

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍA DE
MINAS Y ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

*INSTALACIÓN DE GENERACIÓN DE
ENERGÍA TÉRMICA A PARTIR DE
BIOMASA EN OROZKO (BIZKAIA)*

DOCUMENTO 1 - MEMORIA

Alumno/Alumna: Gonzalez, Arrizabalaga, Olivia

Director/Directora (1): Monasterio, Guisasola, Nuria

Curso: 2017-2018

Fecha: 28 de junio, 2018

Contenido

1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	3
1.1.1. ANTECEDENTES	3
1.1.1.1. GESTION DE RESIDUOS DE MADERA TRATADA CON ORIGEN EN ACTIVIDADES INDUSTRIALES	6
1.1.2. OBJETO	7
1.1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	7
1.1.3.1. TECNOLOGÍA ELEGIDA.....	11
1.1.3.2. ESTUDIO DE OTRAS ALTERNATIVAS	13
1.1.4. SITUACION Y EMPLAZAMIENTO	14
1.1.5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	19
1.1.5.1. RESUMEN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA INCLUYENDO LAS PÉRDIDAS	19
1.1.5.2. RESUMEN DE LA POTENCIA TOTAL NECESARIA	24
1.1.5.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS PELLETS	24
1.1.5.4. MÉTODOS TERMOQUÍMICOS.....	28
1.1.5.5. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN DE BIOMASA	30
1.1.5.5.1. CALDERA	30
1.1.5.5.2. DEPÓSITO DE PELLET	34
1.1.5.5.3. SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE LA ENERGIA CALORÍFICA.....	36
1.1.5.5.4. SISTEMAS DE REGULACIÓN	43
1.1.5.5.5. DEPÓSITO DE INERCIA	44
1.1.5.5.6. DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN	46
1.1.5.5.7. SALIDA DE HUMOS	46
1.1.6. PLAN DE OBRA	47
1.1.6.1. INGENIERIA Y TRAMITES ADMINISTRATIVOS.....	47
1.1.6.2. SUMINISTRO DE EQUIPOS.....	47
1.1.6.3. MONTAJE DE LA INSTALACION.....	47
1.1.6.4. PUESTA EN MARCHA	48
1.1.7. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	49
1.1.8. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES	50

1.1.8.1. AGUAS RESIDUALES Y VERTIDOS.....	50
1.1.8.2. EMISIONES DE GASES PARTÍCULAS A LA ATMÓSFERA.....	50
1.1.8.3. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PRODUCIDOS.....	50
1.1.9. RESUMEN DE LA NORMATIVA APLICABLE.....	51
1.2. MEMORIA JUSTIFICATIVA	52
1.2.1. INTRODUCCIÓN A CÁLCULOS: DATOS DE PARTIDA.....	52
1.2.2. DEMANDA ENERGÉTICA	52
1.2.2.1. CÁLCULO DEMANDA ACS Y CALEFACCIÓN.....	52
1.2.3. TIPO DE CALDERA DE LA CENTRAL	73
1.2.4. SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE LA ENERGIA CALORÍFICA	73
1.2.4.1. TUBERÍAS.....	73
1.2.4.2. BOMBAS DE CIRCULACIÓN.....	81
1.2.4.3. RADIADORES.....	83
1.2.4.4. DEPÓSITOS DE ACUMULACIÓN	84
1.2.5. SISTEMAS DE REGULACIÓN	84
1.2.6. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DEL BIOCOMBUSTIBLE	85
1.3. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	87
1.4. ANEXOS: CATÁLOGOS Y REPORTAJE FOTOGRÁFICO	90
1.4.1. CATÁLOGOS	90
1.4.2. REPORTAJE FOTOGRÁFICO EDIFICIO	92
1.5. BIBLIOGRAFÍA.....	95

1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.1. ANTECEDENTES

Los últimos quince años han sido especialmente intensos en lo que a actividad política energética y medioambiental se refiere. La preocupación por el crecimiento económico, la estabilidad en los mercados energéticos y, por encima de todo, el calentamiento global han constituido una de las razones principales de dicha actividad a todos los niveles: internacional, europeo, nacional y regional.

En lo que se refiere a la situación internacional del consumo energético, a nivel sectorial es de destacar el peso mayoritario de los sectores residenciales, servicios y construcción sobre el consumo total, con un 36%, frente a los sectores industrial y transportes con un 28% y 27%. [20]

A nivel de combustible se observa el papel preponderante de la industria en el consumo de carbón, del transporte en el de petróleo, y del residencial, servicios y construcción en el del gas.

Sin embargo, a nivel local es de destacar el peso mayoritario del sector industrial, con un 45%, seguido por los sectores del transporte con un 33% y residencial y servicios con un 20%.

La estructura de consumo energético por sectores en Euskadi es muy diferente a la realidad global, europea e incluso española, dada la alta representatividad del sector industrial y la baja de los edificios residenciales y de servicios, que mientras en Europa suponen un 40% del consumo final de energía, en Euskadi representan tan solo el 20%.

Existe por ello una necesidad de un escenario energético que compatibilice el desarrollo sostenible, la competitividad y la seguridad del suministro.

Se puede resumir la sostenibilidad en los siguientes pilares básicos:

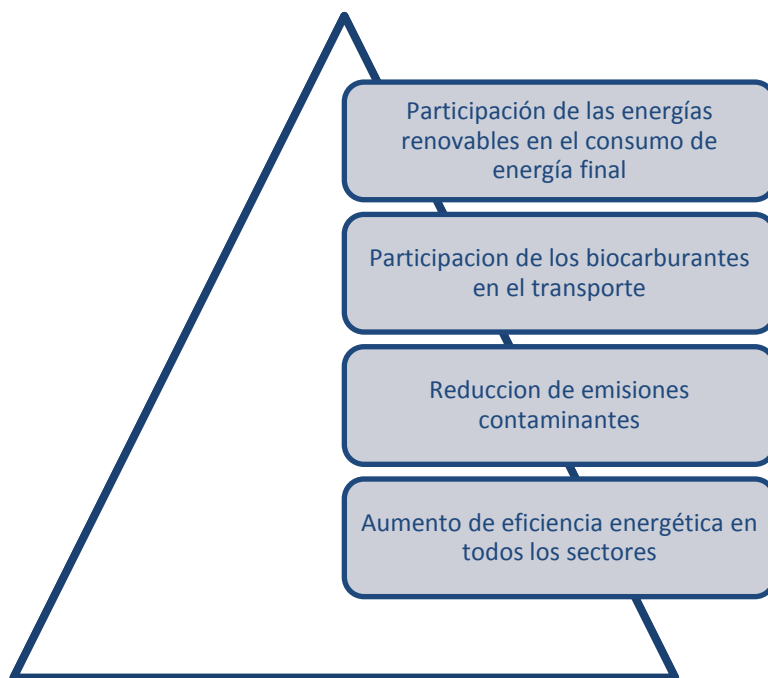


Imagen 1: Pilares de la sostenibilidad [fuente propia]

En el entorno energético, para el abastecimiento energético de viviendas se promueven recursos renovables de aplicación térmica:

- Solar térmica: Los captadores solares aprovechan la radiación para calentar un fluido que circula por su interior. Esta energía se intercambia, trasasándose el agua de consumo, la cual se acumula en un depósito hasta ser utilizada.
- Biomasa térmica: El calor se produce en una central y a través de una red de tuberías, por las que circula vapor o agua caliente, se transporta a los consumidores finales.
- Geotermia: Similar a la de aplicación eléctrica. En este caso, el calor aprovechado procede del subsuelo mediante el empleo de bomba de calor para la obtención de calefacción y/o refrigeración.

Existen ideas alrededor de esta tecnología en vías de desarrollo, y las perspectivas de futuro son optimistas.

Por ejemplo, una idea similar más extendida sería la de emplear los sistemas de “District Heating” o “District Cooling”, los cuales varían según las fuentes energéticas utilizadas, como en el tamaño, desde un limitado número de viviendas hasta zonas metropolitanas completas. Bien es verdad que al ser una idea no tan desarrollada, supone unos costes muy elevados, por lo que al no ser la opción más favorable económicamente, se ha optado por otro método.

Resulta recomendable que se introduzcan soluciones de mayor eficiencia en uso de este tipo de recursos, como por ejemplo: sistemas de acumulación de agua fría, utilización de energías renovables como la biomasa o solar térmica, enfriadores mediante aguas marinas o fluviales. Todo ello se encuentra en constante evolución en diversas zonas del mundo.

Enfocando el tema hacia el presente proyecto, cabe destacar que la biomasa tiene diferentes vías de suministro: limpieza de bosques, residuos de industrias forestales, residuos de cultivos agrícolas e industrias derivadas y cultivos o plantaciones energéticas, entre otros. Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas, ya que en ellos se producen grandes cantidades de residuos a los que no se les da ningún otro uso.

Así mismo, existen diferentes tipos de biomasa los cuales pueden ser eficientes para el abastecimiento mediante la generación de energía en una instalación:

- Biomasa natural. Se produce de forma espontánea en la naturaleza sin ningún tipo de intervención por parte del ser humano. Se trata de residuos provenientes de limpieza de bosques, entresacado de plantas, etc.
- Biomasa residual seca. Son los subproductos sólidos no utilizados en las actividades agrícolas, ganaderas, forestales y en la industria maderera y agroalimentaria. En este grupo se destacan los residuos forestales por un lado y los desechos agrícolas por otro:
 - o Residuos forestales. Son una importante fuente de biomasa que actualmente se encuentra poco explotada. Estos residuos proceden de podas, claras, limpiezas, brozas, etc.
 - o Desechos agrícolas. Son los desechos que genera la agricultura, constituidos esencialmente por los residuos producidos en los cultivos de cereales y en algunos cultivos de plantas con utilidad industrial textil y oleícola.
- Biomasa residual húmeda. Hace referencia a los vertidos denominados “biodegradables”, entre los que se encuentran residuos urbanos, industriales, agrícolas y ganaderos: sólidos, aguas, serrines, virutas, cortezas, corcho, purines, deyecciones, etc.
- Biomasa producida. Son cultivos de uso energético, con la única finalidad de producir biomasa transformable en combustible para generar energía. Estas granjas pueden suministrar un gran porcentaje de los requerimientos energéticos mundiales.

Como dato estadístico, en Europa el 54% de la energía primaria de origen renovable procede de la biomasa, y sin embargo solo supone el 4% sobre el total energético.

En general, aproximadamente un 83% de la energía generada se destina a usos térmicos, como es el caso del presente proyecto. [20]

Adicionalmente, la subida de precios de los combustibles convencionales en el mercado energético, la necesidad de autosuficiencia energética y los objetivos medioambientales hacen que sea necesario el uso de recursos energéticos naturales, como es la biomasa.

1.1.1.1. GESTION DE RESIDUOS DE MADERA TRATADA CON ORIGEN EN ACTIVIDADES INDUSTRIALES

Dentro de la comunidad Autónoma del País Vasco, la gestión de la mayor parte de los residuos de madera se realiza, a través de entidades (públicas y privadas) dedicadas a la valorización de los mismos. La mayoría de los residuos de madera se reciclan para obtener un subproducto (astilla o pellet) que se vende bien como materia prima en la fabricación de tablero aglomerado de madera, bien como combustible alternativo en procesos industriales.

Al objeto de profundizar en la estimación de cantidades por tipologías se realizaron los siguientes trabajos de campo:

Tabla 1: gestores de residuos de madera de la comunidad autónoma de país vasco analizados para la elaboración del inventario de residuos madera tratada. [1]

PROVINCIA	CANTIDAD DE RESIDUOS VALORIZADOS (toneladas/año 2004)
Araba	3.450
Bizkaia	48.800
Gipuzkoa	46.225

Teniendo en cuenta estos datos, se hace probable pensar en un aprovechamiento mayor de la madera, más concretamente en el caso dado, transformando residuos de madera en combustibles de biomasa para su posterior combustión.

1.1.2. OBJETO

El objetivo del proyecto es una instalación centralizada de A.C.S. y calefacción en un edificio de seis plantas (tres de ellas de viviendas) ubicado en el municipio de Orozco para la cual la tecnología que se empleará será una caldera de biomasa.

Los documentos estarán diferenciados por un bloque principal donde se describe la instalación con sus elementos principales tanto en el circuito de A.C.S. como en el de calefacción, cálculos necesarios, situación y emplazamiento, plan de obra, complementado por el resto de documentos como son el estudio económico, diversos planos, y demás anexos e información relevante.

1.1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En el presente documento se pretende fomentar el desarrollo sostenible y la explotación de fuentes renovables no contaminantes para la producción de energía.

No solo se consumiría la energía de una forma responsable y sostenible, sino que también se recuperaría este tipo de bien básico, ya que la energía generada se aprovecharía para abastecer a las viviendas del edificio. Con esto, se mejorará la calidad de vida de los habitantes, tanto en lo social como en lo económico y al mismo tiempo a través del abastecimiento de necesidades para vivir mediante fuentes y recursos que perjudiquen lo mínimo posible a las generaciones futuras y al medio ambiente.

Otro punto a tener en cuenta sería el hecho de reducir el consumo y las emisiones, y por consiguiente, alcanzar un estado en el que se necesite menos para tener más.

En resumen, la idea básica de este proyecto es el fomento de las energías renovables, un consumo racional de la energía y el aprovechamiento de residuos forestales o biomasa.

Uno de los puntos a favor sobre el emplazamiento escogido es la cantidad de empresas suministradoras de madera que hay por los alrededores. Esto asegurará el suministro constante de una manera eficaz.

En el caso que ocupa, se tiene en cuenta el hecho de que existe industria maderera en los alrededores para poder contar con un suministro constante y sin necesidad de importación del biocombustible para la caldera durante el periodo de operación de la planta de biomasa.

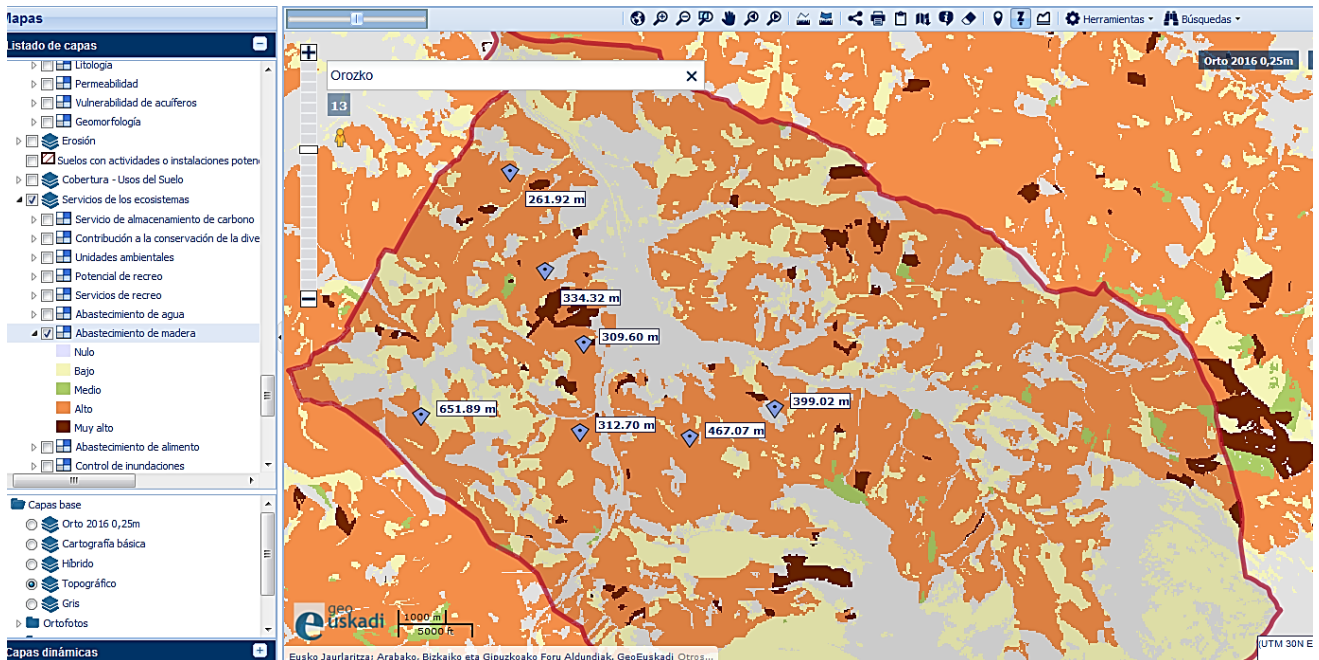


Imagen 2: Industria maderera en la zona de implantación y alrededores [Visor GeoEuskadi]

Por un lado, el abastecimiento provendrá de la compra de pellets de las empresas más próximas que se dedican a la fabricación de dicho biocombustible sólido. Por otro lado, se suministrarán pellets de calidad óptima provenientes de empresas gestoras de residuos de la madera que se dediquen a transformar el residuo el biocombustible.

Ya que el biocombustible, en la medida de lo posible, provendrá del aprovechamiento de residuos de madera, se tendrá en cuenta la abundante cantidad de aserraderos que hay por los alrededores.

Más concretamente, existen seis talleres que trabajan con la madera y la explotación agrícola y forestal en la localidad, por lo que siempre van a existir desechos o residuos procedentes de esas empresas:

- Maderas Azkoaga, S.L.: explotación forestal y transformación de la madera
- Maderas Torresar, S.A.: industria de la madera, aserrado
- Maderas Barrondo, S.A.
- Torrebaso, S.L.

- *Aserraderas, S.I.: Tratamiento y modificación térmica de la madera, preparación industrial de la madera y fabricación de piezas de carpintería, mobiliario y construcción.*
- *Aserraderos Orozco, S.L.*

A parte de suministrar pellets a partir de estas industrias mencionadas, también cabe la posibilidad de reutilizar de una manera sostenible los residuos de madera de otras industrias que no sean aserraderos. [18]

Tal y como se ha indicado en párrafos anteriores, la mejor forma para disponer de esta madera es recogerla una vez este almacenada y gestionada en una empresa de reciclaje recogedora de maderas. Por ejemplo, las siguientes empresas gestoras de residuos provenientes de la madera cuentan con una correcta infraestructura de gestión (recogida, selección, tratamiento, valorización, etc.) y realizan procesos físicos y térmicos para transformar los desechos en pellets y otros biocombustibles:

- *Pallets del Valle, S.L.: Se trata de la planta de tratamiento de residuos más grande de Bizkaia*
- *Bietek*
- *Contenedores Escor Vitoria, S.L.*
- *UTE RDC Gardelegui 2005*

Estas empresas son las que realizarían contratos de suministro a medio-largo plazo disponiendo de todas las calidades y granulometrías posibles en función de la demanda en cada momento.

Por otro lado, Orozco es un pueblo situado en una zona geográfica cercana a diversos valles, ríos y sierras. La accesibilidad de la instalación dentro del pueblo es óptima, ya que se encuentra cruzado por la autopista AP-68 (salidas 3ª y 4ª), por las carreteras BI-2522 y BI-3513.



Imagen 3: Vista aérea de Orozco, Bizkaia



Imagen 4: Vista aérea de Orozco, Bizkaia

Está formado por 11 valles y sub-valles firmemente encuadrados por las siguientes sierras y cumbres: Gorbea al E y al S, Jesuri al O y la sierra Unceta - Ayecebelabe al N. Está recorrido por los ríos Altube, Arnauri, con sus afluentes, y Senagorta, que desembocan en el Nervión y, con él, al Cantábrico, y el Pedrobaso, que afluye al Bayas y, consecuentemente, al Ebro y el Mediterráneo.

1.1.3.1. TECNOLOGÍA ELEGIDA

La biomasa se trata de un combustible no fósil, neutro desde el punto de vista del ciclo de carbono (ciclo natural del carbono entre la tierra y el aire), por lo que las emisiones de CO₂ que se producen, al proceder de un carbono retirado de la atmósfera en el mismo ciclo biológico, no alteran el equilibrio de la concentración de carbono atmosférico, y por tanto no incrementan el efecto invernadero.

Aparte de esto la utilización de residuos forestales reduce la quema de los mismos y, por tanto, el riesgo de incendios.

Estos son los aspectos positivos y negativos principales de la biomasa:

VENTAJAS

- Disminuye la dependencia del abastecimiento de combustibles.
- Producción descentralizada: favorece el aprovechamiento local de los recursos de la zona y puede tener una gran incidencia económica y social en el mundo rural.
- En la mayoría de las aplicaciones no se provocan emisiones de gases contaminantes.
- Valorización de los residuos: se transforman en materias primas.
- Aprovechamiento de una capacidad productiva no utilizada en agricultura e industria forestal.
- Genera puestos de trabajo, sobre todo en la recogida de residuos de biomasa que se prepararán para la valorización. S la fuente renovable que más puestos de trabajo genera.
- Potenciación del desarrollo tecnológico.
- Fácil de almacenar, mediante silos o depósitos de gran tamaño.

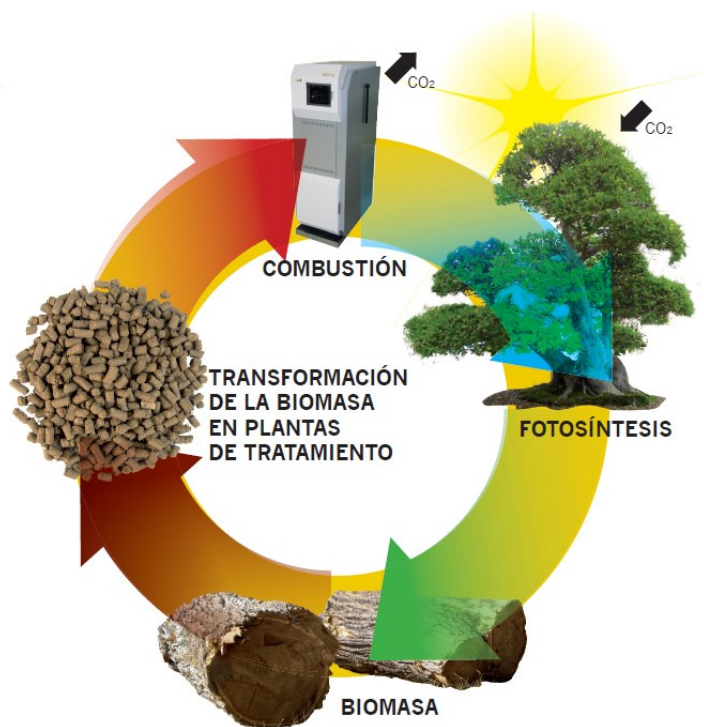


Imagen 5: Ciclo de la biomasa a partir de pellets para producir energía mediante la combustión.

DESVENTAJAS

- Dispersión espacial de los recursos
- Variabilidad temporal de la producción.
- Mala planificación y transporte de las materias primas: los canales de distribución están menos desarrollados que los de combustibles.
- Para aprovechar el contenido energético se debe someter a procesos de transformación previos. Se necesita mayor cantidad de biomasa para conseguir la misma cantidad de energía que otras fuentes.
- Falta de conexión entre los agentes implicados en la trazabilidad.
- Grandes espacios de almacenaje requeridos: la biomasa ocupa un gran volumen en especial comparación con los combustibles gaseosos.
- El rendimiento de las calderas de biomasa es inferior a los que usan combustible fósil, debido a que el poder calorífico de este recurso no es tan alto como otros combustibles de mayor calidad.

1.1.3.2. ESTUDIO DE OTRAS ALTERNATIVAS

Una de las principales alternativas de esta instalación sería el empleo de calderas de gasoil en lugar de calderas de pellets. Esta primera opción resulta más sencilla a la hora de suministrar el combustible y conocer los elementos que compondrían la instalación.

Las calderas de gasoil funcionan con gasóleo y su uso es para calefacción y agua caliente o solo para calefacción. Hay dos tipos diferentes de estas calderas, las instantáneas que son aquellas que calientan el agua en el momento que es demandada, o las de acumulación, que son las que disponen de un acumulador de agua caliente.

Una gran ventaja de estas calderas es principalmente que se pueden instalar en cualquier lugar, no dependen de empresas suministradoras, por lo que lo hace un sistema más independiente. Asimismo, cada caldera de gasoil contiene un depósito de combustible con una capacidad de aproximadamente 1000 litros (combustible que se puede adquirir tanto en zonas urbanas como rurales).

Por otro lado, los precios de las calderas de gasoil y los costes de mantenimiento suelen ser más bajos que otro tipo de calderas, aunque no más bajos que las calderas de pellets.

Entre las desventajas, se enumeran a continuación las más significativas:

- La eficiencia es menor a otras calderas (de gas, etc.).
- Emisiones mayores a la atmósfera.
- El combustible hay que comprarlo, transportarlo y almacenarlo en las viviendas, teniendo en cuenta el peligro que conlleva.
- Aunque el mantenimiento sea más económico frente a otros combustibles convencionales, los residuos de gasoil hacen que sea necesario limpiar la caldera al menos una vez al año.

En la práctica, es común hoy en día encontrar calderas de gasoil en las comunidades de edificios porque se trata de una tecnología más desarrollada.

En lo que se refiere a las calderas de biomasa, su principal ventaja es que estas calderas utilizan una fuente de energía inagotable que prácticamente no contamina el medioambiente y no destruye la capa de ozono. Además, debido a que es una fuente de energía renovable, la dependencia y demanda de los combustibles fósiles disminuye. Otra ventaja es que el coste de mantenimiento que tendría la instalación sería mínimo.

Adicionalmente, hoy en día cada vez es de uso más común el empleo de fuentes renovables para producir energía (especialmente energía térmica) a nivel residencial o comunitario.

La opción por la que se ha optado resulta más favorable en temas medioambientales, puesto que la contaminación que supone el consumo de gasoil es mayor al de los biocombustibles sólidos.

Por otro lado, la utilización de una fuente de energía renovable hace que la demanda de este combustible no varíe y siempre se cuente con la misma disponibilidad.

1.1.4. SITUACION Y EMPLAZAMIENTO

La instalación se va a situar en el pueblo de Orozco, Vizcaya (observar plano nº1 correspondiente al emplazamiento). Se trata de una zona amplia y apta para la instalación.

A sus alrededores se ubican estaciones meteorológicas de las cuales se han tomado valores climatológicos para describir la zona. Entre todas ellas se tendrán en cuenta los valores climatológicos de la zona de Álava.

A pesar de esto, han de tenerse en cuenta varias estaciones meteorológicas, ya que la cota es una media varia respecto a Álava:

Orozco: 156 msnm

Adicionalmente, la zona que ocupa gran parte de Araba se presenta como una zona de transición entre el clima oceánico y el clima mediterráneo, predominando las características atlánticas, ya que no existe un auténtico verano seco. Pese a que Orozco pertenece a Vizcaya pero se encuentra en el límite, las características climatológicas del territorio se corresponden más con la zona de Álava. [9]

- Clima Subatlántico: Comprende los Valles Occidentales de Álava y la Llanada Alavesa, continua siendo del tipo atlántico, si bien con precipitaciones menores que en la vertiente atlántica.
- Clima Submediterráneo: Más al sur, en una zona que comprende aproximadamente Treviño, Montaña Alavesa, se va pasando a un tipo mediterráneo, es decir, a un clima templado con verano más cálido y algo más seco, y con lluvias anuales moderadas.

Para la instalación que se llevará a cabo, es importante el análisis de la temperatura de la zona. Las oscilaciones de las temperaturas medias mensuales son bastante importantes y significativas. En el interior estas aumentan sensiblemente hasta llegar a ser de unos 17°C o 18°C.

Las temperaturas más altas se suelen dar en el mes de Julio. El mes de Septiembre conserva bastante el nivel de calor veraniego pero hay un bajón térmico bastante brusco al llegar a octubre, y todavía mayor bajón en noviembre.

Por el contrario, el ascenso de la transición primaveral, desde marzo hasta junio, es bastante más regular y más moderadas las alzas térmicas que se registran al pasar de un mes a otro.

Las temperaturas más bajas se registran en diciembre (mes en el que la demanda de energía calorífica será mayor).

Las temperaturas máximas diarias suelen alcanzarse generalmente en las horas centrales del día.

Por último, el número de días de heladas, es decir, aquellos en los que las temperaturas descienden en algún momento por debajo de los 0°C, serán de unos 40 días anuales.

A continuación, se muestran unas imágenes que describen visualmente más características de los alrededores de Orozco, como son las zonas protegidas o la zona delimitada de toda la zona.

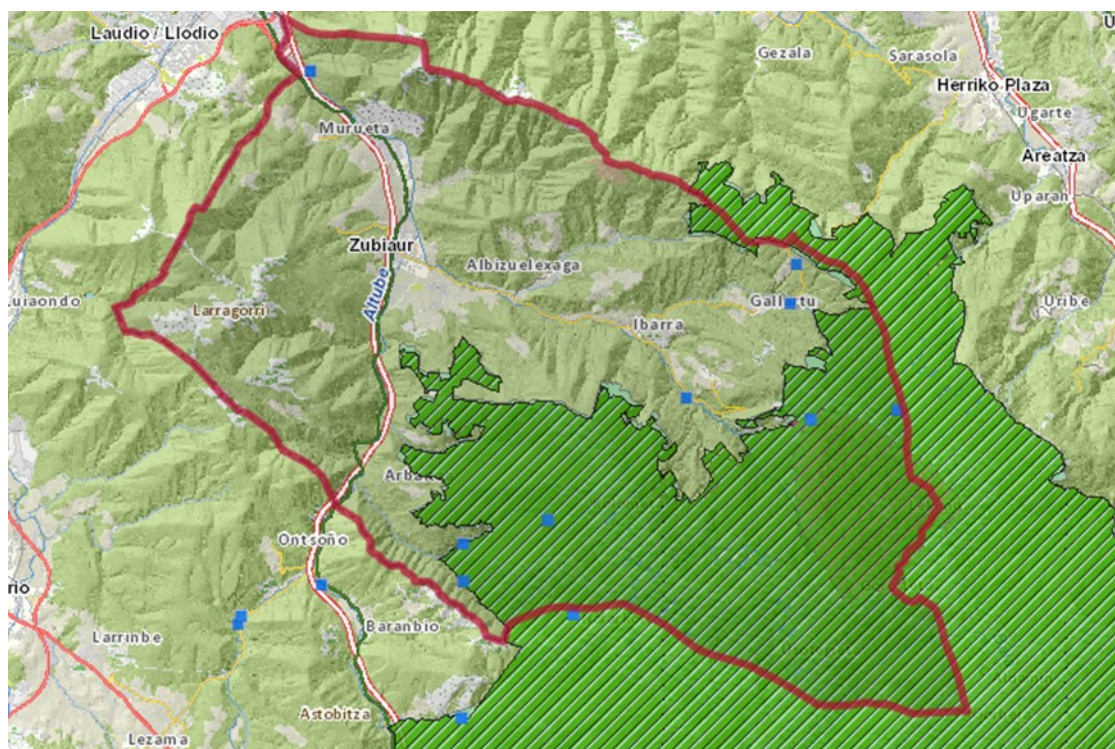


Imagen 6: Mapa geográfico de la zona y distinción de recintos protegidos [GeoEuskadi]

Entre las zonas mejor habilitadas para este tipo de instalación, se han valorado 4 opciones distintas, cada una de ellas con características diferentes.

En la siguiente imagen se puede visualizar la ubicación de los edificios que se han contemplado para llevar a cabo este proyecto.

En lo que es el centro de Orozco, se observan diferentes tipos de vivienda distribuidas en edificios de distintas características (número de viviendas, dimensiones, antigüedad, etc.).



Imagen 7: Opciones de edificios para la implantación de instalación de biomasa [Google]

Como se puede observar en la imagen superior, se han estudiado estas cuatro posibilidades, desde abastecer un solo edificio hasta llegar a un número de cuatro. En el anexo nº4 de reportaje fotográfico se contemplan las vistas más significativas de la opción elegida.

En definitiva, la tabla que sigue a continuación reúne los datos más relevantes a tener en cuenta a la hora de optar por una de las opciones:

Tabla 2: Características principales de los distintos edificios

	Nº Edificios	Nº pisos	Nº viviendas	Nº habitantes
OPCIÓN 1	4	3 + p. baja	12 x 4ed	96 (2)
OPCIÓN 2	1	2 + casita	1	8 - 10
OPCIÓN 3	2	3 + p. baja	12 x 2ed	48 (2) – 72 (3)
OPCIÓN 4	1	3 + p. baja	12	36(3) – 48 (4)

Dada la localización de estos y el número de viviendas de los que se componen, finalmente se ha optado por hacer la instalación de biomasa en el edificio comunitario de viviendas de mayor volumen.

Por un lado, la instalación resultará más sencilla y viable dado que solamente se trata de un edificio; por el otro, se entiende que este edificio se compone de una cantidad óptima para este tipo de instalaciones y se podrá abastecer a una gran cantidad de vecinos mediante calderas de biomasa centralizadas. Es por ello por lo que la opción más válida es la cuarta.

Para ubicar la instalación se ha tomado como referencia un punto medio donde se encuentran localizadas las viviendas que serán abastecidas en el mismo edificio.

Este dato de localización se indica mediante las Coordenadas UTM 30N ETR S89 etc.:

X: 507.418

Y: 4.772.611

Por otro lado, los valores de latitud y altitud de esta localización serán:

- Latitud: 43.10 °
- Altitud: 156 m
- Longitud: -2.90

Otros datos más detallados sobre las superficies construidas en el edificio seleccionado para esta instalación se reúnen en la siguiente tabla:

Tabla 3: Descripción de espacios en el edificio

	Nº de espacios	Descripción	Superficie unitaria [m ²]	Superficie total planta [m ²]
Planta -1	6	Garaje	18,38	110,28
Planta Baja	4	Local	48,78	195,12
1 piso	4	Vivienda	98,75	395,00
2 piso	4	Vivienda	98,75	395,00
3 piso	4	Vivienda	98,75	395,00
4 piso	7	Trastero	22,35	395,00

En el plano nº3 que se incluye en el documento nº2 del presente proyecto, se pueden visualizar los espacios ocupados en cada piso del edificio así como la distribución de cada una de las dependencias habitables.

Planta baja:

En la vista aérea que se incluye en el apartado de anexos del presente documento se observan los espacios distintos de la planta baja, incluyendo el pasillo por el que se accede por la acera peatonal. También se detalla esta planta en el plano nº4 denominado "Sala de calderas".

En la sala de calderas se colocarán todos los equipos y componentes necesarios para la instalación, pero no todas las dependencias tendrán el mismo uso. Para mayor detalle, la superficie de cada una de las dependencias citadas se detalla en la tabla que sigue a continuación:

Tabla 4: distribución sala de calderas

Mano	Superficie [m ²]	Actividad
1I	71,36	Sala de calderas
2I	44,54	Sala de calderas
1D	48,78	Sin uso/otros usos
2D	39,96	Sin uso/otros usos

En definitiva, las salas 1I y 2I serán las que se utilizarán para la actividad anterior, la cuales suman una superficie útil total de 115,90 m².

Primera, segunda y tercera planta:

Como se ha indicado en apartados anteriores, estas tres plantas están idénticamente distribuidas en cuatro viviendas unifamiliares. Las dimensiones de cada una de ellas son las mismas, así como la superficie útil.

Los materiales de construcción también serán los mismos en todos los casos, por ello el cálculo de demanda y la instalación será menos complejo.

Cuarta planta:

Únicamente cabe destacar que en esta última planta no hay viviendas, y por lo tanto, no será necesario el abastecimiento de energía calorífica ni agua caliente. El uso que se le dará será el mismo que viene siendo hasta ahora; más concretamente, trasteros y lonjas para almacenamiento.

1.1.5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La construcción del edificio fue en el año 2009. En el segundo plano del *documento nº2: Planos*, se puede apreciar el alzado del edificio elegido para la instalación, así como su distribución por plantas y espacios. Como se ha mencionado en apartados anteriores, el edificio consta de 3 pisos de viviendas, otro de locales y otro de garajes.

Para la implantación de la instalación de calderas de biomasa, se tendrán en cuenta únicamente las viviendas.

Cada vivienda tiene una superficie total útil de entre 98,75 m² y 100 m².

1.1.5.1. RESUMEN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA INCLUYENDO LAS PÉRDIDAS

Las características de los elementos que formarán parte de la red, incluida la caldera, dependerán en gran medida de la demanda de energía térmica del edificio.

La demanda será el sumatorio de la demanda de agua caliente por residente y la demanda de calefacción.

1.1.5.1.1. AGUA CALIENTE SANITARIA PARA VIVIENDAS

En esta gráfica se pueden ver los meses donde mayor y menor demanda de A.C.S hay, siendo la mayor demanda a principios y finales de mes.

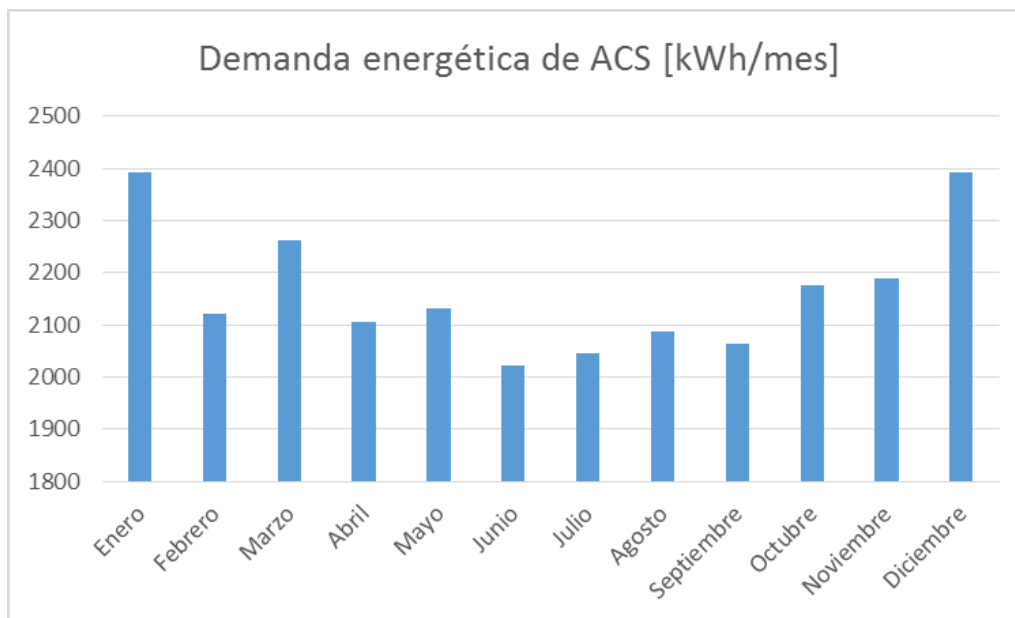


Imagen 8: Demanda de A.C.S mensual

Tal y como se observa en la gráfica, los meses con más necesidad de calor son enero y diciembre, por lo que se ha calculado la potencia máxima aproximada para esos casos adversos.

En la siguiente tabla se resumen los datos obtenidos en la memoria justificativa:

Tabla 5: datos para sistema A.C.S. para 60°C de temperatura

Personas edificio	Demanda por persona en L/día	Demanda total en L/día	Demanda anual en KWh	Demanda mensual en kWh	Potencia máxima en kW
48	28	1210	26000	2393	46,31

1.1.5.1.2. CALEFACCIÓN PARA VIVIENDAS

Como primer contacto y teniendo en cuenta los parámetros de la normativa del CTE (Código Técnico de la Edificación), se estiman que las características básicas del edificio serían las que se resumen en esta tabla:

Tabla 6: Características edificio

Tipo de vivienda	Emplazamiento	Número de plantas	Superficie por vivienda [m ²]	Potencia térmica necesaria por vivienda [kW]	Potencia térmica necesaria por edificio [kW]
Bloque de viviendas	Aislado	3	98,75	7,38	88,56

Esto sería un valor de referencia que se debería aproximar a la demanda de energía calorífica del edificio calculada en los siguientes puntos.

Como se indica en el mapa siguiente, se toma el emplazamiento como **zona climática D.1.** (de acuerdo con la tabla B.1. del Apéndice B del DB-HE1), ya que la localización se encuentra lo más próxima a Vitoria-Gasteiz y su altitud respecto al nivel del mar no supera los 500 metros.

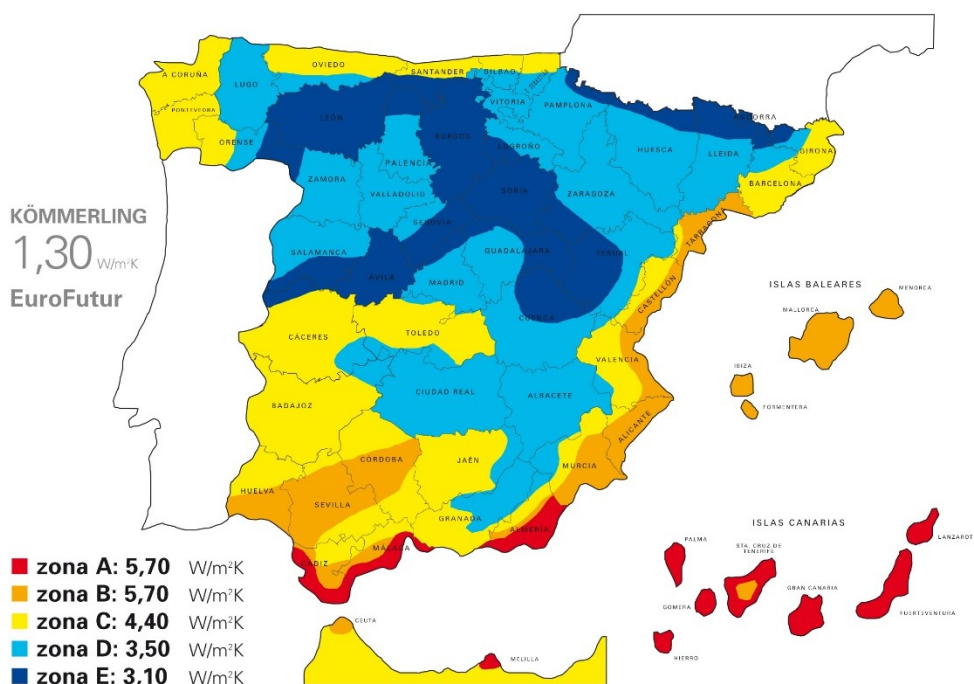


Imagen 9: Mapa de zonificación climática, transmitancia térmica máxima

Según lo establecido en el DB HE1 del Código Técnico de la Edificación, hay ciertos valores de transmitancia térmica, permeabilidad al aire de los huecos que no deben ser sobrepasados en el caso del edificio y sus características. Las características del edificio cumplen con lo que indican los parámetros de dicho Documento Básico.

En lo que se refiere a las pérdidas de calor, por lo general, las pérdidas que se tendrán en cuenta son las pérdidas por transmisión, ventilación e infiltración.

En los siguientes apartados se mostrarán cuadros resumen donde se indicarán los valores de las pérdidas totales de calor y diferenciadas por el tipo de pérdida.

PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN

Las viviendas disponen de diferentes superficies hacia el exterior, constituidas por distintos elementos que se deben analizar independientemente para conocer de una manera real el calor que se transfiere al exterior.

Las pérdidas totales por transmisión en cada vivienda tendrán el siguiente valor:

$$Q_{TRANS} = 2816,74 W$$

PÉRDIDAS POR VENTILACIÓN E INFILTRACIÓN

Sabiendo los datos de calor específico ($q_{INFI+VENTI}$) correspondiente a cada tipo de pérdidas en cada zona se ha calculado el valor total de pérdidas de este tipo por vivienda.

Por lo tanto, este valor final se puede visualizar de donde proviene y como se repartiría en la vivienda mediante la tabla que sigue a continuación:

Tabla 7: Perdidas térmicas totales por estancia en cada vivienda

PERDIDAS POR ESTANCIA	KW
Cocina	1,592
Despensa	0,160
Salón	1,076
Aseo 1	0,453
Dormitorio 1	0,326
Dormitorio 2	0,469
Dormitorio 3	0,820
Aseo 2	0,518
Zonas de paso	0,436
	5,854

De una forma más visual, se podrían dividir de la siguiente manera las pérdidas de potencia térmica en cada espacio habitable:

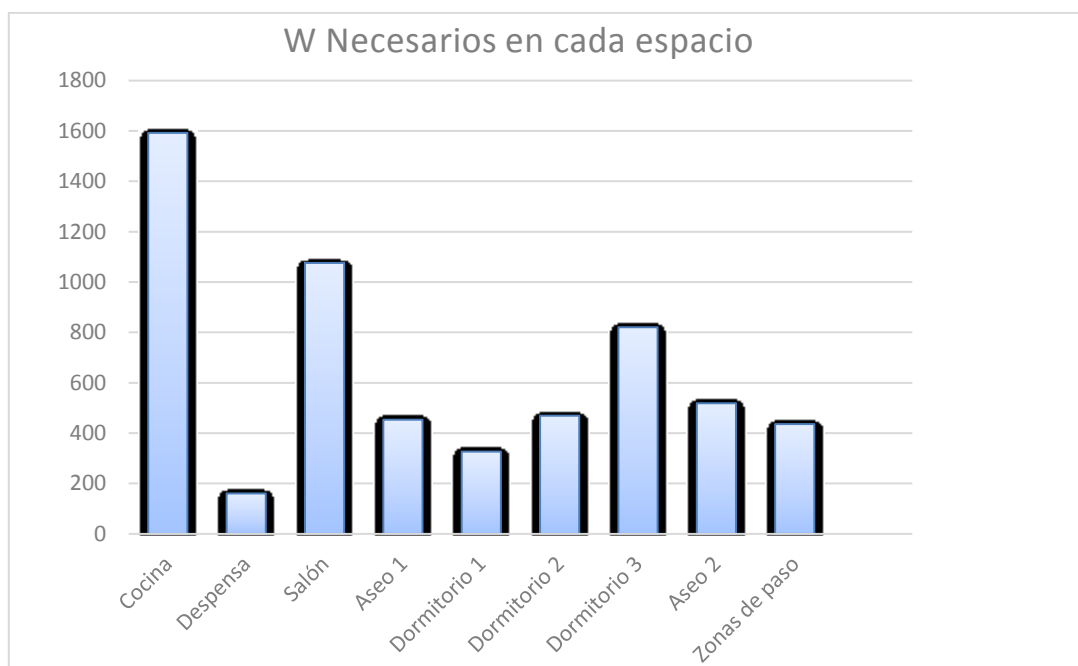


Imagen 10: Potencia necesaria repartida en espacios por vivienda

Las pérdidas de calor totales serían la suma de todas las pérdidas de las viviendas en el edificio. Por lo tanto, el valor de pérdidas de calor son las siguientes calculada en unidades de potencia:

Tabla 8: Resumen de valores de pérdidas por calefacción

$Q_{\text{INFILTRA+VENTILA}}$ [kW]	$Q_{\text{TRANSMISION}}$ [kW]	Pérdidas de potencia calefacción por vivienda [kW]	Pérdidas de potencia calefacción por edificio [kW]
3,037	2,816	5,85	70,32

OTRAS PÉRDIDAS A LO LARGO DEL CIRCUITO

A lo largo del sistema hidráulico también habrá que tener en cuenta las pérdidas que se puedan generar. Estas pérdidas se crean por el rozamiento del fluido en la tubería.

Para el cálculo de las pérdidas de carga del circuito, se utilizará la ecuación de Darcy-Weisbach que se podrá comprobar en la memoria justificativa.

Todas las pérdidas en el circuito hidráulico dependerán de las tuberías entre otros factores y elementos.

Debido a que la instalación ocupa un espacio no de grandes dimensiones, las longitudes por tramos de las tuberías serían diferentes entre sí y no muy elevadas. En el apartado

de cálculos se especifican las características básicas de las tuberías, adelantando los valores de diámetro en la siguiente tabla:

Tabla 9: Diámetro de tuberías por tramos

Tramo del circuito	Diámetro [mm]
Circuito primario	100
Circuito ACS - primer tramo	80
Circuito ACS – segundo tramo	50
Circuito calefacción – primer tramo	80
Circuito calefacción – segundo tramo	30

1.1.5.2. RESUMEN DE LA POTENCIA TOTAL NECESARIA

En resumen, la potencia térmica total requerida en la instalación sería de unos **130 kW**, dividida dicha potencia en diferentes tipos de demanda (ver cálculos en apartado de memoria justificativa).

Tabla 10: valores de potencias totales necesarias

Potencia A.C.S. [kW]	Potencia calefacción [kW]	Potencia total [kW]
46,31	84,38	130,70

Una vez obtenida la potencia total, se hará un estudio y se optará por la caldera más óptima que cumpliría los requisitos necesarios.

1.1.5.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS PELLETS

Dadas las características de la instalación que se llevará a cabo, se optará por el biocombustible en forma de **pellets**. Esta elección se fundamenta principalmente en el espacio disponible tanto en la sala de calderas como en la dependencia contigua a esta. Las instalaciones de pellets precisan solamente la mitad de espacio de almacenamiento que otros biocombustibles como pueden ser las astillas de madera. Aparte de esto, los pellets presentan mayor poder calorífico que las astillas, por lo que se requerirá un silo de almacenamiento de menores dimensiones para satisfacer la misma demanda energética.

El pellet es un combustible de madera seca y prensada en pequeños cilindros, sin aditivos. El peso específico del pellets a granel es de aproximadamente 600-700 kg/m³, mucho más alto que otros combustibles no prensados de madera como son las astillas.

El poder calorífico alcanza las 4200 kcal/kg, con una densidad energética de 3000-3400 kWh/m³.

A causa de su forma cilíndrica y lisa y de su bajo tamaño, el pellet tiende a portarse como un fluido, lo que facilita el movimiento del combustible y la carga automática de las calderas.

En cuanto a las características físicas de los pellets [2], se indican a continuación los datos más significativos de este tipo de biocombustible:

Tabla 11: Ventajas y desventajas de diferentes tipos de biomasa

Característica del biocombustible	Valores límite
Poder Calorífico Inferior (PCI)	> 4000 Kcal/Kg
Humedad	< 12%
Densidad	1000 – 1100 Kg/m ³
Contenido en cenizas	< 1,5 % sobre el peso total
Longitud	< 50 mm
Diámetro	4 – 10 mm

En el caso dado, se abastecerá la instalación de calderas a base de un pellet de calidad óptima, cuyas características cumplirán las exigencias que se detallan a continuación:

Tabla 12: Ventajas y desventajas de diferentes tipos de biomasa

Característica del pellet a suministrar	Valor exigido [%]
Humedad	< 10
Durabilidad mecánica	> 97,5
Contenido en cenizas	< 0,7
Contenido en finos	< 1-2
Contenido en azufre	< 0,05
Contenido en productos biológicos	< 2

En resumen, en la siguiente tabla se contemplan los pros y contras de cada tipo de biocombustible:

Tabla 13: Ventajas y desventajas de diferentes tipos de biomasa [2]

	Ventajas	Inconvenientes
Astillas	Disposición local	Mayor espacio de almacenamiento
	Menor precio que pellets	Mayores problemas de uniformidad y calidad
		Mayor requerimiento de operación y mantenimiento
Pellets	Combustible estandarizado	Mayor precio
	Menor espacio de almacenamiento	
	Menor requerimiento de operación y mantenimiento que para astillas	
Residuos	Menor precio que pellets y astillas	Mayor espacio de almacenamiento
	Disposición local	Posibilidad de problemas de emisiones o corrosión de calderas
	Menor requerimiento de operación y mantenimiento que para astillas	Mayor requerimiento de operación y mantenimiento que para pellet

Se puede observar que la que menores inconvenientes tiene es la biomasa en forma de pellet.

MATERIA PRIMA CONSUMIDA. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS PROCEDENTES DE INDUSTRIA MADERERA

Tal y como se ha mencionado anteriormente, en la Comunidad Autónoma del País Vasco existen diversas categorías de residuos de madera tratada en función del origen del foco generador de este residuo. Esta clasificación está ligada con los códigos LER que dividen la tipología de residuos en distintas categorías. Las cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14: Tipologías de residuos procedentes de la madera para transformar en biocombustible

CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE MADERA TRATADA		CÓDIGO LER	PROPIEDAD DEL RESIDUO
CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA		
RESIDUOS PROCEDENTES DE RECHAZOS DE FABRICACIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA 2ª TRANSFORMACIÓN			
Recortes de la segunda transformación de la madera	Recortes con procedencia en la industria del mueble	03 01 04	Empresas del mueble
	Recortes con procedencia en otras actividades	03 01 04	Según actividad
RESIDUOS DE PRODUCTOS INDUSTRIALES O URBANOS FUERA DE USO			
Residuos voluminosos	Muebles y enseres fuera de uso	20 01 37	Municipios/Garbiker/Mancomunidades
	Elementos de carpintería (marcos, ventanas, tarimas...)	20 01 37	Municipios/Garbiker/Mancomunidades
	Envases y embalajes	20 01 37	Municipios/Garbiker/Mancomunidades
Envases y embalajes	Envases pintados	15 01 03	Todos los sectores de la economía
	Envases sin pintar		
Residuos de Construcción y Demolición	Encofrados fuera de uso	17 02 04	Constructoras
	Madera estructural	17 02 04	Empresas de demolición
	Elementos de carpintería (marcos, ventanas, etc.)	17 02 04	Empresas de demolición
Traviesas	-	20 01 37	Renfe/Feve/Euskotren
Postes de redes eléctricas y telefónicas	-	20 01 37	Iberdrola/Telefónica/Particulares

En el caso de recortes procedentes de la transformación de la madera y otros residuos de construcción y demolición, estos resultan de gran interés para el aprovechamiento de energía calorífica mediante la generación de pellets.

Las principales ventajas de la generación de los pellets son las que siguen a continuación, algunas ya mencionadas en el apartado de las ventajas de biomasa:

- El precio de estos es bastante más bajo que el de los combustibles fósiles (por ejemplo, un 40% más bajo que el gasóleo).
- Mediante el uso del pellet no se depende de los continuos cambios en los precios de otros combustibles.
- Supone el uso de una energía renovable, la biomasa.
- Es un combustible inagotable.
- Tiene un alto poder calorífico y son emisiones CO₂-neutrales, con lo cual se contribuye a proteger el medioambiente.

1.1.5.4. MÉTODOS TERMOQUÍMICOS

Estos métodos son los más utilizados hasta el momento para utilizar el calor como fuente de transformación de la biomasa. Tienen la característica de estar muy desarrollados para la biomasa seca.

A pesar de la gran variedad de tecnologías que existen, la combustión es la más desarrollada hoy en día para la obtención de calor y electricidad. En el caso de esta implantación, se utilizará la combustión como medio de generación de energía calorífica.

COMBUSTIÓN

Es la oxidación completa de la biomasa por el oxígeno del aire a altas temperaturas entre 800 y 1000 °C. En esta reacción se libera agua, gas carbónico, cenizas y calor. Este último es utilizado para el calentamiento doméstico o industrial o en otras ocasiones para la producción de electricidad.

Tal como se detallará más adelante, la tecnología más difundida a escala comercial para llevar a cabo la combustión son las parrillas fijas, horizontales e inclinadas o las móviles y vibratorias. Las calderas de parrilla de biomasa no son diferentes de las usadas con otros combustibles como el carbón, si bien se incorporan modificaciones importantes de diseño para adaptarlas al nuevo combustible. Estas modificaciones pueden ser desde la geometría de la cámara de combustión, hasta las disposiciones de las superficies de intercambio.

En los últimos años se está imponiendo la tecnología de lecho fluido, usado tanto en plantas térmicas como termoeléctricas. La variante más difundida es la de tipo

burbujeante, debido a su mayor viabilidad económica en plantas relativamente pequeñas como son las de biomasa.

La tecnología de lecho fluido, presenta la ventaja de trabajar a temperaturas inferiores, lo que disminuye las emisiones de óxidos de nitrógeno y la formación de escorias. También presenta la ventaja de poder trabajar con biomasa heterogénea y con variabilidad del contenido de humedad.

FUNDAMENTO DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN

Este sistema de calefacción consiste en calentar un fluido para aprovechar la energía térmica útil y transmitirlo al ambiente de la zona a calentar. El calor generado en la caldera eleva la temperatura del fluido caloportador, y este se distribuye por la red de distribución de las viviendas.

Mediante un dispositivo de cesión, la energía térmica se transmite a los espacios donde se busca aumentar la temperatura. Estos dispositivos emisores pueden ser radiadores, suelo radiante, Francoils y aerotermos, siendo el primero de los que se ha mencionado el que se utilizaría en esta instalación.

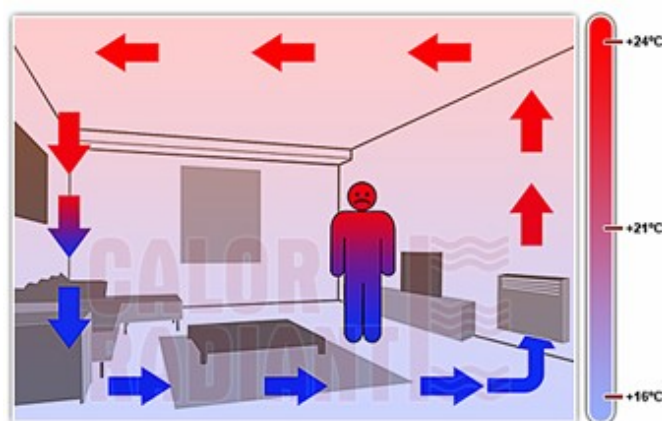


Imagen 11: proceso de convección en un fluido

Cuando el aire se calienta, se dilata y aumenta su volumen. Esto hace que el aire caliente sea menos denso que el aire frío que le rodea. Como consecuencia, el aire caliente que sale de los radiadores sube por encima del aire frío y asciende, mientras que el aire frío ocupa el más bajo al ser más denso.

A través del fundamento de los sistemas de calefacción por agua o también llamado convección, el fluido transmitiría el calor existente por movimiento de capas (y por tanto, partículas) desigualmente calientes de la misma manera que el aire caliente en los espacios de las viviendas.

1.1.5.5. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN DE BIOMASA

Los componentes principales de la instalación que se implantará en el edificio se describen en este mismo apartado. Para poder visualizar como irían conectados los elementos, se observa el esquema general que sigue a continuación:

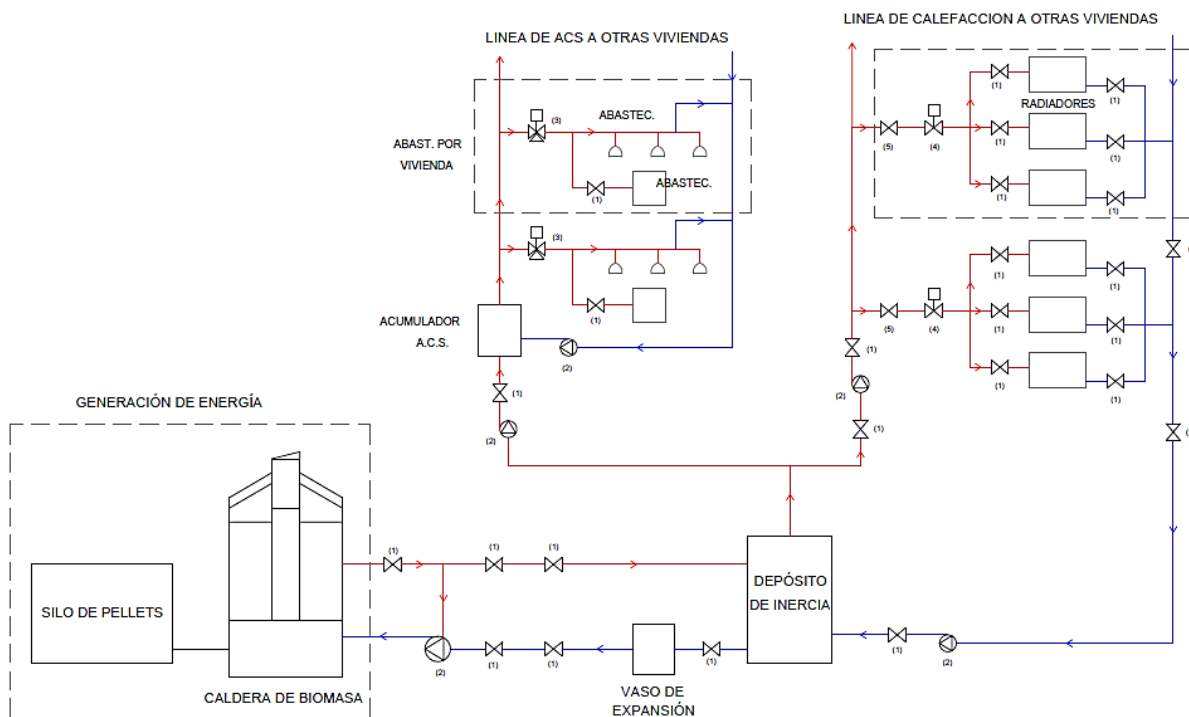


Imagen 12: Esquema general del circuito y sus elementos [doc. Nº2: planos]

Para entrar en detalle de la instalación sería recomendable consultar los planos correspondientes al documento nº2 del presente proyecto, especialmente al plano nº4 denominado "Sala de calderas".

1.1.5.5.1. CALDERA

Es el principal componente de la instalación en el cual se producirá la combustión de pellets.

Las calderas estarán ubicadas en la planta baja del edificio. Por ello, se realizará ventilación mediante colocación de una rejilla, así como los elementos de seguridad y protección contra incendios necesarios.

Entre las diversas opciones de calderas de biomasa que existen, para la central que ocupará lugar en Orozco se optará por una caldera de **combustión de lecho fijo o parrilla**. Ya que la central generará una cantidad importante de energía calorífica para abastecer a los habitantes del emplazamiento, resulta la mejor opción, solo por tener una tecnología eficiente, sencilla y económicamente viable entre otros motivos.

En estos sistemas la biomasa se encuentra depositada sobre un soporte físico denominado parrilla. Gran parte de la combustión se realiza sobre el soporte, introduciéndose el aire primario por la parte inferior de la parrilla, y parte se realiza por encima del soporte, donde se introducen los aires secundarios. En definitiva, en la parrilla se secará la biomasa y se quemarán las brasas (lo que son carbono fijo) y por encima de la parrilla se quemarán las materias volátiles en forma de llamas (esto se podrá apreciar en la imagen que sigue a continuación).

Estos tipos de calderas se clasifican en tres grupos en función de su escala y/o potencia:

- Calderas domesticas de pellets, siendo muy utilizadas en países como Austria, Italia y Alemania.
- Calderas para comunidades de vecinos o usos térmicos de pequeña escala: calefacción de distrito, edificios públicos o instalaciones deportivas.
- Calderas que superan el megavatio térmico y pueden presentar configuraciones especiales de parrilla y alimentación: parrillas inclinadas, vibratorias, móviles, en escalón y con avance por volteo. Este tipo de quemadores se usan para grandes potencias, llegando a instalaciones de 30 MW.

Para la instalación dada, se utilizara esta la segunda opción de caldera con parrilla.

En definitiva, la caldera por la que se ha optado para la instalación en el edificio, es la caldera industrial de agua caliente para biomasa Ferroli, modelo WM-F.

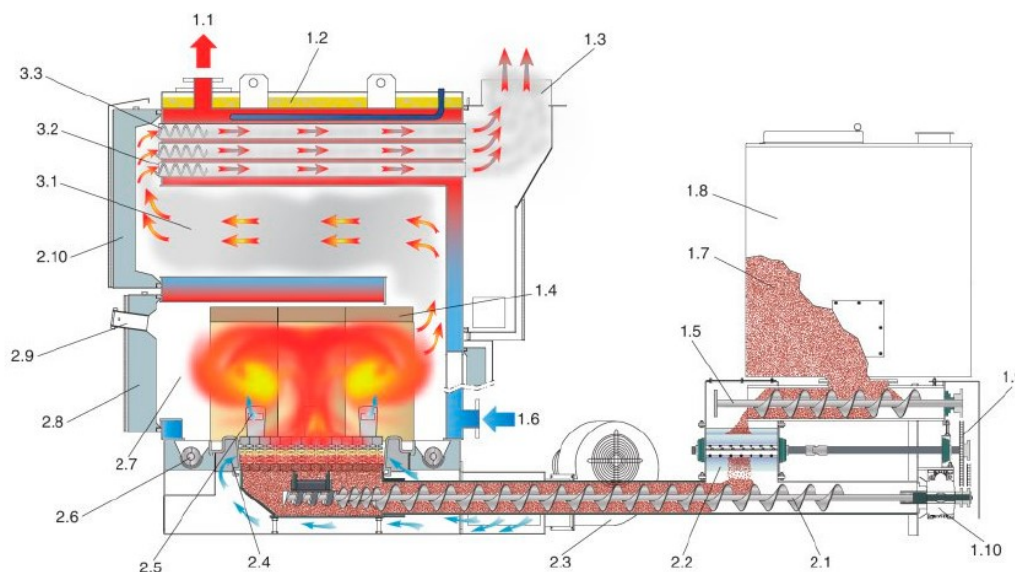


Imagen 13: Esquema de la caldera de parrilla con tornillo sin fin y otros componentes.

[11]

Los diferentes elementos de los que se compone la caldera de parrilla fija con el resto de instalación están enumerados en la imagen anterior, y se describen a continuación:

- 1.1. Salida de agua caliente de la planta a tuberías y radiadores.
- 1.2. Aislante.
- 1.3. Salida de humos de la combustión.
- 1.4. Paneles refractarios.
- 1.5. Tornillo superior.
- 1.6. Entrada de agua fría de alimentación al circuito.
- 1.7. Combustible en forma de pellets.
- 1.8. Espacio de almacenamiento.
- 1.9. Transmisión.
- 1.10. Motor del tornillo.
- 2.1. Tornillo sin fin.
- 2.2. Válvulas de estrella.
- 2.3. Ventilador eléctrico.
- 2.4. Entrada de aire primario (comburente).
- 2.5. Entrada de aire secundario (comburente).
- 2.6. Extractor de escorias.
- 2.7. Cámara de combustión.
- 2.8. Puerta inferior.
- 2.9. Cristal exterior.
- 2.10. Puerta superior.
- 3.1. Tubería o tubo central.
- 3.2. Intercambio de calor de fluidos.
- 3.3. Turbuladores.

Se trata de una caldera de combustión en dos etapas con revestimientos refractarios, compuesta de materiales resistentes y aislantes al exterior. Su sistema termostático asegura un alto rendimiento en todo momento y una seguridad anti incendios absoluta.

Las características básicas de la caldera se describen en la siguiente tabla:

Tabla 15: Datos técnicos de la caldera de pellets.

Características	Descripción
Eficiencia	90% aproximadamente
Potencia generada	180 kW
Contenido en agua	580 dm ³
Volumen de la cámara de combustión	0,47 m ³
Presión	3 bar
Hogar	Acuotubular, de parrilla

Otros datos de interés se pueden contemplar en el catálogo que se incluye en el apartado de anexos en el mismo documento.

Se han comparado otros tipos de caldera con la caldera WM-F, pero el sistema de alimentación horizontal resulta el más sencillo para recibir los pellets, ya que en otros casos al ser inclinado los pellets tenderían a ir en sentido contrario por gravedad y esto podría causar problemas. Mediante el sistema de tornillo sin fin horizontal, el espacio a ocupar es el mínimo y el funcionamiento es más sencillo, por lo que a la larga se evitarán posibles problemas.

COMPLEMENTOS DE LA CALDERA DE PELLETS

Entre los puntos identificados en la imagen anterior, cabe destacar varios de los componentes básicos que forman parte de la caldera y que hacen posible la combustión adecuada y controlada.

- Quemadores: serán de un modelo homologado por el Ministerio de Industria y Energía y dispondrán de etiqueta de identificación energética.
- Manómetros y termómetros: Estos medidores se colocarán en la parte más alta y adecuada.
- Bombas de recirculación: el motor eléctrico de cada caldera será acoplado directamente a la bomba por medio de acoplamiento semirrígido y todo el conjunto será montado sobre base de hierro fundido con taladros de sujeción. Las bombas estarán perfectamente equilibradas.
- Aislamiento: El aislamiento térmico será adecuado por todas las tuberías en las que pueda haber una pérdida o diferencia de temperatura.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Las calderas de pellets, como las de astillas, 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 de 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.

El encendido es automático y bastante rápido, gracias a una resistencia eléctrica.

1.1.5.5.2. DEPÓSITO DE PELLET

Para que la instalación tenga constantemente el biocombustible que demande a cada momento, serán necesarios unos equipos de almacenamiento de pellets denominados silos de almacenamiento, el cual se ubicará en la misma planta baja pero cerca de los accesos de entrada a la sala.

Es necesario que la instalación disponga constantemente del biocombustible que demande en cada momento. Por ello, se hacen indispensables unos equipos de almacenamiento del biocombustible. Estos se denominan silos de almacenamiento y se colocarán en la parte baja del edificio. Para una completa disposición, estos sistemas de almacenamiento se verán completos como mínimo al 50% de la capacidad total de todos ellos. Se abastecerán de las empresas que proveen a dicha sala de generación de calor de pellets en todo momento, y se aseguraría una posibilidad de abastecimiento durante las 24 horas del día para que en ninguna ocasión la demanda energética sea mayor a la oferta en cada instante. [8]

Para el diseño de estos silos de almacenamiento de biocombustibles nuevo, deben tenerse en cuenta factores tan diversos como son la carga térmica a cubrir, el tipo de combustible elegido, el espacio disponible, el tamaño del camión de recarga, la fiabilidad del suministro, etc.

El modelo más adecuado para la instalación de energía en el edificio sería uno de gran capacidad y dimensiones óptimas que se colocará en la parte más cercana a la puerta de entrada de la sala por donde entrará la recarga de biomasa cuando sea necesario.

El volumen total que alcanzará el silo depende directamente de factores como la densidad de la biomasa elegida para el sistema de calefacción de todas las viviendas, por lo que no es posible dar valores indicativos generales. En el caso que ocupa, al tratarse de pellets y tener un mayor grado de estandarización en comparación con otros biocombustibles, es más factible la indicación de sus dimensiones orientativas. Para los silos de almacenamiento nuevos a instalar, se recomienda al menos un volumen equivalente a la condición de que se realice el menor número de recargas de silos al año posibles.

En las tablas que se observan a continuación, se indican los valores obtenidos necesarios para cubrir la demanda de energía térmica mediante la elección de un silo de almacenamiento con sus dimensiones adecuadas.

Tabla 16: Cálculos de demanda anual del silo de almacenamiento

Demanda [kWh]	PCI [kWh/kg]	Masa o capacidad [kg]	Volumen [m ³]
77283,31	5,23	14776,92	14,777

Para una demanda de energía calorífica (A.C.S. + calefacción) total del edificio en un año, se estima un Poder Calorífico Inferior medio de 5,23 kW/kg de pellets, por lo que es de relevancia saber la masa de biocombustible necesaria anual.

Tabla 17: Cálculos de demanda anual del silo de almacenamiento

PCI [kWh]	A _{SILO} [m ²]	Altura h [m]	Densidad [kg/m ³]	Energía [KJ]	Demanda anual [KJ/s]
5,23	7,38	2	1.000	278.219.902	77.283,30

Teniendo en cuenta que las propiedades del biocombustible podrían variar negativamente estando 1 año almacenado, se dispondrá de un silo de dimensiones necesarias para almacenar toda esa energía calorífica en forma de pellets, pero aun así se procurará realizar al menos dos recargas anuales de biomasa para no almacenar el 100% del biocombustible desde el inicio hasta el final del año.

Para mayor comodidad, el camión podrá estacionar en la zona más próxima al acceso y de esta manera, a través de una manguera adecuada para la transferencia de pellets, se transportarán desde el camión hasta el silo de almacenamiento.

MODELO DE SILO DE ALMACENAMIENTO

El silo de almacenamiento que se elegirá para la implantación de biomasa en la planta baja del edificio, está específicamente indicado para este tipo de instalaciones, ya que son de altura no muy elevada y especialmente preparados para interiores.

Por lo tanto, se implantará un silo modelo SUCCE sencillo y fiable que no tendrá efectos adversos sobre el medio ambiente tanto al aire libre o en interiores (como es el caso dado).



Imagen 14: Silo de almacenamiento modelo SUCCE de 6 secciones. [8]

El silo está construido con láminas resistentes a la corrosión con el material Aluzinc, y está equipado con un tubo de llenado, incluyendo alimentación, distribuidor, cubierta y puerta de inspección con ventana. El tubo de llenado se puede montar en cualquiera de los extremos, y el silo se vacía de la parte inferior con la ayuda de un sinfín de alimentación previamente mencionado.

Tabla 18: Datos técnicos del silo de almacenamiento

Características	Descripción
Número de secciones	4
Longitud por sección	1 metro
Ancho	1,8 metros
Altura	2,12 metros
Volumen	9,5 m ³

Por último, mencionar que el sistema de alimentación del pellet irá conectado en función de la demanda y mediante reguladores, conductos, válvulas y sistemas de control.

1.1.5.5.3. SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE LA ENERGIA CALORÍFICA

El artículo 2 de la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios define «sistema urbano de calefacción» o «sistema urbano de refrigeración»: distribución de energía térmica en forma de vapor, agua caliente o fluidos refrigerantes, desde una fuente central de producción a través de una red hacia múltiples edificios o emplazamientos, para la calefacción o la refrigeración de espacios o procesos.

1.1.5.5.3.1. TUBERÍAS

Las tuberías que compongan el sistema hidráulico serán de cobre, y gran mayoría de ellas estarán instaladas previamente. Únicamente se implantarán nuevas tuberías en la planta baja y a la salida de la caldera, ya que cada vivienda cuenta con instalación propia.

El fluido caliente experimentará unas pérdidas de calor en su avance por la tubería a lo largo de todo el circuito, especialmente aquellas que están en contacto con el aire. Para evitar lo máximo posible esto, se aislarán térmicamente las que se ubiquen en la planta baja del edificio con un material específico para este tipo de instalaciones. El material con el que se aislarán las tuberías será coquilla tipo ISOVER o similar, cuyo espesor mínimo se tomará de la tabla que se muestra a continuación, en función del diámetro de diseño y la temperatura del fluido a la que se encontrará en la mayoría del tiempo.

Tabla 19: Espesores de aislamiento de tuberías accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior del edificio [I.T.1.2.4.2.1]

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...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

Teniendo como dato que el diámetro de la tubería del circuito primario que se ubica en la planta baja es de 100 milímetros, el espesor rondará los 30-40 milímetros alrededor de la tubería.

Independientemente de los aislantes térmicos que se colocarán en estas, se calcularán las pérdidas de carga de este tramo debido al desplazamiento del agua. Estas pérdidas son pérdidas de presión debidas al rozamiento del fluido con las paredes de la tubería. Para ello, se hace necesario el empleo de bombas que impulsen el agua en distintos tramos.

Se utilizará la expresión de Darcy-Weisbach para el cálculo de pérdidas de carga.

Los valores más significativos se resumen en esta tabla:

Tabla 20: pérdidas de carga por tramos y otras características

Tramo circuito	Caudal [m ³ /s]	Longitud tramo [m]	Diámetro tubería [m]	Pérdidas de carga h _f [m.c.a.]
Circuito primario	0,0078	6	0,10	0,039
Circuito ACS: primer tramo	0,00502	4	0,08	0,035
Circuito ACS: segundo tramo	0,00196	14	0,05	0,214
Circuito calefacción: primer tramo	0,00502	2	0,08	0,018
Circuito calefacción: segundo tramo	0,000706	20	0,03	0,381
	TOTAL	46		0,438

1.1.5.5.3.2. VASO DE EXPANSIÓN

El vaso de expansión resulta un elemento fundamental en este tipo de instalaciones, ya que es el encargado de controlar los cambios de presión. Este elemento, el cual se conectará al circuito hidráulico mediante tuberías tras la caldera de biomasa, será capaz de soportar los cambios de temperatura (y con esto los cambios de presión).

El modelo de vaso de expansión seleccionado es el 100 CMF con las principales características que se ajustan al circuito primario:

Tabla 21: Características vaso de expansión [17]

Modelo	Peso [kg]	Capacidad [L]	Presión máx.[bar]	Diámetro D [mm]	Altura H [mm]
100CMF	18	100	6	485	650

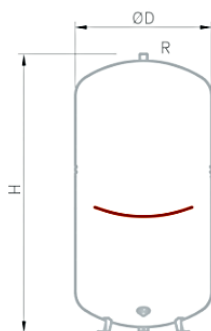


Imagen 15: Esquema simple del vaso de expansión [17]

Se ha decidido instalar un vaso de expansión cerrado, ya que en comparación con los de tipo abierto, resulta más sencillo su montaje, no absorben oxígeno y eliminan las pérdidas del fluido caloportador (el agua caliente) por evaporación, evitando así la corrosión provocada por el agua de reposición.

1.1.5.5.3.3. PURGADORES

Existirán puntos de purga para liberar el aire que se acumule se libere del circuito. En el circuito, al ser cerrado, se crean puntos altos debido al trazado. Se utilizarán estos puntos para comprobar el correcto funcionamiento de las válvulas, por lo que los purgadores estarán próximos a las válvulas.

1.1.5.5.3.4. BOMBAS DE CIRCULACIÓN

Una bomba es un elemento que incrementa la energía de un determinado caudal de líquido, pudiendo funcionar en infinitos puntos, definidos por sus curva características.

Las bombas están arrastradas por motores asíncronos que giran a una velocidad dependiente de la carga pero con pequeña oscilación, por lo que puede considerarse suficientemente constante.

En las instalaciones de A.C.S. se emplean bombas en el circuito primario para transferir el calor desde el circuito de calderas hasta el de agua de consumo; bombas de secundario cuando la producción se realiza por acumulación, y bombas de recirculación del agua por todo el edificio.

El circuito primario es un circuito cerrado en el cual el agua tiene muy poca agresividad, mientras que los circuitos secundarios y de recirculación son circuitos abiertos, en los que se está recibiendo de manera continua agua de consumo, la cual es mucho más agresiva con los materiales que constituyen la instalación. [6]

La instalación requiere una energía, proporcionada por la bomba, para hacer trasegar un determinado caudal entre sus extremos. Dicha energía necesaria depende del caudal que pasa por la tubería.

Uno de los factores más relevantes a la hora de instalar una bomba adecuada, es la presión que tiene que conseguir la bomba para que el abastecimiento sea óptimo hasta en los casos de mayor demanda.

Para las bombas que se instalarán en el circuito, se han tomado como referencia los siguientes caudales nominales máximos de cada tramo en el que se ubicarán las bombas:

Tabla 22: Descripción de las bombas del circuito hidráulico y caudales

Denomin. bomba	Caudal [m ³ /h]
Q _{ALIM. CALEF.}	18,07
Q _{RECIRC. TOTAL}	28,08
Q _{ALIM. ACS}	18,07
Q _{RECIR. ACS}	18,07
Q _{MEZCLADORA}	28,08

Para las distintas bombas se ha determinado un valor de presión a la que trabajará cada una de ellas en función de la altura a la que se colocará cada bomba, altura al suministro más desfavorable y pérdidas de carga, teniendo en cuenta siempre que existirá una presión mínima.

Bomba de alimentación del circuito de calefacción:

$$Pt = 37,399 \text{ m. c. a.}$$

Se ha optado por un sistema de bombeo que trabaja a 40 m.c.a. con un caudal de 20m³/h, más concretamente el modelo “GDVF-Roma 10.8T”

Bomba de recirculación del circuito de calefacción:

En este circuito se suman las corrientes de agua que provienen de todas las viviendas (cada una en su momento preciso), por lo que la cantidad de agua que pasará en un tiempo determinado será mayor al caso del circuito de alimentación.

Bomba de alimentación del sistema de A.C.S.:

La presión de trabajo de la bomba en este tramo del circuito será:

$$Pt = 37,25 \text{ m. c. a.}$$

Igualmente que para el caso de la bomba de alimentación del sistema de calefacción, se ha optado por un sistema de bombeo que trabaja a 40 m.c.a. con un caudal de 20m³/h, es decir, el modelo “GDVF-Roma 10.8T”.

Bomba de recirculación del sistema A.C.S.:

En este tramo, la presión de la bomba de recirculación debe ser la necesaria para compensar, únicamente, las pérdidas de carga del trazado de retorno.

Ya que las características de la tubería son las mismas al caso anterior, se instalará el mismo grupo de presión modelo GDVF-Roma 10.8T.

Bomba mezcladora del circuito primario:

En este caso, el grupo de presión que se instalará será el modelo “GDVF-Roma 20.6T” con una presión de trabajo de 40 m.c.a. y un caudal nominal máximo de 30m³/h.

Tabla 23: Selección bombas serie Roma

Caudal (m ³ /h)	Altura manométrica (m.c.a.)					
	40	50	60	70	80	90
10	GDVF-Roma 10.4 T	GDVF-Roma 10.5 T	GDVF-Roma 10.6 T	GDVF-Roma 10.8 T	GDVF-Roma 10.8 T	GDVF-Roma 10.8 T
15	GDVF-Roma 10.6 T	GDVF-Roma 10.6 T	GDVF-Roma 10.8 T	GDVF-Roma 10.8 T	GDVF-Roma 10.10 T	GDVF-Roma 10.10 T
20	GDVF-Roma 10.8 T	GDVF-Roma 10.10 T	GDVF-Roma 10.10 T	----	----	----
30	GDVF-Roma 20.6 T	GDVF-Roma 20.7 T	----	----	----	----

En general, este tipo de bombas hidráulicas disponen de estas opciones de maniobra:

- Una bomba regulada fija y bombas auxiliares en cascada.
- Alternancia de bomba regulada y bombas auxiliares en cascada.
- Una bomba regulada fija y alternancia en bombas auxiliares.



Imagen 16: Bomba vertical serie Roma [16]

Según los datos que figuran en el catálogo del fabricante, estas son las características técnicas de los grupos con variador de frecuencia:

Tabla 24: Otras características de las bombas para la instalación

Tipo bomba	Potencia [c.v.]	Ancho [mm]	Largo [mm]	Alto [mm]
Roma 10.8T	4+4	650	550	1300
Roma 20.6T	4+4	650	550	1300

1.1.5.5.3.5. RADIADORES

Son los elementos más empleados en las viviendas como elementos interiores de calefacción. El lugar más apropiado para el emplazamiento de los radiadores es la pared más fría de cada espacio, con lo que se reduce el efecto pared fría.

Los radiadores que están implantados en la instalación anterior son perfectamente válidos para satisfacer la demanda de calor durante el día de condiciones más adversas. Todos los radiadores están correctamente aislados entre sí para no interrumpir el servicio en el resto de la instalación si fuera necesario aislar alguno de estos. [15]

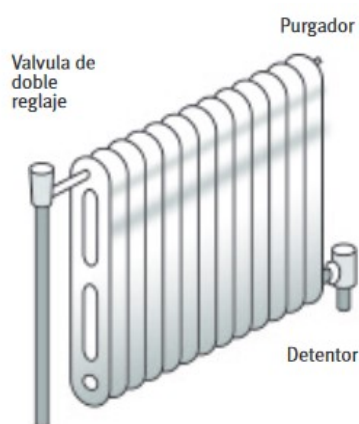


Imagen 17: Radiador básico con componentes que lo constituyen [6]

La potencia en forma de calor de cada uno de los elementos se indica en las características básicas del radiador, dependiendo de la marca comercial.

En el caso que ocupa, la potencia de dicho elemento calefactor es de unos 140 kcal por hora, por lo que en la siguiente tabla se puede observar el número de componentes por radiador y por zona habría que instalar (o tener instalado) como mínimo.

Tabla 25: Cálculo del número de elementos calefactores en cada espacio de la vivienda

Dependencia	nº Elementos
Cocina	10
Despensa	1
Salón	7
Aseo 1	3
Dormitorio 1	2
Dormitorio 2	3
Dormitorio 3	5
Aseo 2	4
Zonas de paso	3
	38

El número de elementos calefactores por cada radiador supera el necesario en cada espacio de la vivienda.

1.1.5.5.4. SISTEMAS DE REGULACIÓN

Los sistemas de regulación se basan en la variación de emisión de energía térmica de los radiadores cuando se modifica la temperatura del agua. Esta temperatura se adecua en función de la del exterior, siguiendo una relación entre la temperatura en el exterior y la temperatura que llega a los radiadores.

Para la regulación de la calefacción en las viviendas, se cuenta con termostatos de ambiente en cada una de ellas. Se colocará una válvula motorizada a la entrada de la tubería en cada vivienda que sea capaz de desconectar toda la red de abastecimiento a la vivienda en un caso dado. Dichas válvulas pueden cortar el paso del fluido cuando la temperatura es muy elevada, o para elegir la temperatura que se quiere proporcionar en cada espacio de las viviendas.

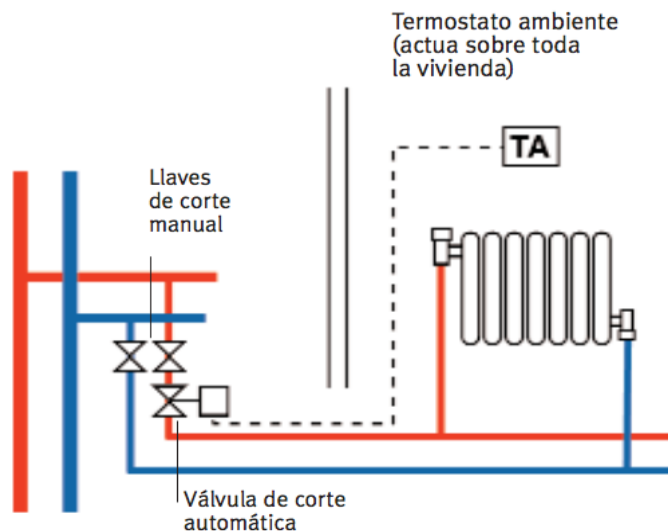


Imagen 18: Elementos de regulación de los radiadores. [5]

Por otro lado, los intercambiadores de calor en los depósitos de acumulación serán de serpentines. Los serpentines están inmersos en el interior de los depósitos y requieren sólo una bomba que circule el agua desde los colectores.

A continuación se observa el sistema de acumulación de temperatura a un mínimo de 60 °C con los elementos de regulación correspondientes.

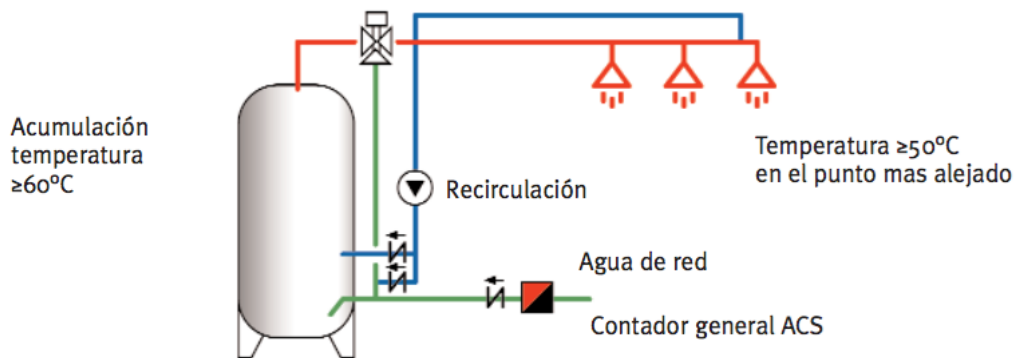


Imagen 19: Elementos de regulación del circuito de ACS. [5]

Como se observa, la válvula de tres vías va colocada a la salida del depósito de acumulación. Esto permite acumular el agua a altas temperaturas y distribuirla en las condiciones compatibles con el consumo y la demanda requerida en cada momento.

Para regular la instalación se instalarán válvulas de diferentes modelos y tamaños en cada punto del circuito hidráulico. En el caso del circuito primario, se instalarán válvulas de bola y una anti retorno.

En lo que se refiere al circuito de calefacción se emplearán válvulas de bola para la regulación del fluido en las tuberías y radiadores. Estas válvulas incluyen un buen sellado y son adecuadas para esta instalación. Se contará con una llave de corte manual en cada vivienda por cuestión de seguridad, así como los medidores de presión y temperatura considerados.

Por último, en el circuito de distribución de agua caliente sanitaria, se instalarán válvulas de mariposa. Se trata de las válvulas económicas más comunes para sistemas con servicio municipal de agua. [14]

Las válvulas serán de bronce o latón para diámetros mayores y presiones inferiores, y de acero para los tramos donde mayor presión haya. Se instalará una válvula de seguridad a la entrada del agua.

1.1.5.5.5. DEPÓSITO DE INERCIA

Durante una gran parte del periodo de calefacción en invierno y por estadística, el consumo promedio de calor es menos del 50% de la potencia térmica nominal. No obstante, se ha previsto un depósito de inercia para aprovechar la energía de manera económica y ecológica.

Este equipo administra el calor de manera inteligente; absorbe el exceso de calor y lo devuelve a la red de calefacción, si fuera necesario, sin necesidad de encender de nuevo la caldera. [19]

Con esto, se puede llegar a reducir el número de arranques del quemador de la instalación, y por lo tanto, menor consumo. Resulta un apoyo a la caldera que permite ahorrar en combustible y alargar la vida útil de la caldera.

Existe una estimación como norma general en función del tipo de caldera. Para el caso dado, el volumen recomendado para la suma del depósito de inercia y el acumulador de A.C.S. para calderas de pellets es de aproximadamente 20 litros/KW.

Se ha optado por un depósito de inercia estratificado de marca Fröling y 2200 litros de capacidad. El sistema de conducción en capas garantiza una exacta estratificación de la temperatura en el depósito y de esta manera se obtiene un rendimiento energético ejemplar y una elevada potencia de llenado.

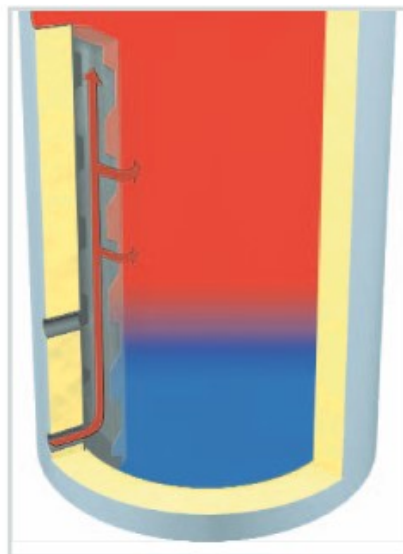


Imagen 20: Depósito de inercia Fröling con estratificación [19]

Se han recopilado los datos más destacables en la siguiente tabla (los anexos de fichas técnicas se detallan otras especificaciones del producto):

Tabla 26: Características básicas del depósito de inercia

Características	Descripción
Capacidad depósito	2200 litros
Presión de trabajo permitida	3 bar
Temperatura de trabajo permitida	95 °C

1.1.5.5.6. DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN

El depósito acumulador elegido se adecúa a las necesidades de cada una de las viviendas, por lo que será de acuerdo a la demanda diaria de las viviendas.

En este caso, se instalará un de acumulación de ACS para contar en todo momento con una reserva de agua caliente para las viviendas.

El depósito elegido será el Acumulador Lapesa Geiser Inercia G 1500 IF, de 1500 litros de capacidad.

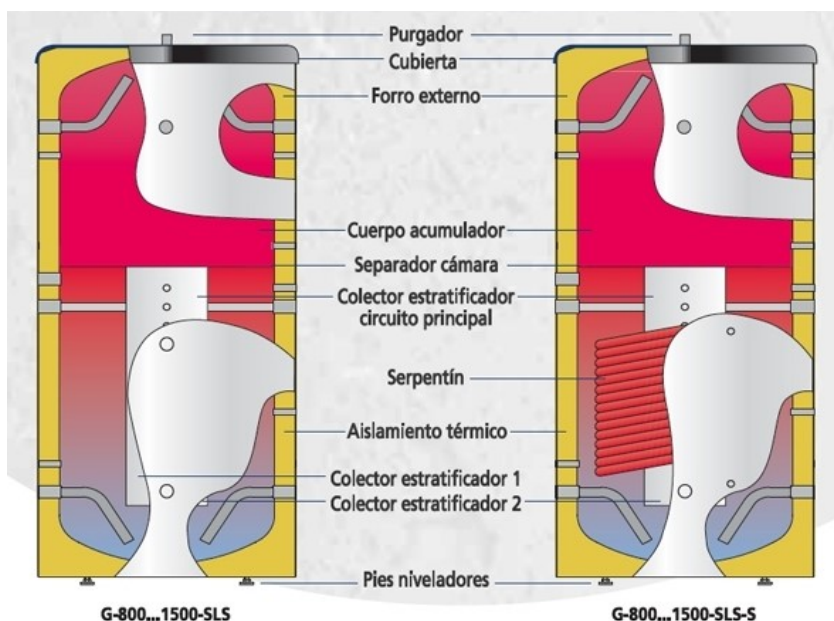


Imagen 21: Elementos de acumulador de A.C.S. [13]

Este depósito cuenta con aislamiento térmico y un forro externo.

1.1.5.5.7. SALIDA DE HUMOS

Para que los gases de combustión se liberen al exterior por algún sitio, será adecuado instalar una chimenea. Su material será resistente a la toxicidad o corrosión de los humos que puedan estar en contacto con las paredes de esta.

Más concretamente, se instalará una tubería de acero especial con un recubrimiento anticorrosivo compuesto por fibra y otros materiales. Esta chimenea acumulará todos los humos que se puedan generar en la sala de calderas situada en la planta baja del edificio a causa de la combustión.

1.1.6. PLAN DE OBRA

El desarrollo de la instalación será de una duración no muy elevada. Haciendo una primera estimación, se calculan unos 12 días para realizar la primera fase. Se describe a continuación una planificación de cada una de las fases del proyecto que se llevaría a cabo.

Dentro de la fase de construcción se seguirán los siguientes pasos: ingeniería y trámites administrativos, suministro de equipos, montaje de la instalación, puesta en marcha...

Más concretamente, la planificación de la obra estará dividida en 4 fases, las cuales se describen a continuación:

1.1.6.1. INGENIERIA Y TRAMITES ADMINISTRATIVOS

La instalación será realizada por una empresa instaladora consolidada en el sector, con una dotación de los medios necesarios, conocimiento y experiencia.

En esta fase se procesarán los estudios técnicos y documentos administrativos. En una cifra aproximada, el Director del proyecto emplearía alrededor de 20 horas mientras que los ingenieros le dedicarían unas 70 horas aproximadas.

Se cumplirá en todo momento con lo establecido por el Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo y demás normativa en materia de seguridad.

1.1.6.2. SUMINISTRO DE EQUIPOS

El suministro de equipos será de breve duración, dándole mayor tiempo a la caldera de biomasa. Se estiman unos 3 días para reunir todos los equipos y componentes necesarios para la instalación a un mismo punto.

1.1.6.3. MONTAJE DE LA INSTALACION

Se procederá al montaje de la instalación con todos sus componentes, incluido el esquema eléctrico, elementos hidráulicos y elementos de protección contra incendios.

1.1.6.4. PUESTA EN MARCHA

A continuación se resume mediante una tabla el tiempo aproximado de cada una de las tareas que se realizarían en dicha instalación:

Tabla 27: Diagrama para las tareas de puesta en marcha

FASE DE OPERACIÓN		DÍAS													
		Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Siete	Ocho	Nueve	Diez	Once	Doce		
1	Ingeniería y trámites administrativos	X													
2	Suministro de equipos		X												
3	Montaje de instalación			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	3.1. Colocación de caldera		X	X											
	3.2. Colocación de silo de biomasa			X	X										
	3.3. Colocación de tuberías y circuito de distribución					X	X	X							
	3.4. Instalación del acumulador y accesorios							X	X						
	3.5. Instalación del sistema auxiliar									X	X				
	3.4. Suministro de biocombustible											X	X		
4	Puesta en marcha														X

Tras la puesta en marcha, se daría por finalizada la fase de construcción y se daría lugar a la fase de ejecución, cuya duración será la misma que la vida útil de la instalación. Finalmente, cuando ya no se le de uso al sistema, se dará el comienzo de la tercera y última fase; la fase de desmantelamiento.

1.1.7. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Como se ha analizado en el documento nº4, el presupuesto se resume en la siguiente tabla:

Tabla 28: Resumen del presupuesto total

PRESUPUESTO TOTAL	
4.2.1. Caldera de biomasa y A.C.S.	23.387,08 €
4.2.2. Salida de humos	808,18 €
4.2.3. Silo de almacenamiento	3.324,00 €
4.2.4. Valvulería y montaje hidráulico del circuito primario	7.448,20 €
4.2.5. Circuito eléctrico y de control	1.376,52 €
4.2.6. Ingeniería y dirección de obra	15.840,00 €
4.2.7. Seguridad y salud	3.556,63 €
Subtotal	55.740,61 €
Beneficio Industrial (5%)	2.787,03 €
Imprevistos (4%)	2.229,62 €
I.V.A. (21%)	11.705,53 €
PRESUPUESTO TOTAL	72.462,79 €

El importe de ejecución del proyecto de Instalación de A.C.S. y calefacción mediante energía de biomasa para edificio de viviendas en Orozco asciende a 72.462,79 €, **setenta y dos mil cuatrocientos sesenta y dos euros con setenta y nueve céntimos.**

1.1.8. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

1.1.8.1. AGUAS RESIDUALES Y VERTIDOS

Las únicas aguas residuales que se generarán en el centro serán las aguas de los aseos y de las casetas durante el montaje y la instalación del sistema que se implantará.

Los posibles vertidos accidentales que se den serán controlados y recogidos con los sistemas de retención previstos.

1.1.8.2. EMISIONES DE GASES PARTÍCULAS A LA ATMÓSFERA

Las emisiones a la atmósfera, son las producidas por el trasiego de camiones y por el movimiento del material en las operaciones de carga y descarga. Este caso vendría dado mayormente durante la primera y última fase del proyecto a llevar a cabo.

Es por esto que se considera que no son significativas al realizarse estas operaciones de manera puntual y con frecuencia descendente.

Por otro lado, cabe destacar que las emisiones que se generan indirectamente al generar los pellets son mucho menos significativas que en otros casos de centrales de obtención de la energía, en la cuales los valores de emisiones de NOX, COX y SOX son importantes.

La central de biomasa emite gases de NOX y COX, pero es destacable el hecho de que el Gas Natural emite 0,252 Kg de CO₂ por KWh generados.

1.1.8.3. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PRODUCIDOS

La mayor parte de los residuos que se generarán tanto en la fase de construcción (mayormente hormigón y diversos metales) como en la fase de ejecución (cenizas e inquemados) serán de carácter no peligroso. Como habrá reducidas cantidades de residuos contaminantes y peligrosos, se tratarían en ese caso con extremada precaución y se entregarán a un gestor autorizado de residuos.

Una vez realizada la combustión también habrá un sistema de regulación que gestionará los residuos o productos que salgan de la caldera.

1.1.9. RESUMEN DE LA NORMATIVA APLICABLE

En el presente documento de ha tenido en cuenta la siguiente legislación:

- Artículo nº2 de la Directiva 2010/331/UE relativo a la eficiencia energética de los edificios.
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- Comunicación de la Comisión Europea COM/2005/628, de 7 de diciembre de 2005, sobre la promoción del uso de la energía de biomasa.
- Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE). (BOE de 29 de agosto de 2007) y su posterior corrección (BOE 28 de febrero de 2008).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC BT. Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto.
- Resolución de 12 de diciembre de 2012, de la Secretaría de Estado de Energía, por la que se publica la Resolución de 13 de noviembre de 2012, del Consejo de Administración del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, por la que se establece la convocatoria y bases reguladoras para la habilitación de empresas colaboradoras en el programa para la ejecución de proyectos de biomasa térmica en edificios.
- Real Decreto, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.
- Código Técnico de las Edificación (CTE), aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Se destacan los documentos:
 - o Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE).
 - o Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE).
 - o Documento Básico de Seguridad frente a Incendios (DB-SI).
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).
- La caracterizar un combustible, la norma CEN/TS 14778 establece el procedimiento para la recogida de una muestra representativa del conjunto de material.
- La norma CEN/TS 14961 define las clases de biocombustibles y enumera las especificaciones de los productos comercializados, como astillas o pacas de paja.

1.2. MEMORIA JUSTIFICATIVA

1.2.1. INTRODUCCIÓN A CÁLCULOS: DATOS DE PARTIDA

Como se ha detallado en apartados anteriores, cada vivienda tiene una superficie total útil de entre 98,75 m² y 100 m². No obstante, para realizar los cálculos se considerará que todas las viviendas tendrán la misma superficie, ya que la diferencia no supondrá ningún cambio en los resultados de demanda de energía.

1.2.2. DEMANDA ENERGÉTICA

Para poder determinar las características de las calderas y el número de estas que se van a implantar, es necesario saber la demanda energética de cada vivienda para hacer una estimación. Dicha demanda será extrapolada al número de viviendas del edificio y de esta manera se calcularán las dimensiones de la instalación.

También se considerarán las pérdidas de calor relevantes para la instalación, las cuales dependerán de la climatología en el exterior, los materiales de las viviendas y del edificio, entre otros factores atmosféricos y estructurales.

A continuación se detallarán todos los factores que se han tenido en cuenta para el cálculo de la demanda de calor y el número de calderas a instalar.

1.2.2.1. CÁLCULO DEMANDA ACS Y CALEFACCIÓN

1.2.2.1.1. AGUA CALIENTE SANITARIA PARA VIVIENDAS

El RD 865/2003 y la norma UNE 100030 prescriben que la temperatura del agua de retorno al sistema de preparación y acumulación de agua caliente para usos sanitarios sea mayor que 50 °C.

Tal y como el apartado 4.1. de la sección HE4 “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria” explica, se calcula la demanda energética de referencia de ACS para una temperatura de 60 °C. Para ello, en la tabla que sigue a continuación, se determina el valor de la demanda en litros/día por unidad en función del uso del edificio:

Tabla 29: Demanda de referencia a 60 °C

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

La unidad en esta tabla se refiere a persona tal y como se puede apreciar en la tercera columna. En uso residencial privado el número de personas se calcula en función del número de dormitorios de la vivienda. Para esto, se observa la siguiente tabla:

Tabla 30: Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Según lo que indica la tabla, ya que todas las viviendas del edificio tienen un total de 3 dormitorios, se estimará por vivienda una media de 4 personas.

Para edificios de viviendas plurifamiliares, se aplicará un factor de centralización en función del número de viviendas con el que se cuente para hacer el cálculo. Ese factor afectará al valor de la demanda diaria de ACS a 60 °C. Este factor se obtiene de la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 31: Valor del factor de centralización [DB HE4]

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

Para el caso que ocupa, al tratarse de una instalación de 12 viviendas, se tendrá en cuenta el factor de centralización 0,90 al estar entre 11 y 20 viviendas.

Ya que los edificios serán de uso residencial privado y todas ellas constarán de 3 dormitorios:

El criterio de demanda anteriormente señalado en la tabla es de 28 litros/día por persona para uso de vivienda.

Teniendo en cuenta también la tabla nº30 sobre valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado, el número total de personas sería el siguiente:

- 12 viviendas de 3 dormitorios = 12 viviendas × 4 personas/vivienda = 48 personas

Para una ocupación total de 48 personas, la demanda de ACS será de:

Demanda ACS = 48 personas × 28 litros/día y persona = 1344 litros/día

Aplicando el valor de la tabla 4.3. la demanda cambiaría al siguiente valor:

Demanda diaria ACS a 60 °C = 1344 l/día × 0,90 = 1209,6 ≈ 1210 l/día

El valor dado sería una aproximación de la demanda por día. Sin embargo, mediante la siguiente expresión se puede obtener la demanda mensual de agua caliente sanitaria:

$$DE_{mes} = Q_{día} \times N \times (T_{ACS} - T_{AFS}) \times 1,16 \times 10^{-3}$$

Siendo:

DE_{mes} : Demanda energética mensual, expresada en kWh/mes

$Q_{día}$: Consumo diario para T_{ACS} como referencia, expresada en L/día

N : Número de días de cada mes

T_{ACS} : Temperatura utilizada como referencia en el A.C.S., expresada en °C

T_{AFS} : Temperatura fría del agua de red, expresada en °C

En la tabla que sigue a continuación se pueden observar los valores de demanda obtenidos mes a mes teniendo en cuenta la expresión anteriormente indicada:

Tabla 32: Demanda mensual y total de ACS según la expresión dada

	Qdía (l/día)	N[día/mes]	Tª acs[°C]	Tª afs (IDAE)	cte.	DEMANDA mes [KWh/mes]
Enero	1210	31	60	5	0,00116	2393,138
Febrero	1210	28	60	6	0,00116	2122,243
Marzo	1210	31	60	8	0,00116	2262,603
Abril	1210	30	60	10	0,00116	2105,4
Mayo	1210	31	60	11	0,00116	2132,068
Junio	1210	30	60	12	0,00116	2021,184
Julio	1210	31	60	13	0,00116	2045,045
Agosto	1210	31	60	12	0,00116	2088,557
Septiembre	1210	30	60	11	0,00116	2063,292
Octubre	1210	31	60	10	0,00116	2175,58
Noviembre	1210	30	60	8	0,00116	2189,616
Diciembre	1210	31	60	5	0,00116	2393,138
Año	1210	365	60	9,25	0,00116	25999,935

La constante equivale a la relación entre kcal/h y kW, siendo:

$$\text{cte} = 1 \text{ kcal/h} = 1,16 \text{ W} = 0,001163 \text{ kW}$$

Por otro lado, la temperatura fría del agua de red (T_{AFS}) viene definida según la tabla indicada a continuación:

Tabla 33: Temperatura mínima media del agua de la red general en °C, obtenida a partir de medidas directas [10]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1 ÁLAVA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9,3
50 VIZCAYA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3

A pesar de que Orozco esté dentro de Bizkaia, su climatología se corresponde más con la de Araba, es por esto por lo que se ha optado por coger los valores de esta provincia.

Tal y como se observa en los valores de la tabla anterior, los meses con temperaturas más bajas y por tanto, más necesidad de calor son enero y diciembre, por lo que se calculará la potencia máxima aproximada para esos casos adversos:

$$P_{ACS} = 3,216 \times 12 = 38,59 \text{ kW}$$

Para mayor seguridad, se le añadirá un factor de seguridad de 1,2 a la potencia:

$$P_{ACS} = 38,216 \times 1,2 = \mathbf{46,31 \text{ kW}}$$

1.2.2.1.2. CALEFACCIÓN PARA VIVIENDAS

Para el cálculo de la potencia térmica necesaria para las viviendas, se tienen en cuenta los valores predeterminados que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 34: Valores predeterminados de potencia necesaria en función de las características de los edificios [HE1 CTE]

Tipo de vivienda			Plantas		Superficie (m ² construidos)		Temperatura exterior de diseño					
							Text = -10°C		Text = 0°C		Text = 10°C	
							Potencia térmica aproximada					
		por planta	por vivienda	total	por vivienda	total	por vivienda	total	por vivienda			
Unifamiliar	aislada	2	75	150	17,7	17,7	13	13	8,3	8,3		
	1 medianerías				17,1	17,1	12,6	12,6	8,1	8,1		
	2 medianerías				16,6	16,6	12,3	12,3	7,9	7,9		
	3 medianerías				15,8	15,8	11,8	11,8	7,7	7,7		
Bloque de viviendas	aislado	5	700	135	261	10	200	10	143	10		
		11	700	135	547	9,7	425	9,7	305	9,7		
	2 medianerías	5	700	135	236	9,3	185	9,3	135	9,3		
		11	700	135	491	8,9	390	8,9	287	8,9		

Se observa que los valores de referencia no coinciden exactamente con las características del edificio en el que se realizará la instalación térmica. Por lo tanto, habría que realizar una doble interpolación entre los valores de referencia dados y los del presente proyecto.

Más concretamente, las características básicas del edificio se resumen en esta tabla:

Tabla 35: Características edificio

Tipo de vivienda	Emplazamiento	Número de plantas	Superficie por vivienda [m ²]	Potencia térmica necesaria [kW]
Bloque de viviendas	Aislado	3	98,75	7,38

Para obtener el valor de potencia primero se han comparado las potencias dependiendo del número de plantas del edificio para una superficie de 100 m²:

$$3 \text{ plantas} \rightarrow x \text{ kW}$$

$$5 \text{ plantas} \rightarrow 10 \text{ kW}$$

$$11 \text{ plantas} \rightarrow 9,7 \text{ kW}$$

Para ponerse en el peor de los escenarios, se han tomado los valores de temperatura exterior de diseño de 0°C, ya que en algunas ocasiones la temperatura en el exterior no alcanza los 10°C.

El valor de x será de 10,1 kW. Con dicho valor se calculará la potencia real necesaria para cada vivienda con la superficie adecuada que se ajuste a las características de los edificios:

$$3 \text{ plantas} \rightarrow 135 \text{ m}^2 \rightarrow 10,10 \text{ kW}$$

$$3 \text{ plantas} \rightarrow 98,7 \text{ m}^2 \rightarrow x \text{ kW}$$

De ahí se obtiene el valor de 7,38 kW de demanda térmica por vivienda. Teniendo en cuenta de que el edificio consta de 12 viviendas, el valor de potencia térmica necesaria sería:

$$P_{term} = 7,38 \times 12 = 88,56 \text{ kW}$$

Esto sería un valor de referencia que se debería aproximar a la demanda de energía calorífica del edificio calculada teniendo en cuenta los factores que intervienen alrededor.

LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

En el apartado HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía, determina que la demanda energética de calefacción de un edificio, no debe superar el valor límite ($D_{cal,lim}$) obtenido mediante la siguiente expresión:

$$D_{cal,lim} = D_{cal} + F_{cal,sup}/S$$

D_{cal} : Valor base de la demanda energética de calefacción, para cada zona climática de invierno correspondiente al edificio.

$F_{cal,sup}$: Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción.

S : Superficie útil de los espacios habitables del edificio [m^2]

Recordando que la zona climática en la que se encuentra el emplazamiento para la instalación es la zona D, se pueden definir los siguientes valores.

Tabla 36: Valor base y factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
$D_{cal,base}$ [$kW \cdot h/m^2 \cdot año$]	15	15	15	20	27	40
$F_{cal,sup}$	0	0	0	1000	2000	3000

LIMITACIÓN DE DESCOMPENSACIONES EN EDIFICIOS DE USO RESIDENCIAL

Según lo establecido en el DB HE1 del Código Técnico de la Edificación la transmitancia térmica y permeabilidad al aire de los huecos y la transmitancia térmica de las zonas opacas de muros, cubiertas y suelos, que formen parte de la envolvente térmica de los edificios, no debe superar los valores establecidos en la siguiente tabla: (quedan excluidos los puentes térmicos).

Tabla 37: Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² •K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² •K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² •K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h•m ²]	< 50	< 50	< 50	< 27	< 27	< 27

⁽¹⁾ Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o al primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.

⁽²⁾ Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas.

⁽³⁾ La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.

La transmitancia térmica de medianerías y particiones interiores que delimiten las unidades de uso residencial de otras de distinto uso o de zonas comunes del edificio, no superará los valores de la tabla nº38. Cuando las particiones interiores delimiten unidades de uso residencial entre sí no se superarán los valores de la tabla nº39.

Tabla 38: Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso, zonas comunes, y medianerías, U en W/m²K

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Tabla 39: Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades del mismo uso, U en W/m²K

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00
Particiones verticales	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA DEMANDA DE CALOR

La demanda energética del edificio en el que se implantará la instalación de biomasa se obtendrá considerando la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

Demanda energética conjunta (de calefacción): demanda energética obtenida como suma ponderada de la demanda energética de calefacción D_c , y la demanda energética de refrigeración, D_r (en este caso nula). Se expresa en kWh/m²año., considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

La ponderación se realiza en función del consumo de energía primaria requerido para combatir cada demanda energética, siendo $D_g = D_c + 0,7 D_r$ la expresión que permite obtener la demanda energética conjunta para edificios situados en territorio peninsular y $D_g = D_c + 0,85 D_r$ para el caso de territorio extrapeninsular.

PERFILES DE USO

La siguiente tabla recoge los perfiles de uso normalizado de los edificios de uso residencial como es el caso que ocupa. Esto se determina en función de su uso, densidad de las fuentes internas (baja, media o alta) y periodo de utilización (8,12, 16 y 24 h).

Tabla 40: Uso residencial de equipos y componentes de las instalaciones de viviendas [CTE]

USO RESIDENCIAL	(24h, BAJA)				
	1-7	8	9-15	16-23	24
Temp Consigna Alta (°C)					
Enero a Mayo	–	–	–	–	–
Junio a Septiembre	27	–	–	25	27
Octubre a Diciembre	–	–	–	–	–
Temp Consigna Baja (°C)					
Enero a Mayo	17	20	20	20	17
Junio a Septiembre	–	–	–	–	–
Octubre a Diciembre	17	20	20	20	17
Ocupación sensible (W/m²)					
Laboral	2,15	0,54	0,54	1,08	2,15
Sábado y Festivo	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
Ocupación latente (W/m²)					
Laboral	1,38	0,34	0,34	0,68	1,38
Sábado y Festivo	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
Iluminación (W/m²)					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
Equipos (W/m²)					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
Ventilación verano¹					
Laboral, Sábado y Festivo	4,00	4,00	*	*	*
Ventilación invierno²					
Laboral, Sábado y Festivo	*	*	*	*	*

¹En régimen de verano, durante el periodo comprendido entre la 1 y las 8 horas, ambas incluidas, se supondrá que los espacios habitables de los edificios destinados a vivienda presentan una infiltración originada por la apertura de ventanas de 4 renovaciones por hora. El resto del tiempo, indicados con * en la tabla anterior, el número de renovaciones hora será constante e igual al mínimo exigido por el DB.

²El número de renovaciones hora, indicado con * en la tabla, será constante e igual al calculado mínimo exigido por el DB HS.

DEFINICIÓN DEL EDIFICIO DE REFERENCIA

El edificio de referencia se define con la misma forma, tamaño, orientación, zonificación interior, uso de cada espacio, e iguales obstáculos remotos que el edificio objeto. Asimismo, los parámetros de transmitancia y factor solar de los elementos de la envolvente térmica son los establecidos en la tabla nº41, la cual se muestra contenida en el apartado D.2. del DB-HE1.

Para la zona climática que corresponde (D1):

- Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno: $U_{min} = 0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Transmitancia límite de suelos: $U_{lim} = 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Transmitancia límite de cubiertas: $U_{clim} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Factor solar modificado límite de lucernarios: $F_{lim} = 0,36$

Tablas 41-42: Transmitancia del elemento en $\text{W/m}^2\text{K}$

% 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			Alta carga interna		
	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5	2,9	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2	2,6	3,4	3,4	-	-	-	0,54	-	0,58
de 41 a 50	2,1	2,5	3,2	3,2	-	-	-	0,45	-	0,49
de 51 a 60	1,9	2,3	3,0	3,0	-	-	-	0,40	0,57	0,44

Transmitancia del elemento [$\text{W/m}^2\text{K}$]	Zona Climática					
	α	A	B	C	D	E
U_M	0.94	0.50	0.38	0.29	0.27	0.25
U_s	0.53	0.53	0.46	0.36	0.34	0.31
U_C	0.50	0.47	0.33	0.23	0.22	0.19

Siendo,

U_M : Transmitancia térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

U_s : Transmitancia térmica de suelos (forjados en contacto con el aire exterior)

U_C : Transmitancia térmica de cubiertas

Tabla 43: Transmitancia térmica de huecos en W/m²K

Transmitancia térmica de huecos [W/m ² K]		α	A	B	C	D	E
Captación solar	Alta	5.5 – 5.7	2.6 – 3.5	2.1 – 2.7	1.9 – 2.1	1.8 – 2.1	1.9 – 2.0
	Media	5.1 – 5.7	2.3 – 3.1	1.8 – 2.3	1.6 – 2.0	1.6 – 1.8	1.6 – 1.7
	Baja	4.7 – 5.7	1.8 – 2.6	1.4 – 2.0	1.2 – 1.6	1.2 – 1.4	1.2 – 1.3

NOTA: Para el factor solar modificado se podrá tomar como referencia, para zonas climáticas con un verano tipo 4, un valor inferior a 0,57 en orientación sur/sureste/suroeste, e inferior a 0,55 en orientación este/oeste.

Una vez obtenidos todos estos valores, se procedería a calcular la demanda energética de calefacción, la cual se expresa en kWh/m²año, considerada la superficie de los espacios habitables del edificio.

En general, las pérdidas que se tendrán en cuenta son las pérdidas por transmisión, ventilación e infiltración.

PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN

Las viviendas disponen de diferentes superficies hacia el exterior, constituidas por distintos elementos que se deben analizar independientemente para conocer de una manera real el calor que se transfiere al exterior.

Por esto, se debe calcular la carga térmica por cada estancia de la vivienda. Dado que las viviendas tienen entre sí una distribución de espacios muy similar, se cogerá como referencia el modelo de vivienda que mayores pérdidas por transmisión tendrá.

Para el cálculo de las pérdidas por transmitancia, se tendrán en cuenta los valores de transmitancia térmica para cada uno de los materiales de los que se compongan los materiales que formen parte de las dependencias de las viviendas.

La transmitancia térmica U [W/m²K] viene dada por la siguiente expresión:

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

Siendo R_T la resistencia térmica total del componente constructivo [m²K/W].

Para el siguiente cálculo se ha tenido en cuenta lo establecido en el DB-HE-1, Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, del Código Técnico de la Edificación.

Se calculan las resistencias totales de cada elemento (R_1 , R_2 , etc.), y para esto se tendrá en cuenta la conductividad térmica del material en cada caso de acuerdo con la norma UNE-EN 10456.2012.

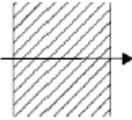
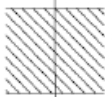
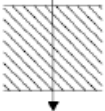
$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_{SI} + R_{SE}$$

Siendo,

R_{SI} = Resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior [m^2K/W]

R_{SE} = Resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior [m^2K/W]

Tabla 44: Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m^2K/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

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definitiva por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

Siendo,

e = el espesor de la capa [m]

λ = la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, que se puede calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE anteriormente citada [W/mK]

A continuación se muestran unos valores de conductividad térmica de distintos materiales:

Tabla 45: Conductividad térmica de materiales diversos

Material	λ [W/mK]
Aluminio	0,80
Hormigón	1,63-2,50
Mortero de cemento	0,35-1,40
Ladrillo macizo	0,80
Ladrillo refractario	0,47-1,05
Fibra de vidrio	0,03-0,07
Madera	0,13
Corcho	0,03-0,04
Aire	0,02
Vinilo	0,20
Cemento	0,17

Se han calculado los valores de cada elemento mediante el método indicado:

1- Puerta

Las puertas del interior de la vivienda son de madera, con un espesor de 4 cm cuya conductividad térmica es de 0,13 W/mK.

$$R_1 = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,04}{0,13}$$

$$R_1 = 0,307 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = R_1 + R_{SI} + R_{SE}$$

$$R_T = 0,307 + 0,13 + 0,04 = 0,477$$

$$U = \frac{1}{0,477} = 2,09 \text{ W/m}^2\text{K}$$

2- Puerta exterior

En cuanto a la composición de la puerta que da al exterior (portal), esta es de madera con una lámina de 5 cm de aluminio. Se realizará la misma operación que en el caso anterior para cada tipología de material, por lo que se le sumará una resistencia más en este caso.

$$R_1 = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,04}{0,13}$$

$$R_1 = 0,307 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_2 = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,05}{0,80}$$

$$R_2 = 0,0625 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_{SI} + R_{SE}$$

$$R_T = 0,307 + 0,0625 + 0,13 + 0,04 = 0,5395$$

$$U = \frac{1}{0,5395} = \mathbf{1,85 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

3- Suelo del baño y cocina (vinilo, hormigón y cemento)

$$R_1 = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,03}{0,2}$$

$$R_1 = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_2 = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,15}{1,63}$$

$$R_2 = 0,092 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_3 = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,05}{0,17}$$

$$R_3 = 0,294 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_{SI} + R_{SE}$$

$$R_T = 0,15 + 0,092 + 0,294 + 0,17 + 0,04 = 0,746$$

$$U = \frac{1}{0,746} = \mathbf{1,34 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

4- Suelo de resto de dependencias (madera, cemento y hormigón)

$$R_1 = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,03}{0,13}$$

$$R_1 = 0,23 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_2 = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,05}{0,17}$$

$$R_2 = 0,294 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_3 = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,15}{1,63}$$

$$R_3 = 0,092 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_{SI} + R_{SE}$$

$$R_T = 0,23 + 0,294 + 0,092 + 0,17 + 0,04 = 0,826$$

$$U = \frac{1}{0,826} = 1,210 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Una vez obtenidos todos los parámetros de cada elemento, se ha procedido a calcular las pérdidas por transmisión en cada dependencia de la vivienda, teniendo en cuenta la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior del espacio (por ello, se ha tenido en cuenta si los elementos constructivos son exteriores o interiores).

No se tendrán en cuenta las pérdidas de la cubierta, ya que se trata de viviendas que no se sitúan en la última planta del edificio. Además de esto, el suelo de una vivienda es la cubierta de otra por lo que no se contabilizan las dos pérdidas.

1- Cocina (interior y exterior)

	U(w/m2.K)	m ² _{brutos}	m ² _{TOTALES}	ΔT	Q _{TRANSMISION}
Fachada aire	0,65	14,375	12,255	15	119,486
Ventana	2,86	2,12	2,12	15	90,948
Puerta	2,1	0	0	15	0
Suelo	1,34	22,91	20,72	15	416,472
Cubierta	0,71	0	0	15	0
					626,906

2- Despensa (interior)

	U(w/m2.K)	m ² _{brutos}	m ² _{TOTALES}	ΔT	Q _{TRANSMISION}
Fachada aire	0,65	0	0	15	0
Ventana	2,86	0	0	15	0
Puerta	1,85	0	0	15	0
Suelo	1,21	5,36	3,95	15	71,692
Cubierta	0,71	0	0	15	0
					71,692

3- Salón (interior y exterior)

	U(w/m2.K)	m ² _{brutos}	m ² _{TOTALES}	ΔT	Q _{TRANSMISION}
Fachada aire	0,65	9,075	4,135	15	40,316
Ventana	2,86	4,94	4,94	15	211,926
Puerta	2,1	0	0	15	0
Suelo	1,21	0	21,73	15	394,399
Cubierta	0,71	0	0	15	0
					646,641

4- Aseo 1 (interior)

	U(w/m2.K)	m ² _{brutos}	m ² _{TOTALES}	ΔT	Q _{TRANSMISION}
Fachada aire	0,65	0	0	15	0
Ventana	2,86	0	0	15	0
Puerta	2,1	0	0	15	0
Suelo	1,34	6,5	5,92	15	118,992
Cubierta	0,71	0	0	15	0
					118,992

5- Dormitorio 1 (interior)

	U(w/m2.K)	m ² _{brutos}	m ² _{TOTALES}	ΔT	Q _{TRANSMISION}
Fachada aire	0,65	0	0	15	0
Ventana	2,86	0	0	15	0
Puerta	2,1	0	0	15	0
Suelo	1,34	7,9	7,9	15	158,79
Cubierta	0,71	0	0	15	0
					158,79

6- Dormitorio 2 (interior y exterior)

	U(w/m2.K)	m ² _{brutos}	m ² _{TOTALES}	ΔT	Q _{TRANSMISION}
Fachada aire	0,65	6,175	4,05	15	39,487
Ventana	2,86	2,125	2,125	15	91,162
Puerta	2,1	0	0	15	0
Suelo	1,21	8,89	8,89	15	161,353
Cubierta	0,71	0	0	15	0
					292,003

7- Dormitorio 3 (interior y exterior)

	U(w/m2.K)	m ² _{brutos}	m ² _{TOTALES}	ΔT	Q _{TRANSMISION}
Fachada aire	0,65	18	15,875	15	154,781
Ventana	2,86	2,125	2,125	15	91,162
Puerta	2,1	0	0	15	0
Suelo	1,21	14,07	14,07	15	255,370
Cubierta	0,71	0	0	15	0
					501,314

8- Aseo 2 (interior y exterior)

	U(w/m2.K)	m ² _{brutos}	m ² _{TOTALES}	ΔT	Q _{TRANSMISION}
Fachada aire	0,65	4,375	3,495	15	34,076
Ventana	2,86	0,88	0,88	15	37,752
Puerta	2,1	0	0	15	0
Suelo	1,34	5,7	5,7	15	114,57
Cubierta	0,71	0	0	15	0
					186,398

9- Zonas de paso (interior)

	U(w/m2.K)	m ² _{brutos}	m ² _{TOTALES}	ΔT	Q _{TRANSMISION}
Fachada aire	0,65	0	0	15	0
Ventana	2,86	0	0	15	0
Puerta ext	2,1	1,66	1,66	10	34,86
Suelo	1,21	9,87	9,87	15	179,140
Cubierta	0,71	0	0	15	0
					214,000

Con la suma de todo esto, se concluye que las pérdidas totales por transmisión en cada vivienda tendrán el siguiente valor aproximado:

$$Q_{TRANS} = 2816,74 W$$

PÉRDIDAS POR VENTILACIÓN E INFILTRACIÓN

En este caso se considerarán ambos tipos de pérdidas conjuntamente. Según las tablas que se adjuntan, se calcula en litros por segundo la pérdida de calor de ventilación e infiltración, más concretamente:

Tabla 46: Caudales de ventilación mínimos exigidos

		Caudal de ventilación mínimo exigido q _v en l/s		
		Por ocupante	Por m ² útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	50 por local ⁽¹⁾
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

⁽¹⁾ Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

Volcados estos datos a las viviendas en cuestión, se obtienen los litros perdidos al segundo:

Tabla 47: Pérdidas de ventilación en caudales

Qventilación	ocupantes	por ocupantes	por local	por m ² útil	l/s
Cocina				41,44	41,44
Despensa				2,76	2,76
Salón	4	3			12
Aseo 1			15		15
Dormitorio 1	1	5			5
Dormitorio 2	1	5			5
Dormitorio 3	2	5			10
Aseo 2			15		15
Zonas de paso				7	7
					113,114

Adicionalmente, los datos más importantes para el cálculo de pérdidas por infiltración son el volumen de cada uno de los espacios y las renovaciones por segundo de flujo. Estos datos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 48: Pérdidas por infiltración en función de las renovaciones

	m ²	altura	m ³	renovaciones/h	l/s
Cocina	20,72	2,5	51,8	0,86	10,642
Despensa	3,95	2,5	9,875	0,86	2,0287
Salón	21,73	2,5	54,325	0,86	11,160
Aseo 1	5,92	2,5	14,8	0,86	3,0405
Dormitorio 1	7,9	2,5	19,75	0,86	4,0575
Dormitorio 2	8,89	2,5	22,225	0,86	4,5660
Dormitorio 3	14,07	2,5	35,175	0,86	7,2265
Aseo 2	5,7	2,5	14,25	0,86	2,9275
Zonas de paso	9,87	2,5	24,675	0,86	5,0693
98,75					50,719

Sabiendo los datos de calor específico ($q_{\text{INFI+VENTI}}$) correspondiente a cada tipo de pérdidas en cada zona se procede a calcular el calor perdido total (Q) en cada vivienda, mediante la siguiente fórmula:

$$Q = q * c_p * \rho * (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

Tabla 49: Pérdidas por infiltración y ventilación

	$q_{\text{INFI+VENTI}}$	ρ	c_p	$T_{\text{INT}} - T_{\text{EXT}}$	$Q_{\text{INFILTRA+VENTILA}}$
Cocina	52,642	1,225	1,009	15	965,620
Despensa	4,828	1,225	1,009	15	88,878
Salón	31,160	1,225	1,009	15	429,409
Aseo 1	18,040	1,225	1,009	15	334,479
Dormitorio 1	9,057	1,225	1,009	15	167,929
Dormitorio 2	9,566	1,225	1,009	15	177,357
Dormitorio 3	17,226	1,225	1,009	15	319,385
Aseo 2	17,927	1,225	1,009	15	332,384
Zonas de paso	12,069	1,225	1,009	15	222,082
					3037,527

Calculados estos parámetros en Watios, se puede llegar a la cifra total de kW perdidos:

Tabla 50: Resumen de valores obtenidos

	$Q_{\text{INFILTRA+VENTILA}}$	$Q_{\text{TRANSMISION}}$	KW
Q_{TOTAL}	3,037	2,816	5,854

Por lo tanto, este valor final se puede visualizar de donde proviene y como se repartiría en la vivienda mediante la tabla que sigue a continuación:

Tabla 51: Perdidas térmicas totales por estancia en cada vivienda

PERDIDAS POR ESTANCIA	KW	
Cocina	1592,5264	1,59252647
Despensa	160,5706	0,160570
Salón	1076,051	1,07605
Aseo 1	453,47107	0,453471
Dormitorio 1	326,71996	0,326719
Dormitorio 2	469,36077	0,469360
Dormitorio 3	820,70017	0,820700
Aseo 2	518,78236	0,518782
Zonas de paso	436,08344	0,436083
		5,854266

Teniendo en cuenta todos estos parámetros globales de pérdidas, se puede intuir que las pérdidas de calor totales serían la suma de todas las pérdidas de las viviendas en el edificio. A pesar de que resulta improbable que la cantidad de pérdidas sea la misma en todas las viviendas, se tomará el valor calculado anteriormente como único valor estándar para cada una de las viviendas, ya que estos espacios habitables tienen las características prácticamente idénticas.

Por lo tanto, el valor de pérdidas de calor totales en el edificio son las siguientes calculada en unidades de potencia:

Pérdidas de calor totales: $Q_{\text{vivienda}} \times n^{\circ} \text{ viviendas}$

$$Q_{\text{PÉRDIDAS TOT}} = Q_{\text{VIVIENDA}} \times 12 \text{ viv}$$

$$Q_{\text{PÉRDIDAS TOT}} = 5,86 \text{ kW} \times 12 = \mathbf{70,32 \text{ kW}}$$

POTENCIA TOTAL NECESARIA

Una vez obtenidos los valores de pérdidas totales de calor en cada vivienda, esto habría que extrapolarlo para el caso de todas las viviendas. Sabiendo el total de pérdidas de calor del edificio, habría que añadir la demanda inicial estimada de la cantidad de calor que necesitarían dichas viviendas.

Por lo tanto, la cantidad de calor que tendrán que abastecer las calderas a instalar deberá ser igual o mayor a la suma del calor de pérdidas y de demanda:

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{demanda}}$$

La instalación de calderas se diseñará con la finalidad de cubrir la, la demanda de ACS, las pérdidas térmicas y la demanda de potencia térmica; es decir, la demanda de calefacción total. Todo esto se tendrá en cuenta en el caso de que se den las peores condiciones (momento de mayor demanda y mayores pérdidas térmicas).

Por otro lado, se aplicará un factor de seguridad que se indica en la norma anteriormente mencionada (valor del 20%):

$$P_{\text{CALEF.INST}} = P_{\text{CALEF}} \times 1,2$$

$$P_{\text{CALEF.INST.}} = 70,32 \times 1,2$$

$$P_{\text{CALEF.INST}} = \mathbf{84,38 \text{ kW}}$$

Una vez obtenidos todos los valores necesarios, se concluye que la potencia total necesaria del edificio será la suma de:

$$P_{\text{TOT}} = P_{\text{CALEF.INST.}} + P_{\text{ACS}}$$

$$P_{\text{TOT}} = 84,38 \text{ kW} + 46,31 \text{ kW} = \mathbf{130,70 \text{ kW}}$$

1.2.3. TIPO DE CALDERA DE LA CENTRAL

Se destacan los siguientes parámetros en la caldera Ferroli:

Tabla 52: Datos técnicos de la caldera de pellets.

Características	Descripción
Eficiencia	90% aproximadamente
Potencia generada	180 kW
Presión	3 bar

Para la opción de caldera escogida, se observa que al tener una eficiencia tan alta, la demanda de energía térmica máxima de todo el edificio en un momento determinado no va a requerir una potencia superior al mayor valor que podrá proporcionar dicha caldera.

Más concretamente, la potencia que realmente generaría la caldera a plena carga sería:

$$P_{GEN REAL} = P_{GEN} \cdot \text{Eficiencia}$$

$$P_{GEN REAL} = 180 \text{ kW} \times 0,9 = \mathbf{162 \text{ kW}}$$

Valor que resulta mayor a la potencia demandada en el caso más crítico.

1.2.4. SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE LA ENERGIA CALORÍFICA

1.2.4.1. TUBERÍAS

Como ya se ha indicado en puntos anteriores, las tuberías de sobre tendrán distintas medida y solamente se implantarán nuevos elementos en la planta baja del edificio (es decir, en la sala de calderas).

Debido a que la instalación ocupa un espacio no de grandes dimensiones, las longitudes por tramos de las tuberías serían diferentes entre sí y no muy elevadas.

Tabla 53: Diámetro de tuberías por tramos

Tramo del circuito	Diámetro [mm]
Circuito primario	100
Circuito ACS - primer tramo	80
Circuito ACS – segundo tramo	50
Circuito calefacción – primer tramo	80
Circuito calefacción – segundo tramo	30

PÉRDIDAS EN TUBERIAS Y SISTEMA HIDRÁULICO

Como ya se ha detallado en la memoria descriptiva, el fluido caliente experimentará unas pérdidas de calor en su avance por aquellas tuberías que estén al aire libre a lo largo del circuito.

Ya que las tuberías que se ubiquen en la planta baja se cubrirán del exterior con un material aislante, las pérdidas de calor por las tuberías serán casi nulas y despreciables.

Aparte de los aislantes térmicos que se colocarán en estas, se calcularán las pérdidas de carga de este tramo debido al desplazamiento del agua, y para ello se utilizará la ecuación de Darcy-Weisbach.

En primer lugar, se procederá a determinar el número de Reynolds mediante la siguiente expresión:

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

En la gráfica de Moody se obtendría por tanto el valor de f (coeficiente de fricción), valor a tener en cuenta para el cálculo de las pérdidas en las tuberías.

Tabla 54: Valores de rugosidad aproximados en función de los materiales

Tipo de material	Rugosidad absoluta ξ [mm]
Plásticos	0,0015
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01
Tubos estirados de acero	0,0024
Tubos de latón o sobre	0,0015
Fundición revestida de cemento	0,0024
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024
Fundición asfaltada	0,06-0,18
Fundición	0,12-0,6
Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Hierro forjado	0,03-0,09
Madera	0,18-0,9
Hormigón	0,3-3

Circuito primario:

El circuito primario es el que parte de la caldera de biomasa y llega al depósito de inercia. Este tramo se ubica en la planta baja del edificio y cuenta con la tubería de mayor diámetro de la instalación.

Dadas las características básicas, se procede a calcular las pérdidas de carga de la tubería de cobre:

Rugosidad, $\varepsilon = 0,0015$

Diámetro, $D = 0,1 \text{ m}$

Velocidad media del agua, $v = 1 \text{ m/s}$

El caudal será según el teorema de continuidad,

$$Q = v \times A = v \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$
$$Q = \frac{1\text{m}}{\text{s}} \times \frac{\pi \times (0,1\text{m})^2}{4} = 0,0078 \text{ m}^3/\text{s}$$

La fórmula de Darcy-Weisbach es la siguiente,

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

Pérdidas de carga en unidades de longitud, h_f [m.c.a]

Longitud de la tubería, L [m]

Coefficiente de frotamiento de la tubería, f

Diámetro de la tubería, D [m]

Velocidad media del flujo, v [m/s]

Gravedad, g [m/s²]

El coeficiente de frotamiento f es función de la rugosidad relativa de la tubería y el número de Reynolds (Re)

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0015}{10\text{cm}} = 0,00015$$

$$Re = \frac{v \times D}{\nu} = \frac{\frac{1\text{m}}{\text{s}} \times 0,1\text{m}}{\frac{10^{-6}\text{m}^2}{\text{s}}} = 10^5$$

Mediante el ábaco de Moody, se obtendrá el valor f para poder calcular las pérdidas de carga.

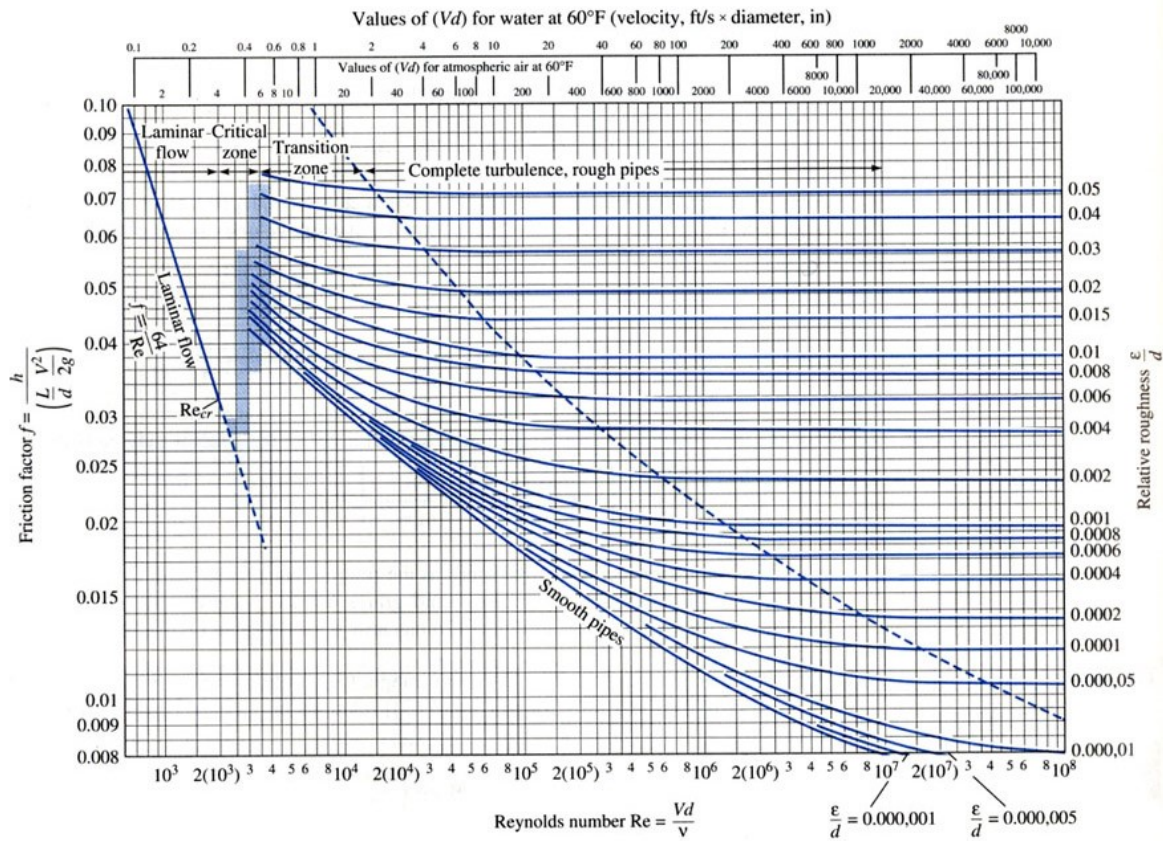


Imagen 22: Diagrama de Moody

Por lo tanto, las pérdidas de carga serían:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} = 0,013 \times \frac{6\text{m}}{0,1\text{m}} \times \frac{\left(\frac{1\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h_f = 0,039 \text{ m. c. a}$$

Circuito A.C.S.:

El circuito de ACS sería el que sale del depósito de inercia y llega a todas las viviendas. Este se divide en dos tramos, siendo el primero el que llega hasta el depósito de acumulación de agua caliente, y el segundo el que parte de dicho acumulador hasta el último grifo. Para calcular las pérdidas más significativas, se tomará como referencia el tramo de la vivienda más alejada.

Dadas las características básicas del primer tramo correspondiente al segundo circuito, se procede a calcular las pérdidas de carga en la tubería de cobre:

Rugosidad, $\varepsilon = 0,0015$

Diámetro, $D = 0,08 \text{ m}$

Velocidad media del agua, $v = 1 \text{ m/s}$

El caudal será según el teorema de continuidad,

$$Q = v \times A = v \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$Q = \frac{1\text{m}}{\text{s}} \times \frac{\pi \times (0,08\text{m})^2}{4} = 0,00502 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se aplica la fórmula de Darcy-Weisbach mencionada en el caso anterior,

$$h_{f1} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Para lo cual previamente se obtendrá el coeficiente de frotamiento f de la misma manera:

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0015}{8\text{cm}} = 0,000187$$

$$Re = \frac{v \times D}{\nu} = \frac{\frac{1\text{m}}{\text{s}} \times 0,08\text{m}}{\frac{10^{-6}\text{m}^2}{\text{s}}} = 8 \times 10^5$$

Mediante el ábaco de Moody, se obtendrá el valor f para poder calcular las pérdidas de carga.

$$h_{f1} = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g} = 0,014 x \frac{4m}{0,08m} x \frac{\left(\frac{1m}{s}\right)^2}{2x9,8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{f1} = 0,035 \text{ m. c. a}$$

De la misma manera se calcularán las pérdidas de carga del segundo tramo, que en el peor de los casos, al ser la vivienda más alta y más alejada, tendrá la tubería de mayor longitud:

Rugosidad, $\varepsilon = 0,0015$

Diámetro, $D = 0,05 \text{ m}$

Velocidad media del agua, $v = 1 \text{ m/s}$

El caudal, una vez más, se calcula según el teorema de continuidad,

$$Q = v x A = v x \frac{\pi x D^2}{4}$$

$$Q = \frac{1m}{s} x \frac{\pi x (0,05m)^2}{4} = 0,00196 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se aplica la fórmula de Darcy-Weisbach anterior,

$$h_{f2} = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g}$$

Y se obtendrá el coeficiente de frotamiento f de la misma manera:

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0015}{5cm} = 0,0003$$

$$Re = \frac{v x D}{\nu} = \frac{\frac{1m}{s} x 0,05m}{\frac{10^{-6}m^2}{s}} = 5 x 10^5$$

Con la ayuda del diagrama de Moody, se obtendrá el valor f y tras esto las pérdidas de carga:

$$h_{f2} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} = 0,015 \times \frac{14m}{0,05m} \times \frac{\left(\frac{1m}{s}\right)^2}{2 \times 9,8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{f2} = 0,214 \text{ m. c. a}$$

Las pérdidas totales del circuito de ACS serán la suma de las pérdidas calculadas en los dos tramos:

$$h_{fACS} = h_{f1} + h_{f2} = 0,035 + 0,214$$

$$\mathbf{h_{fACS} = 0,25 \text{ mca}}$$

Circuito Calefacción:

El circuito de abastecimiento de calefacción sería el que sale del depósito de inercia y llega a todas las viviendas. Este, al igual que en el caso anterior, se divide en dos tramos, siendo el primero el que llega hasta la última válvula general y se empieza a dividir en distintos tramos para los radiadores de cada vivienda.

El segundo tramo empieza en cada vivienda. Nuevamente y para calcular las pérdidas más significativas, se tomará como referencia el tramo de la vivienda más alejada.

Dadas las características básicas del primer tramo correspondiente al segundo circuito, se procede a calcular las pérdidas de carga en la tubería de cobre:

Rugosidad, $\epsilon = 0,0015$

Diámetro, $D = 0,08 \text{ m}$

Velocidad media del agua, $v = 1 \text{ m/s}$

El caudal será según el teorema de continuidad,

$$Q = v \times A = v \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$Q = \frac{1m}{s} \times \frac{\pi \times (0,08m)^2}{4} = 0,00502 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se aplica la fórmula de Darcy-Weisbach,

$$h_{f1} = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g}$$

Para lo cual previamente se obtendrá el coeficiente de frotamiento f de la misma manera:

$$Rugosidad\ relativa = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0015}{8cm} = 0,000187$$

$$Re = \frac{v \times D}{\nu} = \frac{\frac{1m}{s} \times 0,08m}{\frac{10^{-6}m^2}{s}} = 8 \times 10^5$$

Mediante el ábaco de Moody, se obtendrá el valor $f = 0,014$.

$$h_{f1} = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g} = 0,014 x \frac{2m}{0,08m} x \frac{(\frac{1m}{s})^2}{2 \times 9,8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{f1} = 0,018\ m. c. a$$

De la misma manera se calcularán las pérdidas de carga del segundo tramo, que al ser la vivienda más alta y más alejada, tendrá la tubería de mayor longitud:

Rugosidad, $\varepsilon = 0,0015$

Diámetro, $D = 0,03\ m$

Velocidad media del agua, $v = 0,8\ m/s$

El caudal sería el de menor valor en este caso,

$$Q = v \times A = v \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$Q = \frac{0,8m}{s} \times \frac{\pi \times (0,03m)^2}{4} = 0,000706\ m^3/s$$

$$Rugosidad\ relativa = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0015}{3cm} = 0,0005$$

$$Re = \frac{v \times D}{\nu} = \frac{\frac{0,8m}{s} \times 0,03m}{\frac{10^{-6}m^2}{s}} = 2,4 \times 10^4$$

Con la ayuda del diagrama de Moody, se obtendrá el valor f y tras esto las pérdidas de carga:

$$h_{f2} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} = 0,0175 \times \frac{20m}{0,03m} \times \frac{\left(\frac{0,8m}{s}\right)^2}{2 \times 9,8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{f2} = 0,381 \text{ m. c. a}$$

Las pérdidas totales del circuito de calefacción serán la suma de las pérdidas calculadas en los dos tramos:

$$h_{fCalef} = h_{f1} + h_{f2} = 0,018 + 0,381$$

$$\mathbf{h_{fCalef} = 0,399 \text{ mca}}$$

A lo que se puede deducir, que las pérdidas máximas en todo el circuito serán la suma entre las pérdidas de la vivienda más alejada de calefacción y las pérdidas del circuito primario:

$$h_{ftotal \text{ max}} = h_f + h_{fcalef} = 0,039 + 0,399$$

$$\mathbf{h_{ftotal \text{ max}} = 0,438 \text{ mca}}$$

1.2.4.2. BOMBAS DE CIRCULACIÓN

Las bombas hidráulicas proporcionarán la presión necesaria en cada tramo del circuito teniendo en cuenta las pérdidas de presión calculadas. De esta forma, el abastecimiento será óptimo hasta en los casos de mayor demanda.

La presión de trabajo de la instalación en el suministro situado a mayor altura, en metros de columna de agua [m.c.a.], se obtendrá añadiendo una presión diferencial de 25 m.c.a. a la altura de techo de la planta más elevada que tenga que alimentar después de tener en cuenta las pérdidas de carga. [16]

Esta se puede calcular mediante la expresión:

$$P_t = H_a + H_g + P_c + P_{min}$$

Siendo,

H_a (altura de aspiración): distancia entre la bomba y el nivel del agua.

H_g (altura geométrica): diferencia de altura entre la bomba y el suministro más desfavorable de la instalación.

P_c (pérdidas de carga): máximo 15% de la altura geométrica.

P_{min} (presión mínima): mínima presión en el suministro más desfavorable. De manera aproximada se considerarán 25 m.c.a.

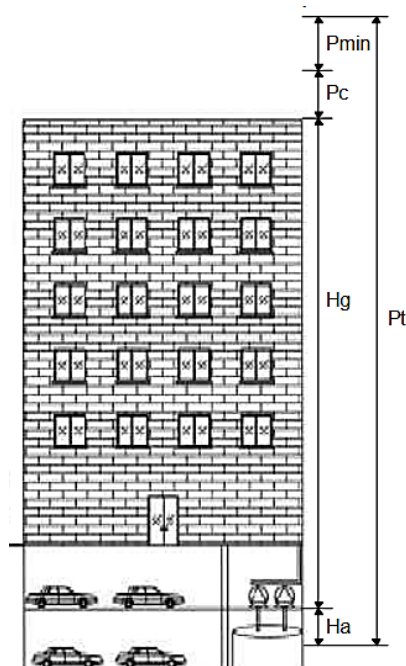


Imagen 23: Esquema de alturas y presiones de trabajo en el edificio [16]

Para las bombas que se instalarán en el circuito, se indica la siguiente información del fluido que pasará por los distintos tramos:

Tabla 55: Descripción de las bombas del circuito hidráulico y caudales

Número bomba	Denomin. bomba	Caudal [L/s]	Caudal [L/h]	Caudal [m³/h]
1	Q _{ALIM. CALEF.}	5,02	18 072	18,07
2	Q _{RECIRC. TOTAL}	7,8	28 080	28,08
3	Q _{ALIM. ACS}	5,02	18 072	18,07
4	Q _{RECIR. ACS}	5,02	18 072	18,07
5	Q _{MEZCLADORA}	7,8	28 080	28,08

Bomba de alimentación del circuito de calefacción:

La presión de trabajo de la bomba en este tramo del circuito se calcularía de la siguiente manera:

$$Pt = Ha + Hg + Pc + Pmin$$

$$Pt = 0 + 12 + 0,399 + 25 = 37,399 \text{ m. c. a.}$$

Bomba de alimentación del sistema de ACS:

La presión de trabajo de la bomba en este tramo del circuito se calcularía de la siguiente manera:

$$Pt = Ha + Hg + Pc + Pmin$$

$$Pt = 0 + 12 + 0,25 + 25 = 37,25 \text{ m. c. a.}$$

1.2.4.3. RADIADORES

La potencia calorífica que debe proporcionar un radiador se satisface por el número de elementos que lo conforman.

En el caso que ocupa, la potencia de dicho elemento calefactor es de unos 140 kcal por hora, por lo que en la siguiente tabla se puede observar que para la demanda de energía en este caso, el número de estos componentes que serían necesarios como mínimo para cubrir la demanda de calor.

Tabla 56: Cálculo del número de elementos calefactores en cada espacio de la vivienda

Dependencia	Demanda [kW]	kcal/h	kW/h	nº Elementos	nº Elementos
Cocina	1,5925	141,7	0,00116306	9,663	10
Despensa	0,1605	141,7	0,00116306	0,974	1
Salón	1,0760	141,7	0,00116306	6,529	7
Aseo 1	0,4534	141,7	0,00116306	2,751	3
Dormitorio 1	0,3267	141,7	0,00116306	1,982	2
Dormitorio 2	0,4693	141,7	0,00116306	2,847	3
Dormitorio 3	0,8207	141,7	0,00116306	4,979	5
Aseo 2	0,5187	141,7	0,00116306	3,147	4
Zonas de paso	0,4360	141,7	0,00116306	2,646	3
				35,522	38

Se cuenta con un radiador en cada cuarto de las viviendas que corresponde a la instalación anterior.

1.2.4.4. DEPÓSITOS DE ACUMULACIÓN

Los depósitos de acumulación serán dos, uno que se situará en tramo del sistema A.C.S. y otro a la salida de la caldera y en el circuito principal o primario.

Tabla 57: Capacidades de los depósitos de acumulación

Elemento	Capacidad [L]
Acumulador A.C.S.	1500
Depósito de inercia	2200

1.2.5. SISTEMAS DE REGULACIÓN

Los intercambiadores de calor en los depósitos de acumulación serán de serpentines. Los serpentines están inmersos en el interior de los depósitos y requieren sólo una bomba que circule el agua desde los colectores.

En el caso del circuito primario situado en la planta baja, se instalarán válvulas de bola y una anti retorno.

En lo que se refiere al circuito de calefacción se emplearán válvulas de bola para la regulación del fluido en las tuberías y radiadores. Se contará con una llave de corte manual en cada vivienda por cuestión de seguridad, así como los medidores de presión y temperatura considerados.

Por último, en el circuito de distribución de agua caliente sanitaria, se instalarán válvulas de mariposa.

Las longitudes equivalentes (L_e) causados por los elementos singulares y demás complementos en el circuito se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 58: Longitudes de elementos en el circuito hidráulico

Denominación complemento	Unidades	L_e [cm]	L_{total} [m]
Válvulas de bola	18	25	4,50
Válvulas de tres vías	12	25	3,00
Válvulas de mariposa	12	13,7	1,644
Válvulas antiretorno	3	25	0,75
Otros elementos (codos, termostatos, curvas, etc.)	-	10	1,50
	TOTAL	98,7	11,394

La longitud equivalente correspondiente a las singularidades y elementos sera de 11,394 metros.

1.2.6. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DEL BIOCOMBUSTIBLE

Tal y como se ha detallado en la memoria, para que la instalación tenga constantemente el biocombustible que demande a cada momento, serán necesarios unos equipos de almacenamiento de pellets denominados silos de almacenamiento.

En lo que se refiere al diseño de estos silos de almacenamiento de biocombustibles nuevo, deben tenerse en cuenta factores tan diversos como son la carga térmica a cubrir, el tipo de combustible elegido, el espacio disponible, el tamaño del camión de recarga, la fiabilidad del suministro, etc.

En las tablas que se observan a continuación, se expresan los valores necesarios calculados para cubrir la demanda de energía térmica mediante la elección de un silo de almacenamiento con sus dimensiones adecuadas.

Tabla 59: Datos para caracterización del silo de pellet

Demanda [kWh]	PCI [kWh/kg]	Masa o capacidad [kg]	Volumen [m³]
77283,31	5,23	14776,92	14,777

Para una demanda de energía calorífica (ACS + calefacción) total del edificio en un año, se estima un Poder Calorífico Inferior medio de 5,23 kWh/kg de pellets, por lo que la masa de biocombustible necesaria anual se calcularía de la siguiente manera:

$$m = \frac{\text{Demanda [kWh]}}{\text{PCI} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \right]}$$

Para determinar el volumen de pellets anual o el espacio que ocupa, se tendrá en cuenta la densidad del biocombustible. Para este caso, se tomará una relación de peso y volumen de 1000-1100 kg/m³.

Se calculará de la misma forma la demanda de capacidad para dos semanas y para un día:

Tabla 60: Cálculos de demanda del silo de almacenamiento

Mínimo 2 semanas [kWh]	PCI [kWh/kg]	Masa o capacidad [kg]	Volumen [m³]
33176,03	5,23	607,271	0,934

Esto es importante tenerlo en consideración, ya que cada vez que el silo se recargue, se deberá garantizar un mínimo de dos semanas de suministro a la caldera según el RITE.

Por último, para el día del año con peores condiciones, la cantidad necesaria de pellets sería:

Tabla 61: Cálculos de demanda diarios del silo de almacenamiento

Demanda 1día [kWh]	PCI [kWh/kg]	Masa o capacidad [kg]	Volumen [m ³]
217,70	5,23	41,625	0,064

En definitiva, para el cálculo de las dimensiones del silo de almacenamiento se tendrá en cuenta la demanda anual y la energía en KJ.

Tabla 62: Cálculos de demanda anual del silo de almacenamiento

PCI [kWh]	A _{SILO} [m ²]	Altura h [m]	Densidad [kg/m ³]	Energía [KJ]	Demanda anual [KJ/s]
5,23	7,38	2	1.000	278.219.902	77.283,30

El volumen del silo debería ser de al menos 14 m³ para poder almacenar la cantidad de pellets necesarios para todo un año.

Tabla 63: Datos técnicos del silo de almacenamiento

Características	Descripción
Número de secciones	4
Ancho	1,8 metros
Altura	2,12 metros
Volumen	9,5 m ³

Por lo tanto, se calcularán las dimensiones totales de los silos de almacenamiento y la capacidad real, la cual será mayor que lo demandado:

$$S_{real\ silo} = Long \times ancho$$

$$S_{real\ silo} = 4\ m \times 1,8\ m = 7,2\ m^2$$

$$V_{real\ silo} = S_{real\ silo} \times h_{silo}$$

$$V_{real\ silo} = 7,2\ m^2 \times 2,12\ m = \mathbf{15,264\ m^3}$$

En conclusión, la cantidad de energía real que se podría almacenar en el silo de pellets sería:

Tabla 64: Cálculos energéticos del silo de almacenamiento

PCI [kWh]	A _{SILO} [m ²]	Altura h [m]	Densidad [kg/m ³]	Energía [KJ]	Potencia [KJ/s]
5,23	7,2	2,12	1000	287.390.592	79.830,72

1.3. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

En este estudio se justificará por que la instalación descrita en el documento resulta económicamente viable.

Por ello, se valorará si es posible recuperar la inversión inicial estimada en el apartado de presupuesto antes de que finalice la vida útil de la instalación.

En dicho cálculo, entrará en juego el precio del combustible. Es de reseñar el hecho de que los biocombustibles son de menor precio en comparación con otros recursos energéticos, como el gas natural o el gasoil.

En la actualidad, según los datos proporcionados por el Instituto para el Ahorro y la Diversificación de la Energía (IDAE) y la compañía Energías de Portugal (EDP), el precio del gas natural ha subido un diez por ciento, llegando a los 5,3 c€/kWh en consumos igual o menor a 5000 kWh/año y a 4,68 c€/kWh en el superior a 5000 kWh/año. [20]

Por otra parte, el precio del gasoil ronda los 4,81 c€/kWh como mínimo mientras que los pellets de biomasa 3,66 c€/kWh

En el cuarto trimestre de 2017 y los primeros meses de 2018, los precios del pellet a granel se han mantenido estables.

En la siguiente tabla se pueden comprobar los precios por kW/h para cada tipología de residuo (en este caso, es una comparación entre los combustibles más utilizados para calderas):

Precios en c€/kWh	2T 2015	3T 2015	4T 2015	1T 2016	2T 2016	3T 2016	4T 2016	1T 2017	2T 2017	3T 2017	4T 2017
GASOIL C	5,69	5,11	4,71	3,82	4,31	4,63	4,74	5,44	4,96	4,74	4,81
Pellet certificado A1 a granel	3,78	3,68	3,51	3,55	3,52	3,49	3,58	3,68	3,59	3,74	3,66
Pellet no certificado a granel	3,69	3,45	3,51	3,60	3,51	3,61	3,63	3,60	3,63	3,54	3,52
Astilla elaborada	2,84	2,76	2,71	2,47	2,52	2,64	2,60	2,74	2,43	2,53	2,46
Hueso aceituna a granel	2,27	2,62	2,42	2,03	1,84	1,86	1,87	2,08	1,94	2,09	2,29
Orujillo térmico	0,93	0,88	0,93	0,75	0,52	0,44	0,34	0,34	0,30	0,35	0,43

Imagen 24: Comparativa de precios por trimestres entre distintos combustibles [20]

Haciendo un estudio a lo largo de los años anteriores, se contempla que el ritmo en el que aumentan los precios del gas natural y el gasoil es significativamente mayor al caso de los pellets.

Se establece una estimación de un 2% anual de incremento en el precio de biomasa (a pesar de que no siempre aumenta su coste), mientras que para el gas y el gasoil se estima un 9% de aumento.

Asimismo, al ser una caldera de alta eficiencia energética (90% de rendimiento), rendirá más que una caldera de gas natural, por lo que se necesitará una menor cantidad de biocombustible para conseguir la misma cantidad de energía térmica.

Otro punto a tener en cuenta, será el mantenimiento preventivo y correctivo de la instalación, concretamente de la caldera. Al ser una caldera nueva y con características muy óptimas, se estimará un coste de mantenimiento anual de 50 €, mientras que en el caso de la caldera de gas natural o gasoil, este coste sería mayor, alcanzando los 140 €.

Recopilando la información del apartado anterior, la inversión inicial de la instalación será de 72.462,79 €.

A continuación, se detalla una tabla en la que se han tenido en consideración los valores descritos en este punto.

A parte de calcular la recuperación de la inversión inicial, también se hace una comparativa entre utilizar calderas de biomasa de pellet nueva y utilizar gasoil como combustible.

Tabla 65: Estudio de periodo de recuperación de inversión con caldera de gasoil

Año	Gasoil				Pellets				Beneficio Pellets
	Consumo	Mto	Coste anual	Coste total	Consumo	Mto	Coste anual	Coste total	
0	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0	0,000	72462,790	-69653,570
1	3903,187	140	4043,187	4043,187	2619,638	50	2669,638	75132,428	-71089,241
2	4225,468	140	4365,468	8408,655	2671,003	50	2721,003	77853,431	-69444,776
3	4547,750	140	4687,750	13096,405	2722,369	50	2772,369	80625,800	-67529,394
4	4870,031	140	5010,031	18106,437	2773,734	50	2823,734	83449,534	-65343,097
5	5192,313	140	5332,313	23438,750	2825,100	50	2875,100	86324,633	-62885,884
6	5514,594	140	5654,594	29093,344	2876,465	50	2926,465	89251,098	-60157,755
7	5836,876	140	5976,876	35070,220	2927,830	50	2977,830	92228,929	-57158,709
8	6159,157	140	6299,157	41369,377	2979,196	50	3029,196	95258,125	-53888,748
9	6481,439	140	6621,439	47990,816	3030,561	50	3080,561	98338,686	-50347,870
10	6803,720	140	6943,720	54934,536	3081,927	50	3131,927	101470,613	-46536,077
11	7126,002	140	7266,002	62200,538	3133,292	50	3183,292	104653,905	-42453,367
12	7770,565	140	7910,565	70111,103	3184,658	50	3234,658	107888,563	-37777,460
13	8092,846	140	8232,846	78343,949	3236,023	50	3286,023	111174,586	-32830,637
14	8415,128	140	8555,128	86899,077	3287,389	50	3337,389	114511,975	-27612,898
15	8737,409	140	8877,409	95776,487	3338,754	50	3388,754	117900,729	-22124,242
16	9059,691	140	9199,691	104976,177	3390,120	50	3440,120	121340,848	-16364,671
17	9381,972	140	9521,972	114498,150	3441,485	50	3491,485	124832,333	-10334,184
18	9704,254	140	9844,254	124342,403	3492,850	50	3542,850	128375,184	-4032,780
19	10026,535	140	10166,535	134508,939	3544,216	50	3594,216	131969,400	2539,539
20	10348,817	140	10488,817	144997,755	3595,581	50	3645,581	135614,981	9382,774
21	10671,098	140	10811,098	155808,854	3646,947	50	3696,947	139311,928	16496,926
22	10993,3797	140	11133,380	166942,233	3698,31218	50	3748,312	143060,240	23881,994

Como se puede observar en la tabla, en 18-19 años se consigue la amortización del coste de la instalación.

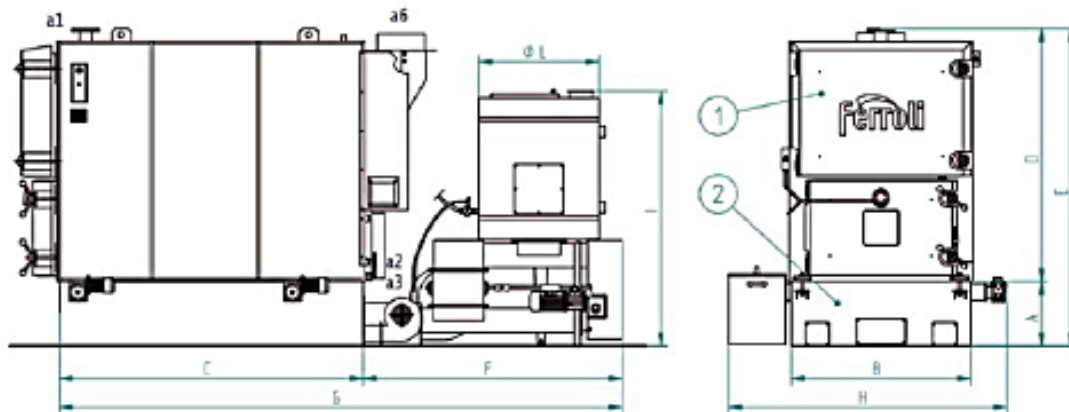
El motivo principal de que el payback periodo de recuperación sea tan extenso es debido al precio actual del pellet de alta calidad de biomasa. No obstante, la implantación de un sistema renovable en las viviendas no es solo una cuestión económica como se ha descrito en la introducción del documento.

1.4. ANEXOS: CATÁLOGOS Y REPORTAJE FOTOGRÁFICO

1.4.1. CATÁLOGOS

CALDERA DE BIOMASA FERROLI

DIMENSIONI DIMENSIONS



Legenda

- 1 Corpo Caldaia
- 2 Basamento
- 3 Tramoggia
- 4 Focolare meccanico

- a1 Mandata
- a2 Ritorno
- a3 Scarico
- a4 Att. dissipatore di calore
- a5 Att. sonda dissipatore
- a6 Attacco camino

Key

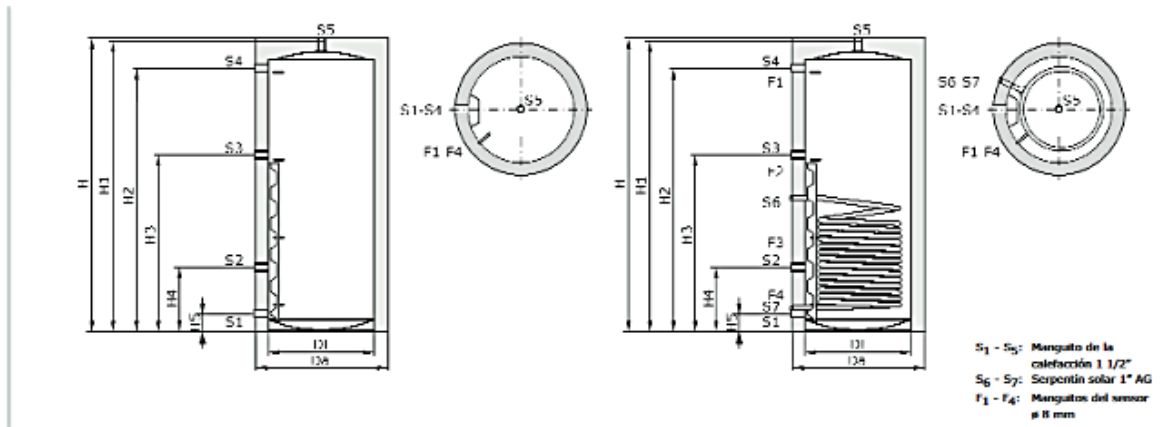
- 1 Boiler body
- 2 Boiler bed
- 3 Hopper
- 4 Mechanical furnace

- a1 Outlet
- a2 Return
- a3 Drain
- a4 Att. for heatsink
- a5 Att. for sink probe
- a6 Flue connection

WM F		130	180	230	300	400	500	650	800	950	1300	1650	2000	2700	3400	4100
DIMENSIONI	A	mm	400	400	400	450	450	500	500	500	540	540	560	660	660	660
DIMENSIONS	B	mm	900	900	900	1270	1270	1270	1560	1560	1560	2000	2000	2480	2480	2480
	C	mm	930	1250	1500	1450	1800	2170	2000	2500	2950	3000	3500	4000	4000	4750
	D	mm	1400	1400	1400	1800	1800	1800	2100	2100	2540	2640	2640	3240	3240	3240
	E	mm	1800	1800	1800	2250	2250	2600	2600	2600	3200	3200	3200	3900	3900	3900
	F	mm	1950	1650	1950	2550	2200	1850	3050	2800	2150	5450	2950	2450	4250	3500
	G	mm	2900	2900	2900	4000	4000	4000	5100	5100	5100	6450	6450	6450	8250	8250
	H	mm	1650	1650	1650	2000	2000	2000	2350	2350	2350	2850	2850	2850	3400	3400
	I	mm	1700	1700	1700	1850	1850	1850	1900	1900	1900	2250	2250	2500	2500	2500
	L	mm	850	850	850	850	850	850	850	850	1200	1200	1200	1500	1500	1500
	a1-a2	DN	65	65	65	80	80	80	100	100	100	125	125	125	150	150
	a3	DN	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	a4	DN	25	25	25	25	25	25	25	25	32	32	32	32	32	32
	a5	DN	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	a6	mm	500	300	300	350	350	350	450	450	450	550	550	550	650	650
Pesa caldaie / Boiler weight		kg	1400	1800	2000	3400	3800	4200	5600	6100	6600	9500	11500	14000	21500	24000

Imagen 25: Ficha técnica caldera Ferrol

DEPÓSITO DE INERCIA



Dimensiones		700	850	1000	1500	1800	2200	
H	Altura del depósito (con aislamiento)	[mm]	1660	1960	2170	2190	2195	2650
H1	Altura del depósito (sin aislamiento)	[mm]	1647	1950	2160	2180	2185	2640
H2	Alimentación	[mm]	1430	1730	1940	1940	1940	2395
H3	Alimentación	[mm]	914	1090	1300	1325	1325	1780
H4	Retorno	[mm]		470	470	500	500	500
H5	Retorno	[mm]	130	130	130	180	180	180
Di	Diámetro del depósito (sin aislamiento)	[mm]	785	785	785	960	1090	1090
Da	Diámetro del depósito (con aislamiento)	[mm]	985	985	985	1160	1290	1290
	Mínima anchura de incorporación	[mm]	800	800	800	980	1120	1120
	Altura mínima de la sala (altura de basculación)	[mm]	1750	2000	2220	2250	2300	2720

Datos técnicos		700	850	1000	1500	1800	2200
	Contenido de agua caliente del depósito estratificado [l]	700	830	1000	1400	1800	2200
	Contenido de agua caliente del depósito solar estratificado [l]	687	812	982	1379	1776	2176
	Presión de trabajo permitida [bar]	3	3	3	3	3	3
	Temperatura de trabajo permitida [°C]	95	95	95	95	95	95
	Peso [kg]	130	140	155	210	230	280
	Peso con serpentín solar ¹⁾ [kg]	175	185	200	268	288	338

Imagen 26: Ficha técnica depósito de inercia

1.4.2. REPORTAJE FOTOGRÁFICO EDIFICIO



Imagen 27: Foto de vista lateral del edificio



Imagen 28: Foto de fachada principal edificio

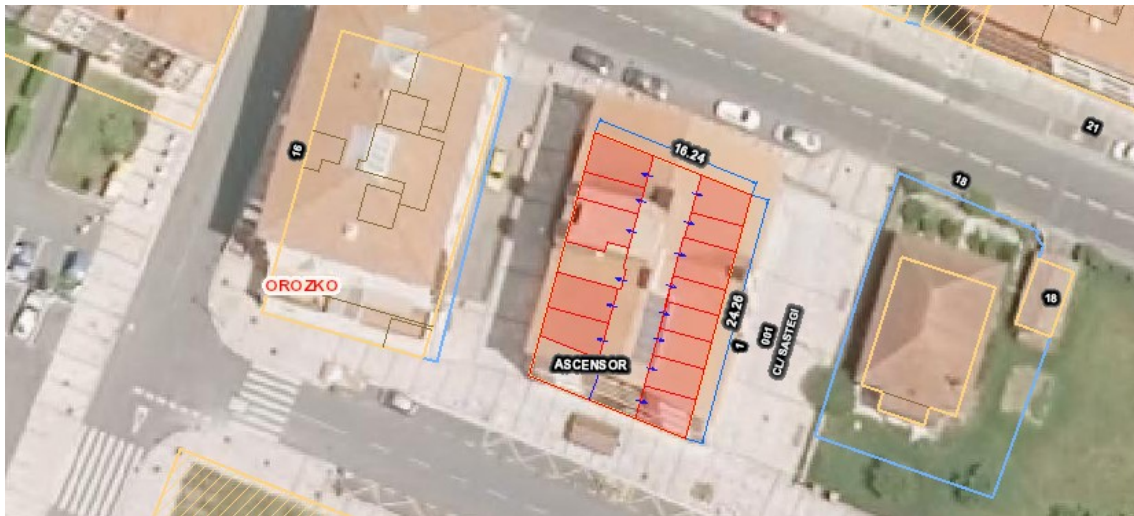


Imagen 29: Vista aérea del edificio, sótano [12]

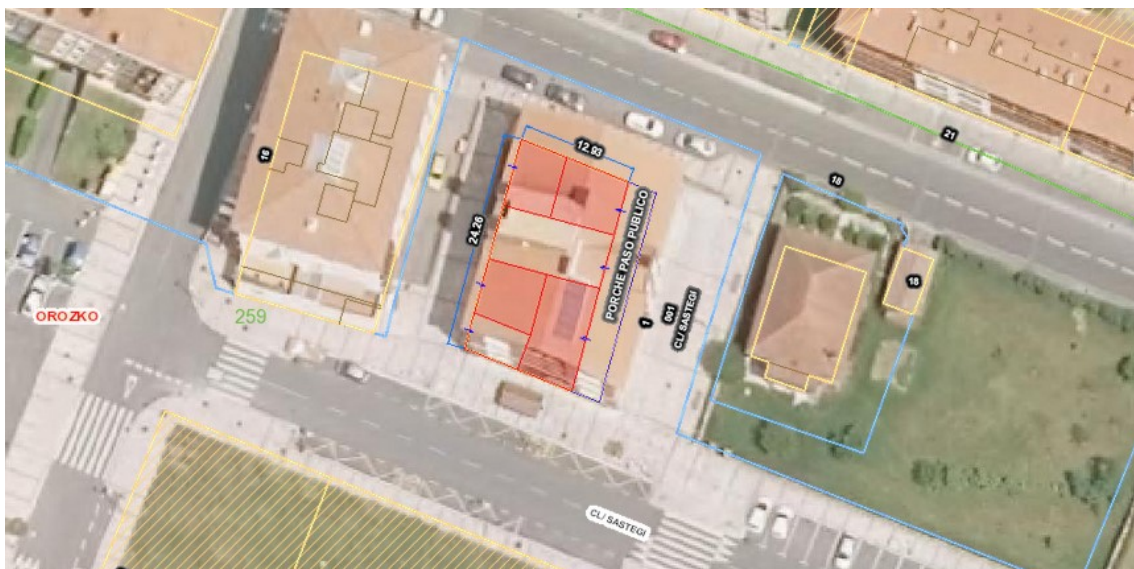


Imagen 30: Vista aérea del edificio, planta baja [12]

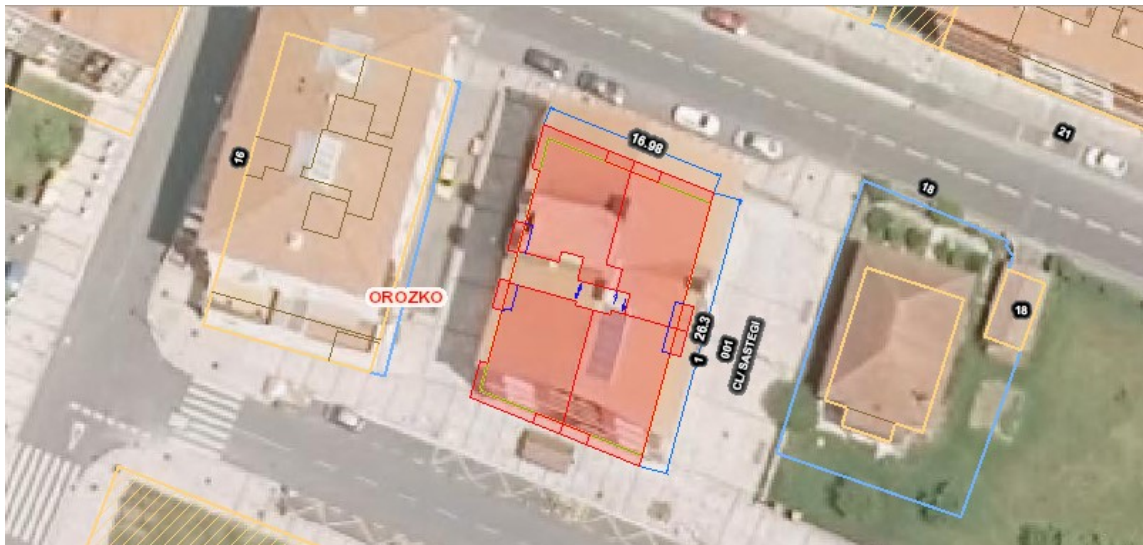


Imagen 31: Vista aérea del edificio, plantas primera, segunda y tercera [12]



Imagen 32: Vista aérea del edificio, cuarta planta [12]

1.5. BIBLIOGRAFÍA

Documentos:

- [1] Inventario y caracterización de residuos de madera tratada en la comunidad autónoma del país vasco. IHOBE. Eusko Jaurlaritza – Gobierno Vasco. [2005]
- [2] *Manuel Camps Michelena, Francisco Marcos Martín: “Los biocombustibles”,* Ediciones Mundi-Prensa. [2002]
- [3] *José M^º Fernandez Salgado: “Guía completa de la biomasa y los biocombustibles”,* AMV Ediciones. [2010]
- [4] *Fernando Sebastián Nogués, Daniel García-Galindo y Adeline Rezeau: “Energía de la biomasa (volumen 1)”,* Pressas Universitarias de Zaragoza. [2010]
- [5] *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) y la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR): “Guía práctica sobre instalaciones centralizadas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) en edificios de viviendas.* [2008]
- [6] *IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio: “Guía técnica para agua caliente sanitaria central”,* Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización.

Páginas web:

- [7] <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=90910&k=pva>
- [8] http://eneragro.com/silos_de_almacenamiento_para_pellets_soluciones.htm
- [9] <http://www.euskalmet.euskadi.eus>
- [10] <http://www.censolar.org/>
- [11] <http://directindustry.es/ferroli>
- [12] www.bizkaia.eus
- [13] <https://www.materialescalefaccion.com>
- [14] <http://www.valnicrom.com/diferencias-una-valvula-bola-una-mariposa/>
- [15] <https://www.materialescalefaccion.com/59-aluminio>

- [16] <https://www.bombashasa.com/imag/cat-especificos/catalogo5.pdf>
- [17] http://www.ibaiondo.es/descargas/catalogo_IBAIONDO.pdf
- [18] http://www.gestoresresiduos.es/gestores_de_residuos.html
- [19] <http://www.tecsostenible.com/docs/depositos/catalogo-depositos-froling.pdf>
- [20] <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/plan-de-energias-renovables-2011-2020>

Firma:

