 (EN 303-5:2012)
- Fácil uso y mantenimiento.
- Panel de control electrónico.
- Limpieza automática del intercambiador (opcional).
- Incluye grupo hidráulico (bomba de circulación, vaso de expansión, válvula de seguridad, lector de presión, etc.)
- Instalación extremadamente sencilla.
- Función Invierno / Verano.
- Posibilidad de aplicar depósito anexo para aumentar su autonomía.

Datos técnicos:

- Potencia nominal (Máxima/Mínima): 24,95 / 7,19 kW
- Potencia real (Máxima/Mínima): 23,00 / 6,33 kW
- Rendimiento (Máximo/Mínimo): 92,11% / 88,17%
- Clase caldera según EN 303-5: 5
- Limpieza automática del quemador: Incluido
- Limpieza automática del intercambiador: Opcional
- Combustible admitido: Pellet Ø6mm
- Humedad máxima del pellet usado: 8%
- Capacidad depósito pellet: 190 kg
- Capacidad depósito pellet suplementario: 175 kg
- Consumo pellet (Mín/Máx): 1,5 / 5,00 kg/h
- Autonomía (Mín/Máx): 38 / 125 horas
- Temperatura humos a potencia máxima: 98,87 °C
- Temperatura humos a potencia mínima: 61,48 °C
- Salida de humos caldera: Ø80mm
- Salida de humos chimenea: Ø150mm
- Depresión mínima chimenea: 13 Pa
- Contenido de agua en caldera: 72 litros
- Pérdida de carga agua: 1,8 mbar
- Presión máxima de trabajo: 2,5 bar
- Temperatura mínima de retorno: 60°C
- Capacidad vaso de expansión: 8 litros
- Consumo eléctrico (Máximo/Mínimo) 412W / 121W
- Tensión eléctrica: 230V//50Hz
- Campo de regulación temperatura: 60 °C a 87 °C
- Dimensiones (Ancho/Fondo/Alto): 664/930/1538mm
- Peso: 325 kg



Silo de pellets ECOSILO EXTRA 16P:

Ecosilo Extra



- Estructura de acero galvanizado.
- Certificado de permeabilidad al polvo.
- Lona de protección para impacto de pellets incluida.
- Parte inferior del silo plana con refuerzo de PVC deslizante.
- 20% más de capacidad que un silo convencional en el mismo espacio.
- Incluye vibrador en la parte inferior para facilitar la extracción del material.
- No apto para sistema de extracción por sinfín.
- Sólo válido para extracción por sistema de aspiración.
- Boca de llenado para camión neumático tipo Storz.



Artículo	Designación	Altura (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Toneladas (t)	PVP (€)
75006	ECOSILO EXTRA 16P	1,8-2,3	1,6	1,6	1,6-2,2	2.115
75032	ECOSILO EXTRA 18P	1,8-2,3	1,8	1,8	2,1-2,9	2.245
75007	ECOSILO EXTRA 20P	1,8-2,3	2,0	2,0	2,6-3,6	2.345
75008	ECOSILO EXTRA 22P	1,8-2,3	2,2	2,2	3,3-4,5	2.405

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Documento 1º - Memoria

1.2.2.2. Anexo 2: Certificación Ce3x

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Documento 1º - Memoria

BILBAO, 22 de junio de 2018

Fdo.: Asier Alonso Berdasco