Proyecto de sustitución de caldera de gasoil por caldera de biomasa en CIN Ochagavia

ÍNDICE GENERAL
MEMORIA
CÁLCULOS
PLANOS
PLIEGO DE CONDICIONES
MEDICIONES
PRESUPUESTO
ANEXOS

MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Volumen 1 de 1

Para:
Sección de Sostenibilidad, Educación
Ambiental y Participación Pública
Gobierno de Navarra

Por:
David Yerro Lizarazu

ÍNDICE GENERAL

1. MEMORIA 4

2. CÁLCULOS 60

3. PLANOS 85

4. PLIEGO DE CONDICIONES 95

5. MEDICIONES 105

6. PRESUPUESTO 118

7. ANEXOS 124

Listado de abreviaturas:

CIN: Centro de Interpretación de la Naturaleza

DI: Diámetro Interior

ICAEN: Instituto Catalán de Energía

IDAE: Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía

IT-IC: Instrucción Técnica Complementaria

PEFC: Programa para el Reconocimiento de la Certificación Forestal

RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios

RSE: Dispositivo de protección de retorno de llama

SLE: dispositivo extintor automático con aspersores

RESUMEN

El proyecto ha sido encargado por el Gobierno de Navarra, teniendo por objeto la instalación de una caldera de biomasa en el Centro de Interpretación de la Naturaleza (CIN) de Ochagavía, sustituyéndose la actual caldera de gasóleo del CIN.

Ante esto, el TFM tiene como objetivo la elaboración de dicho proyecto de sustitución de la caldera actual y el análisis de la disponibilidad de biomasa local a partir de datos de inventarios forestales, con la elaboración de un mapa de información geográfica.

Se realiza un estudio de alternativas posibles para realizar el proyecto, y se evalúan dichas alternativas desde el punto de vista de la sostenibilidad y sus tres pilares fundamentales (economía, medio ambiente y sociedad)

El resultado final es la instalación de una caldera de biomasa, la cual admite como combustible tanto pellet como astilla, de 101 kW de potencia nominal y capaz de suministrar el agua caliente empleada en el CIN para el sistema de calefacción.

También se diseña un silo de almacenamiento del combustible elegido (pellet), el sistema de llenado neumático de dicho silo, el sistema de alimentación de la caldera a través de un sinfín flexible y un nuevo conducto de evacuación de humos que se ajuste a la normativa y recomendaciones vigentes.

El proyecto tiene un presupuesto total de ejecución por contrata de 51.193,19 €

Palabras clave: Biomasa, sostenibilidad, biocombustible, forestal, calefacción

ABSTRACT

The project has been ordered by the Navarra's Government, with the purpose of installing a biomass boiler at the Nature Interpretation Center (CIN) of Ochagavía, replacing the current gasoil boiler.

In view of this, the objective of this TFM is the elaboration of that project in order to replace the current boiler and the analysis of the availability of local biomass from data of forest inventories.

At first, I did a study of possible alternatives to carry out the project, and these alternatives were evaluated from the point of view of sustainability and its three fundamental pillars (economy, environment and society)

The final result is the installation of a biomass boiler, which admits both pellet and wood chips as fuel, with a nominal power of 101 kW, and capable of supplying the hot water used in the CIN for the heating system.

A fuel storage silo for the pellet is also designed, a neumatic filling system, the boiler feeding system and a new smoke evacuation pipe that conforms to the regulations and current recommendations.

The project has a total contract budget of 51,193.19€

Key words: Biomass, sustainability, biofuel, forest, heating system

Proyecto de sustitución de caldera de gasoil por caldera de biomasa en CIN Ochagavia

DOCUMENTO BÁSICO 1
MEMORIA

MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Volumen 1 de 1

Para:
Sección de Sostenibilidad, Educación
Ambiental y Participación Pública
Gobierno de Navarra

Por:
David Yerro Lizarazu

ÍNDICE

1. OBJETO 4

2. ANTECEDENTES 5

2.1 El uso de biomasa como combustible sólido 5

2.2 Condicionantes legales y normativa aplicable 9

2.3 Condicionantes del medio 10

3. DATOS DE PARTIDA 16

3.1 Descripción general del edificio 16

3.2 Demanda térmica edificio 17

3.3 Instalación actual 18

4. CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DEL PROYECTO 20

5. POSIBLES SOLUCIONES 20

5.1 Alternativa 1: Pellet comprado 23

5.2 Alternativa 2: Astilla producida 26

5.3 Alternativa 3: mixto astilla-pellet 30

5.4 Criterios de valoración de las alternativas 33

5.5 Solución adoptada 35

6. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LO PROYECTADO 38

6.1 Mejoras instalación actual 38

6.2 Combustible 39

6.3 Caldera 39

6.4 Chimenea y evacuación de gases 43

6.5 Equipos auxiliares de la instalación 44

6.6 Sala de calderas 45

6.7 Silo de almacenamiento 47

6.8 Pruebas de la instalación 50

6.9 Tareas de mantenimiento 51

7. ETAPAS Y PLAZOS DE EJECUCIÓN 52
7.1 Actividades principales 52
7.2 Detalle secuencial de la ejecución de obras 53
7.3 Planing de la obra (Diagrama de Gantt) 53

8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO 54

9. CONCLUSIONES 54

10. BIBLIOGRAFIA 55

1. OBJETO

El proyecto ha sido encargado por el Gobierno de Navarra, teniendo por objetivo la instalación de una caldera de biomasa en el Centro de Interpretación de la Naturaleza (CIN) de Ochagavía, sustituyéndose la actual caldera de gasóleo del CIN.

Se trata de un proyecto solicitado ante el compromiso de la sostenibilidad, que pretende un ahorro económico, una reducción importante del impacto ambiental y generar un impacto social, dando ejemplo desde la Administración en la utilización de energías limpias y renovables.

En la Comarca Pirenaica, el Gobierno de Navarra cuenta con los Centros de Interpretación de la Naturaleza y Oficinas de Información Turística de Ochagavía y Roncal, y el Centro de Interpretación de la Naturaleza de Lumbier. Estas instalaciones tienen calderas de gasoil con bastantes años de antigüedad, con consumos elevados y que presentan problemas de mantenimiento, por lo que es necesaria su sustitución a corto plazo por otro sistema de climatización y agua caliente más eficiente y con un mantenimiento más sencillo.

La Comarca Pirenaica de Navarra es una comarca de marcado carácter forestal, siendo la biomasa forestal un recurso abundante, de forma que estos edificios públicos son un lugar idóneo para el desarrollo de este tipo de proyectos piloto.

Pero además, estos Centros ofrecen una oportunidad añadida para la comunicación y difusión a la sociedad de las ventajas y beneficios del uso de la madera en general y la biomasa forestal en particular, ya que se trata de equipamientos para la educación ambiental que reciben un gran número de visitantes cada año.

De esta forma, la integración del sistema de calefacción y agua caliente como un elemento más de la exposición permanente de estos centros, y la creación de un programa adecuado, pueden constituir una oportunidad para transmitir la necesidad de fomentar el uso de la biomasa forestal como una energía renovable aprovechada de forma sostenible en edificios.

Por todo ello, el proyecto se centra en la sustitución de la caldera del CIN de Ochagavía (siendo el que recibe un mayor número de visitantes), teniendo como **objetivos**:

- Desarrollo de estudio-proyecto para la sustitución de la caldera de gasoil por caldera de biomasa
- Análisis de la disponibilidad de biomasa local a partir de datos de inventarios forestales, con la elaboración de un mapa de información geográfica
- Redacción de un plan para el suministro de biomasa forestal local si la alternativa final elegida así lo requiriera

El CIN de Ochagavía está localizado en la propia de localidad de Ochagavía, en la calle Barrio Labaria, número 25 (Figura 1).

Figura 1. Localización del CIN de Ochagavía en la localidad.
(Fuente: SITNA, 2017)

La situación y localización más concreta tanto de la localidad como del municipio, dentro de la Comunidad Foral de Navarra, se muestran en el Plano 1: Situación y localización del CIN de Ochagavia, del Documento Básico 3: Planos.

2. ANTECEDENTES

2.1 El uso de biomasa como combustible sólido

2.1.1 La biomasa

El término biomasa es un término muy amplio, el cual engloba una gran cantidad de tipos de biomasa y no todos ellos son apropiados para su aprovechamiento energético, ni muchísimo menos para su utilización como combustibles en calderas o estufas de biomasa.

Según la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, se define la biomasa como *la fracción biodegradable de los productos, material de desecho y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias -incluidas las sustancias de origen vegetal y animal-, de la selvicultura y de las industrias relacionadas -incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales*.

Otra definición de biomasa es la aportada en la Norma Europea EN 14588, la cual define la biomasa como *todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización.*

Según estas definiciones existe una gran diversidad de productos que se pueden considerar biomasa. Hay de tipo forestal, agrícola, del sector ganadero y agroalimentario y de tipo residual. También hay cultivos destinados de manera específica a la producción de energía (cultivos energéticos) (*ICAEN*, 2016).

En Navarra el recurso natural más abundante y sostenible es la biomasa forestal. La biomasa forestal es la materia orgánica existente en los montes (troncos, ramas, hojas,…) y la que se

obtiene como residuo de la industria maderera (serrín, viruta, corteza,…) Hay que tener en cuenta que en Navarra sólo se aprovecha la tercera parte de lo que crecen al año los bosques, y además el 57% de la superficie forestal cuenta con el certificado PEFC de gestión forestal sostenible. (*Gobierno de Navarra*, 2017). Esto es un indicativo del potencial forestal disponible en Navarra, y un motivo para fomentar su uso como combustible ante otras fuentes de energía.

La energía producida a partir de esta biomasa puede utilizarse para calefacción y agua caliente en edificios, se puede emplear como fuente de calor en la industria y puede generar electricidad. La utilización de biomasa para producir calor no es algo nuevo, ya que ha sido la principal fuente de energía hasta finales del s.XVIII. A partir de entonces ha ido perdiendo importancia como consecuencia de la mayor utilización de los combustibles fósiles (petróleo, gas, gasóleo,…) Sin embargo, la subida del precio de estos combustibles fósiles y el aumento de la sensibilización en materia medioambiental está generando un nuevo aumento del empleo de biomasa forestal como fuente de energía (*Gobierno de Navarra,* 2017)

Para el caso concreto de este proyecto nos centraremos en la descripción de los biocombustibles sólidos, por ser los biocombustibles empleados en el tipo de calderas que se desea implantar en el proyecto.

2.1.2 Descripción de los biocombustibles sólidos más frecuentes

En el mercado existen distintos tipos de biocombustibles sólidos, destacando principalmente los biocombustibles de origen forestal, como pueden ser:

- Pellet: son cilindros producidos al comprimir a alta presión serrines, virutas o astillas de madera molidas. Tienen de 5 a 50 mm de longitud y entre 4 y 12 mm de diámetro. En el proceso de producción únicamente se emplea alta presión y vapor, nada de productos químicos ni pegamentos. Su contenido en humedad ronda el 12% y es un biocombustible muy utilizado por pequeños consumidores. (Gobierno de Navarra, 2017). Tiene un poder calorífico que puede oscilar entre los 17.000 y 19.000 kJ/kg (*Consorci forestal de Catalunya,* 2016).

- Astilla: son pequeñas piezas obtenidas tras el astillado o trituración de la madera. Son de tamaño variable, por debajo de los 6 cm de longitud y de los 2 cm de grosor. Al no estar comprimidas, tienen menor poder calorífico que los pellet. Su poder calorífico cuando la humedad es inferior al 30% (b.h.), puede oscilar entre los 10.000 y 16.000 kJ/kg, en función de la especie utilizada (*Consorci forestal de Catalunya*, 2016).

En la Figura 2 se puede ver una muestra del aspecto más habitual de los dos biocombustibles sólidos descritos.

Figura 2. Ilustraciones de los dos tipos de biomasa sólida de origen forestal empleada más habitualmente. Pellet y astilla de madera respectivamente.
(Fuente: Elaboración propia)

En la Tabla 1 se muestra una comparativa de las características energéticas de cada uno de los biocombustibles descritos.

Tabla 1. Características generales de los biocombustibles sólidos de origen forestal más frecuentes
(Fuente: Agencia Extremeña de la Energía, 2017)

COMBUSTIBLE	PCI		HUMEDAD
	kJ/kg	kWh/kg	b.h (%)
Pellet	17.000-19.000	4,7-5,3	<15
Astilla	10.000-16.000	2,8-4,4	<40

Se puede observar como destaca el pellet por su elevado poder calorífico inferior, siendo la astilla el que peor valor tiene en cuanto a los kWh generados por cada kg de combustible. Cada uno de estos biocombustibles tienen además otra serie de ventajas y desventajas que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los biocombustibles sólidos de origen forestal más frecuentes.
(Fuente: Agencia Extremeña de la Energía, 2017)

Combustible	Ventajas	Inconvenientes
Pellet	Combustible estandarizado Espacio almacenamiento Costes mantenimiento	Precio
Astilla	Disposición local Precio	Mayor espacio almacenamiento Problemas uniformidad y calidad Costes mantenimiento

2.1.3 Ventajas del empleo de biomasa como combustible

La utilización de este tipo de energía tiene una serie de ventajas o impactos positivos en los tres pilares de la sostenibilidad: economía, medioambiente y sociedad.

En el aspecto económico se trata de una energía más barata que la obtenida de combustibles fósiles. Comparando precios de los diferentes combustibles utilizados más frecuentemente se ha obtenido la Tabla 3, con datos de precios generales de cada uno de los combustibles según el Informe de precios energéticos liberalizados elaborado por el IDAE en 2014. (*Gobierno de Navarra*, 2017)

Tabla 3. Precios energéticos liberalizados de diferentes fuentes de energía.
(Fuente: Gobierno de Navarra, 2017)

Combustible	Precio (cent. €/kWh)
Electricidad	13,00
Butano	11,03
Gasóleo-C	8,08
Gas Natural	5,73
Pellet	5,34
Astilla	3,27

En la Tabla 3 se puede observar como la biomasa sólida es uno de los combustibles más competitivos económicamente, teniendo precios similares al Gas Natural en el caso del pellet o incluso mucho menores en el caso de la astilla. Además se trata de combustibles presentes en nuestro entorno por lo que su precio y disponibilidad no son tan dependientes de las variaciones en mercados internacionales. (*Gobierno de Navarra*, 2017)

En el aspecto social destaca principalmente si se enfoca desde una perspectiva de aprovechar los recursos propios de cada zona, generando su aprovechamiento y transformación empleo local y desarrollo en las zonas rurales. (*Gobierno de Navarra*, 2017)

Por último, en el aspecto medioambiental, hay que tener en cuenta que una gestión forestal adecuada da lugar a un recurso energético inagotable. También es muy importante considerar el aspecto de que la madera es el único combustible que tiene un balance neutro de emisiones de CO_2, ya que el CO_2 emitido en su combustión ha sido previamente fijado por los árboles al realizar la fotosíntesis, como se muestra en la Figura 3. Además, una adecuada gestión y utilización de este recurso disminuye considerablemente el riesgo de incendios forestales y permite conservar la biodiversidad en los bosques. (*Gobierno de Navarra*, 2017)

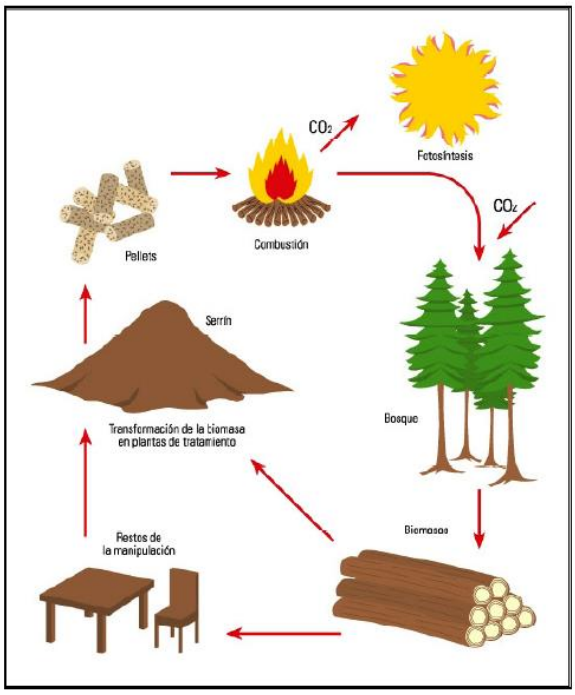


Figura 3. Ciclo del CO_2 en el proceso de obtención y combustión de la biomasa sólida de origen forestal. (Fuente: Agencia Extremeña de la Energía, 2017)

2.2 Condicionantes legales y normativa aplicable

El diseño y cálculo de las instalaciones y equipos necesarios para el proyecto se ha llevado a cabo de acuerdo a los siguientes reglamentos:

- **Directiva 2009/28/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- **Real Decreto 314/2006**, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, con su última modificación el 27 de junio de 2013.
- **Real Decreto 1027/2007**, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), con su última modificación el 13 de febrero de 2016.
- Norma **UNE-EN 12831:2003**. Sistemas de calefacción en edificios. Método para el cálculo de la carga térmica de diseño.
- Norma **UNE-EN 1856-1:2010**.Chimeneas. Requisitos para chimeneas metálicas. Parte 1: chimeneas modulares.
- Norma **EN 14588:2011**. Biocombustibles sólidos. Terminología, definiciones y descripciones.
- Norma **UNE-EN 14961-2:2011**. Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 2: Péllets de madera para uso no industrial. (Actual **UNE-EN ISO 17225-1:2014**)
- Norma **UNE-EN 14961-4:2011**. Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 4: Astillas de madera para uso no industrial. (Actual **UNE-EN ISO 17225-1:2014**)
- Norma **UNE-EN 13384-1:2016**. Chimeneas. Métodos de cálculo térmicos. Parte 1: chimeneas que se utilizan con un único aparato generador de calor.

2.3 Condicionantes del medio

El diseño y cálculo de una instalación de calefacción de estas características vendrá marcado fundamentalmente por dos aspectos: las condiciones interiores y exteriores de temperatura consideradas, y la disponibilidad de biomasa forestal en la zona para aprovecharla como combustible.

Es por esto por lo que los condicionantes del medio considerados y explicados en los siguientes apartados han sido la climatología de la zona, con el fin de conocer las temperaturas exteriores de diseño que se deberán considerar, y la disponibilidad de biomasa forestal en los montes de la zona, con el fin de conocer si será posible el abastecimiento de combustible a partir de recursos locales.

2.3.1 Datos climáticos zona

La localidad de Ochagavía se encuentra dentro de la zona climática pirenaica, caracterizándose por veranos cortos y suaves, e inviernos largos y fríos. Además, en invierno, es habitual la nieve. Los datos climáticos recogidos desde el año 1974 en la estación manual de Esparza de Salazar, a 10 minutos de la localidad, se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Datos climáticos de la estación meteorológica de Esparza de Salazar, para la serie temporal 1974-2016. (Fuente: Meteo Navarra, 2018)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Precipitación media (mm)	120	106	100	120	110	70	49	47	76	129	136	130	1.191,5
Temperatura media de máximas	8,1	9,3	12,4	14	18,1	23	26,4	26,5	22,9	22,9	11,7	8,6	16,6
Temperatura media	3,4	4,3	6,8	8,7	12,3	16,3	18,9	18,9	15,7	15,7	6,8	4,1	10,6
Temperatura media de mínimas	1,3	-0,8	1,1	3,3	6,4	9,5	11,3	11,4	8,5	8,5	1,9	-0,4	4,7

En la Tabla 4 se pueden comprobar las bajas temperaturas que se dan prácticamente desde Noviembre hasta Mayo, con temperaturas medias entre los 7 y los 13 ºC, y con medias de mínimas entre los 5 y los -1 ºC. Esto será importante tenerlo en cuenta posteriormente para determinar la temperatura exterior de diseño en el cálculo de la carga térmica del edificio.

En la Figura 4 el diagrama ombrotérmico de la localidad, donde se pueden observar las abundantes precipitaciones que se dan durante prácticamente todo el año, lo que presupone que la humedad exterior será alta durante prácticamente todo el periodo en el que el sistema de calefacción se encuentre en funcionamiento.

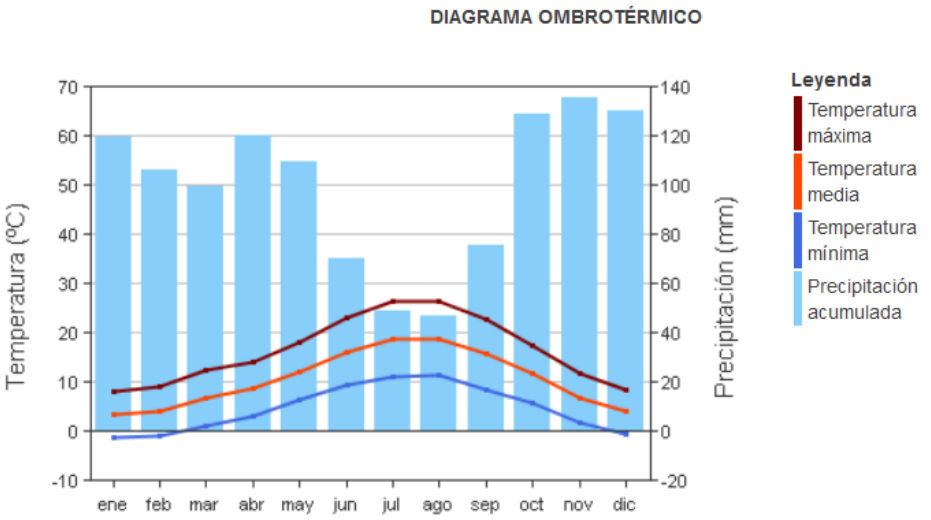


Figura 4. Diagrama ombrotérmico de la estación manual de Esparza de Salazar.
(Fuente: Meteo Navarra, 2018)

2.3.2 Disponibilidad biocombustible local

La localidad de Ochagavía se encuentra dentro de la Comarca Pirenaica de Navarra, una comarca de marcado carácter forestal, en la que la biomasa forestal es un recurso abundante. Por ello se considera esto como un condicionante del medio, pero pese a ello se cree necesario analizar la disponibilidad de biomasa local en sus diferentes formas (recursos forestales, residuos y subproductos de empresas madereras o empresas productoras de biomasa) y cuantificarla para conocer las cantidades que habría disponibles en caso de ser utilizadas como fuente de biocombustible para el CIN.

El III Plan Energético de Navarra, horizonte 2020, recoge aspectos concretos relativos a la biomasa forestal en Navarra. De la superficie total de la Comunidad Foral, aproximadamente el 65% tiene la catalogación de terreno forestal, y de este aproximadamente 360.000 ha son terreno forestal de bosques autóctonos.

Respecto a los aprovechamientos forestales maderables (madera, leña y tronquillo) en Navarra, la cifra media entre 1998 y 2013 se sitúa en torno a 274.510 m^3/año, aumentándose las autorizaciones de corta un 23% en ese periodo.

Una conclusión importante extraída del análisis del aprovechamiento actual de los sistemas forestales es que se aprovecha solo una cuarta parte del crecimiento corriente anual de la superficie forestal arbolada de Navarra. Por tanto, el margen existente para la producción de biomasa forestal es muy amplio, y el uso y fomento de este tipo de combustible en otros edificios y viviendas de la zona no repercutirá en sectores ya asentados y que también demandan recursos forestales (madera de sierra, poste, papel, embalaje,…)

Además hay que tener en cuenta que más del 80% de la madera de titularidad pública aprovechada cuenta con certificados de gestión forestal sostenible (cuent con la certificación PEFC, Programa para el Reconocimiento de la Certificación Forestal), asegurando la sostenibilidad de la gestión del recurso forestal. Esto supone una importante ventaja competitiva de los recursos procedentes de bosques navarros y facilita el impulso del aprovechamiento forestal con fines energéticos.

Teniendo en cuenta todos estos antecedentes positivos en relación al sector forestal en Navarra, el promotor del proyecto considera como objetivo importante la utilización de recursos forestales locales, por lo que se considera necesario analizar qué fuentes de biomasa utilizable como combustible hay en la zona. Los recursos forestales predominantes en la zona son hayedos (*Fagus sylvatica*), abetos (*Abies alba*) y pino albar (*Pinus sylvestris*).

La obtención de biomasa local o cercana puede proceder de dos fuentes: la propia biomasa disponible en los bosques o bien restos de industrias madereras cercanas. También hay que analizar qué empresas productoras de biocombustibles están cerca de la localidad, ya que pueden ser importantes suministradores del biocombustible.

Estimación de recursos forestales locales
Con el objetivo de estimar la cantidad de biomasa local que puede haber disponible en la zona, se utilizan los datos de inventarios forestales cedidos por el Gobierno de Navarra para elaborar un mapa de información geográfica en el que queden recogidos estos datos, de manera que de forma visual se conozca la disponibilidad de biocombustible en los diferentes rodales y masas de la zona de Ochagavia.
A través de este estudio de los datos de inventariado forestal y su aplicación a un sistema de información geográfica se ha podido obtener información en cuanto a la disponibilidad de biocombustible en la zona cercana al CIN.

Se muestra en la Figura 5 una imagen de la principal zona de influencia de Ochagavia, la cual está dividida en diferentes montes para su gestión forestal. Destacan por su importancia forestal los montes del Irati, de Ezcaroz y de Ochagavia, teniendo una menor importancia los montes de Izalzu o Facerío 9. Se trata de una superficie total de 166,5 km^2, de la cual se disponen datos de inventario de un total de 68,1 km^2 (40% de la superficie total del municipio) por lo que el nivel de conocimiento de los recursos forestales disponibles se puede considerar elevado.

Figura 5. División de la zona de Ochagavia en sus términos y montes más importantes

De los datos aportados por el Gobierno de Navarra a través del inventariado forestal y planes de corta, se han extraído una serie de datos generales de cada una de las zonas y se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen de los datos de inventario forestal del Gobierno de Navarra

Término	Superficie inventariada (ha)	Superficie forestal aprovechable (ha)	Volumen madera total proyectado m^3	Rendimiento forestal medio masas m^3/ha
Monte del Irati	5.027,9	5.027,9	1.800.000	360
Ezcároz	869,3	727,0	170.000	230
Ochagavía	811,3	399,1	114.000	285
Izalzu	43,3	35,7	15.000	410
Facerío 9	56,7	47,7	18.000	375

Como se puede observar en los datos aportados por la tabla, la capacidad de aprovisionamiento de biocombustible local es enorme y en este sentido sería lógico centrarse en las zonas más próximas al CIN para determinar si estas también serían capaces de aprovisionar suficiente combustible para este proyecto. En la Figura 6 se muestra el municipio de Ochagavía dentro de la extensa zona descrita anteriormente.

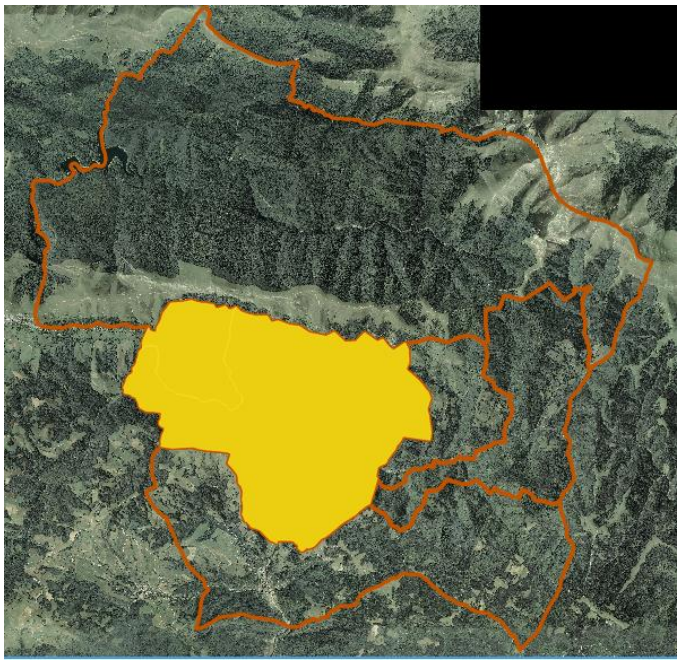


Figura 6. Municipio de Ochagavía dentro de la zona de estudio inicial

Debido a la gran disponibilidad de recursos forestales, se considera suficiente con centrar el análisis a la zona inmediatamente cercana a la localidad (Figura 7), ya que en términos de transporte y obtención del combustible al final va a ser la más rentable.

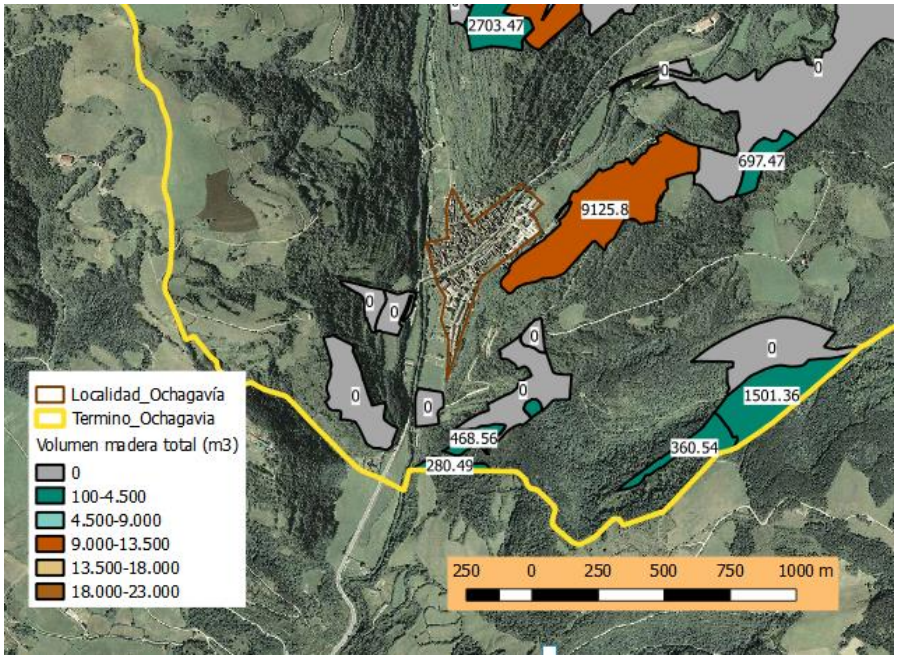


Figura 7. Disponibilidad de recursos forestales en las inmediaciones de la localidad de Ochagavía

De esta figura cabe destacar la cercanía de importantes fuentes de recursos forestales con masas que tienen hasta 9.000 m^3 de madera aprovechable a menos de 500 metros del CIN, y otras muchas masas que aún siendo más pequeñas que la ya mencionada disponen de recursos suficientes como para abastecer la demanda de biocombustible del CIN sin ningún problema y a la vez permitiendo una gestión sostenible de estos recursos.

El mapa completo de los recursos forestales de todos los montes mencionados, elaborado a partir de los datos de inventarios forestales, se muestra en el Plano 2: Disponibilidad de biocombustible forestal en la zona, del Documento Básico 3: Planos.

Como ya se ha dicho anteriormente, otras fuentes de combustible que pueden darse en la zona son restos de industrias madereras o empresas productoras del propio biocombustibles. Por ello también se hace un análisis de ambos casos, estudiando madereras y productoras cercanas.

Industrias madereras

En la Tabla 6 se indican industrias madereras cercanas a la zona del CIN que podrían suponer una fuente de biocombustible de origen local.

Tabla 6. Distancias de las empresas madereras cercanas al CIN

Empresa	Distancia al centro (km)
Maderas Jimeno	15,4
Maderas Ederra	22,9
Maderas valle del Roncal	32
Barbiur	88,9

Sin embargo, tras mantener contacto con algunas de ellas, **se desestima esta fuente de biocombustible** ya que la mayoría obtiene restos en forma de astilla con un contenido en humedad demasiado alto. Para poder usarse como combustible en una instalación de este tipo requerirían de un tratamiento de secado previo, y es por ello por lo que se desestiman.

Empresas productoras

Las principales empresas productoras de biomasa ya se encuentran algo más alejadas del lugar de consumo. La única empresa con la que se ha podido establecer contacto para consultar sus productos y posibilidades de abastecimiento del combustible es la descrita en la Tabla 7, en la que se recogen también las características de los productos que comercializa.

Tabla 7. Productos y características de las empresas productoras de biomasa estudiadas.

EMPRESA	PRODUCTO	DISTANCIA PUNTO SUMINISTRO AL CENTRO (km)	MATERIA PRIMA EMPLEADA	ORIGEN MATERIA PRIMA	CERTIFICADOS CALIDAD/ SOSTENIBILIDAD	FORMA SUMINISTRO
EMPRESA 1	Astilla	31	Pino	Clareos zona Etxarri	PEFC	Sistema neumático (cisterna entera)
	Pellet			Serrín de carpinterías Navarra y País Vasco		Sistema neumático (a granel)

De dicha empresa cabe destacar la utilización de subproductos y residuos de carpinterías relativamente locales para la elaboración del pellet, y la utilización de biomasa forestal local para la elaboración de la astilla. Obteniéndose siempre ambos productos con el certificado PEFC de calidad y sostenibilidad en el aprovechamiento forestal.

3. DATOS DE PARTIDA

3.1 Descripción general del edificio

El CIN de Ochagavía se encuentra en el casco urbano de Ochagavía, y consta de tres plantas diferenciadas:

- Planta baja (192,5 m^2): se encuentra la recepción y el centro de información y documentación. Se ofrece información turística y ambiental de la zona.
- Primera planta (192,5 m^2): contiene paneles informativos relativos a la geología, fauna y vegetación de la zona.
- Segunda planta (192,5 m^2): se encuentra una exposición etnográfica sobre útiles y herramientas tradicionales del Valle de Salazar. Además dispone de una zona de sillas y proyector en la que se puede visualizar un video sobre la Selva de Irati.

La disposición de las diferentes salas en la planta baja, primera planta y segunda planta se muestra en las figuras Figura 8, Figura 9 y Figura 10 respectivamente. Además se representan todas ellas a escala y acotadas en el Plano 3.A, Plano 3.B y Plano 3.C (Planos de la situación inicial) del Documento Básico 3: Planos.

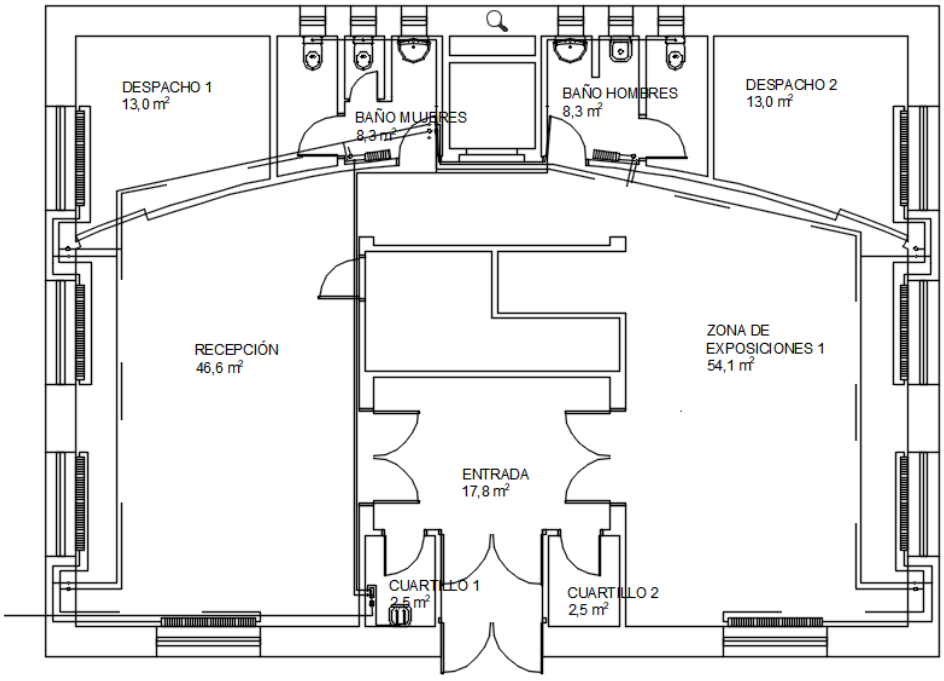


Figura 8. Esquema de la disposición actual de la planta baja del CIN de Ochagavía

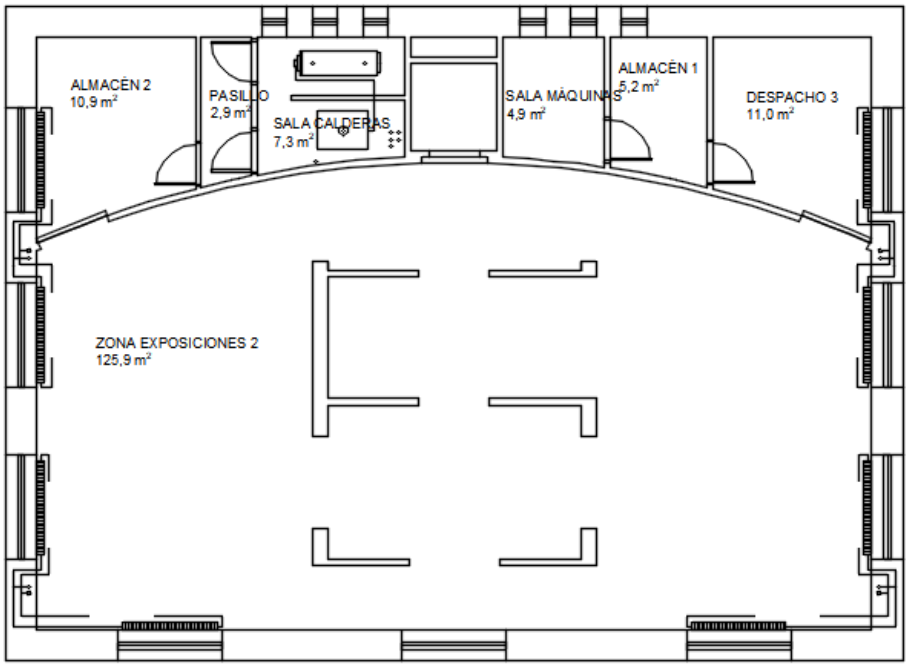


Figura 9. Esquema de la disposición actual de la primera planta del CIN de Ochagavía

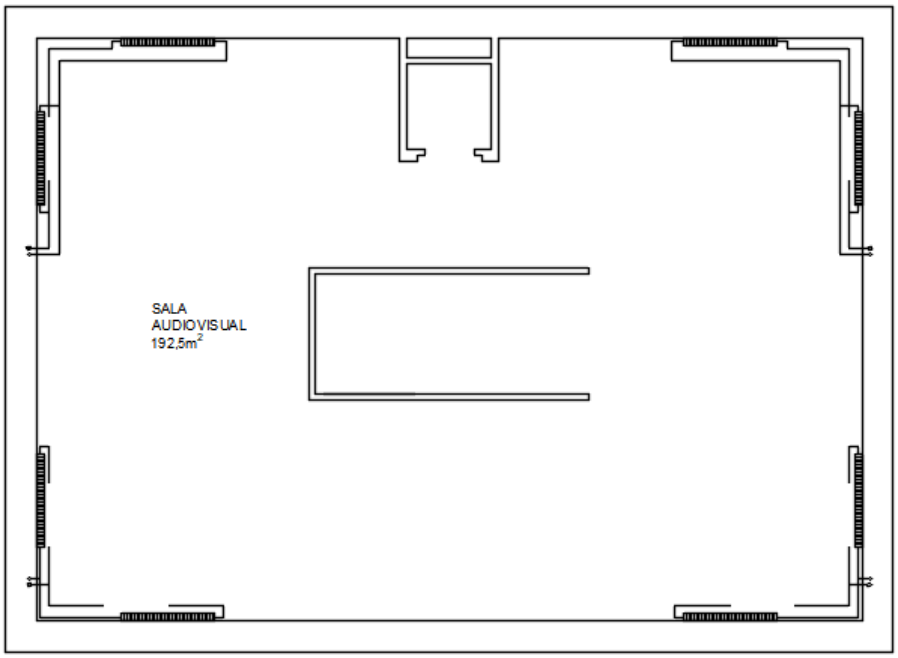


Figura 10. Esquema de la disposición actual de la segunda planta del CIN de Ochagavía

3.2 Demanda térmica edificio

El edificio que debe calentar la caldera está situado en la localidad de Ochagavía, mostrándose anteriormente, en las Figuras 8, 9 y 10 un esquema general de cada una de las plantas del edificio.

Para el cálculo de la carga térmica de calefacción de diseño se ha seguido el método simplificado de la norma "UNE-EN 12831:2003 Sistemas de calefacción en edificios. Método para el cálculo de la carga térmica de diseño". El método de cálculo se recoge en el Cálculo I: Carga térmica del edificio, del Documento Básico 2: Cálculos.

De acuerdo a la norma UNE-EN 12831:2003, puede considerarse como temperatura exterior de diseño la temperatura media de los dos días de más baja temperatura que se hayan registrado 10 veces en un periodo de veinte años. Según esto y los datos de la estación de Esparza de Salazar, esta temperatura exterior de diseño es de -8,5 ºC. La obtención de este dato se explica detalladamente en el Cálculo I: Carga térmica del edificio, del Documento Básico 2: Cálculos.

Las condiciones interiores de temperatura y humedad son las recogidas en la Instrucción Técnica 1: Diseño y dimensionado, del RITE (RD 1027/2007) y se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Condiciones interiores de temperatura y humedad para el cálculo de la carga térmica del edificio. (Fuente: RITE, 2016)

VERANO		INVIERNO	
T	HR	T	**HR**
23-25 ºC	**45-60%**	**21-23ºC**	**45-50%**

Teniendo en cuenta esto para este caso se han considerado temperaturas interiores de diseño de 21ºC y humedad relativa del 50%.

Los resultados obtenidos con el método de cálculo simplificado descrito en la norma se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Resultados finales del cálculo de la carga térmica del edificio

	Planta baja	Primera planta	Segunda planta	Edificio
QTransmisión (kW)	26,2	22,2	13,4	61,8
QVentilación (kW)	3,9	3,0	13,5	20,4
QCalentamiento(kW)	3,8	3,7	4,4	11,9
QTOT (kW)	**33,9**	**28,9**	**31,3**	**94,1 kW**

La pérdida térmica por transmisión es de 61,8 kW, la pérdida térmica por ventilación es de 20,4 kW y las pérdidas térmicas por el calentamiento del local son de 11,9 kW. Esto supone una carga térmica total del edificio de 94,1 kW. Los resultados desglosados para cada estancia del edificio, así como las los cálculos que se han realizado en cada caso, se muestran detallados en la Cálculo I: Carga térmica del edificio, del Documento Básico 2: Cálculos.

3.3 Instalación actual

La instalación actual de calefacción fue diseñada según el Real Decreto 1618/1980, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua caliente, y es en este Real Decreto donde se recogen las Instrucciones Técnicas Complementarias (IT.IC) mencionadas en este apartado.

Este Real Decreto 1618/1980 fue posteriormente derogado por el Real Decreto 1751/1998, el cual a su vez fue derogado por el actual Real Decreto 1027/2007 y sus actualizaciones, y será este último al que se referirá este trabajo cuando mencione el RITE.

3.3.1 Instalación actual

La instalación actual cuenta con una caldera de 80.000 kcal/h (93 kW), ligeramente inferior a la calculada en el *apartado 3.2: Demanda térmica edificio*. Dicha caldera dispondrá de los elementos exigidos en el apartado IT-IC-09. Los quemadores según IT-IC-10 y estarán homologados. El combustible empleado es gasóleo-C.

La chimenea está diseñada teniendo en cuenta la IT-IC-08, siendo una chimenea circular de acero inoxidable. La velocidad de los humos es superior a 6 m/s y tiene una longitud de 3 m, situada por encima de cualquier ventana situada dentro de un círculo de 50 m. La toma de muestras se realiza en un orificio de 5 cm situado a 1,5 m de la caldera.

Se trata de una instalación de calefacción por agua caliente a una temperatura máxima de 90ºC. Para transportar el agua a los elementos terminales se han previsto dos circuitos de tuberías independientes, accionadas por bombas independientes.

Los elementos emisores de calor son radiadores de fundición, con una temperatura superficial máxima de 90ºC. El control de temperaturas se realiza teniendo en cuenta el apartado IT-04-5 y el IT-IC.13. En este edificio se consigue mediante sistemas automáticos generales formados por sonda exterior, central de regulación y válvula de 3 vías motorizada.

Para el proyecto de los circuitos hidráulicos se ha tenido en cuenta el apartado IT-IC-14 e IT-IC-16. Cada circuito es bitubular, es decir, una tubería para llevar el agua caliente a los radiadores y otra para retomar el agua caliente de estos. Las tuberías están empotradas en el falso techo y estarán aisladas. Cada ramal y cada circuito disponen de sus correspondientes llaves de corte y regulación.

3.3.2 Consumos gasóleo

Los datos de gasóleo consumido en la instalación se han obtenido de los datos de gestión del CIN, concretamente de los gastos que este ha tenido en los años 2014, 2015 y 2016. Teniendo en cuenta el precio medio del gasóleo-C en dichos años en España (*clickgasoil.com*, 2017), en la Tabla 10 se muestran los consumos de gasóleo los últimos 3 años. También se incluyen los datos del coste de mantenimiento anual de la caldera.

Tabla 10. Consumos gasóleo y mantenimiento registrados entre los años 2014 y 2016
(Fuente: Consulta CIN Ochagavía)

Año	2014	2015	2016
Gastos gasóleo (€)	1.297,60	2.750,67	1.239,00
Precio medio gasóleo (€/l)	*0,761*	*0,947*	*1,007*
Consumo Gasóleo (l)	*1.705,12*	*2.904,61*	*1.230,39*
Costes mantenimiento caldera (€)	1.677,92	1.677,92	1.677,92
TOTAL (€)	**2.975,52**	**4.428,59**	**2.916,92**

4. CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DEL PROYECTO

Las características más importantes del proyecto son dos:

- **Sustitución de la actual caldera** de gasóleo del CIN
- **Cambio del combustible empleado**, analizando alternativas que permitan la utilización de biomasa forestal como combustible para generar calor para el sistema de calefacción del edificio

Ambos aspectos surgen por iniciativa de la sección de Sostenibilidad del Gobierno de Navarra, y por ello también se consideran importante dentro del proyecto los requisitos del cliente, ya que es él para quién se va a realizar el trabajo. Estos requisitos principales han sido discutidos y valorados con el cliente, y en resumen van enfocados a los tres pilares de la sostenibilidad:

- Aspecto económico: el uso de biomasa como combustible pretende suponer un ahorro económico en cuanto al combustible y mantenimiento de la caldera
- Aspecto medioambiental: el empleo de biomasa forestal como combustible supone un balance neutro de emisiones, la utilización de energía renovable y se deberá favorecer el empleo de recursos locales
-Aspecto social: en este sentido lo que se busca principalmente es crear un proyecto fácilmente transferible a otros edificios, de manera que se fomente este tipo de instalaciones.

Además, también se deberá tener en cuenta la funcionalidad de la alternativa, suponiendo que todas ellas son viables y realizables pero queriendo valorar aquellas con mejor funcionalidad y mayor comodidad para los usuarios y trabajadores del edificio, siendo el principal condicionantes el poco espacio disponible en el CIN.

5. POSIBLES SOLUCIONES

A la hora de describir cada una de las alternativas finales obtenidas en el Anexo I: Estudio de alternativas (Documento Básico 7: Anexos), se debe tener en cuenta que cada alternativa debe ser una solución completa para poder considerarse como tal. En este sentido, existen una serie de "elementos" comunes a cada una de las alternativas que se han estudiado. Esta parte común a todas las alternativas podría ser objeto de un estudio más exhaustivo para detallar más concretamente soluciones diferentes para cada alternativa, pero ante el tiempo a dedicar a este proyecto se ha considerado una buena solución la elección de estos elementos de forma común a todas las alternativas, por ser los que menos marcan la diferencia entre unas y otras. Estos elementos comunes son:

- **Mejoras edificio para reducir el consumo**: actualmente el edificio cuenta con un buen sistema de aislamiento en la cubierta y en la fachada, así como un buen sistema de ventanas con escasas pérdidas de calor. Por todo ello, se considera que el edificio ya está muy bien adaptado a tener la máxima eficiencia en su sistema de calefacción. Sin embargo, hablando con los trabajadores del centro, se ha detectado una posible mejora en cuánto al aprovechamiento de la calefacción. Se trata de un edificio alto, con una escalera central comunicada con todos los pisos. A través de esta se va el calor de las zonas bajas a las zonas altas, y esto supone un consumo de gasóleo extra para calentar las zonas bajas. Por ello se

plantean las dos siguientes mejoras del edificio y de la instalación, y que se implementará sea cual sea la alternativa final elegida.

- **Aislamiento de la escalera central**: actualmente la escalera cuenta con una serie de huecos en sus tabiques y no dispone de puertas para entrar a la zona de escaleras. Únicamente con colocar puertas a cada entrada y salida de las escaleras y poner algún cerramiento en los huecos de la escalera se evitaría que el hueco de la escalera actuara como un canal por el que el calor asciende hacia las plantas superiores.
- Control de los radiadores de la tercera planta mediante **válvulas termostáticas**: con esta medida lo que se pretende es que el paso del agua caliente a unos radiadores concretos se regulen mediante válvulas termostáticas, las cuales abrirán en mayor o menor medida el paso según la temperatura ambiente. De esta forma, se podrán tener cerrados algunos radiadores en aquellos casos en los que el calor ascienda a la segunda planta pero no se haya alcanzado la temperatura deseada en las plantas más bajas.

- **Caldera de biomasa empleada**: de acuerdo a la carga térmica del edificio, Cálculo I: Carga térmica del edificio, del Documento Básico 2: Cálculos, se requiere una caldera de 94 kW, y además será un condicionante impuesto en el RITE que el rendimiento mínimo para calderas de biomasa debe ser del 75%. Por otra parte, se considera conveniente emplear una caldera que sea adaptable a los dos tipos de combustible, pellet y astilla, permitiendo así una mayor flexibilidad de la instalación de cara al futuro. Además de estas características técnicas de la caldera, se consulta en proyectos similares marcas de referencia de calderas que tengan buenos resultados y sean fiables, escogiendo para este proyecto la caldera Herz Firematic 101, con un rango de trabajo de 23,2-101 kW. Se considera una caldera adecuada para esta instalación, ya que según el cálculo de la demanda térmica del edificio se requiere una caldera de 94 kW, quedando un margen de potencia del 7% entre la demandada por el edificio y la que puede suministrar la caldera. El tipo de combustible que admite es tanto pellet como astilla, por lo que serviría sin problemas para emplearse únicamente pellet como combustible.

En la Tabla 11 se muestran sus datos técnicos y dimensiones. Los datos técnicos más detallados y concretos se añaden en el Anexo III: Ficha técnica detallada de la caldera Herz Firematic, del documento Básico 7: Anexos.

Tabla 11. Características principales de la caldera Herz Firematic 101.
(Fuente: Catálogo Herz)

CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Rango potencia pellet (kW)	23,2-101
Peso caldera (kg)	1.032
Rendimiento (%)	>94
Máx. presión de trabajo (bar)	3,0
Máx. temperatura trabajo (ºC)	95
Contenido de agua (l)	179
Caudal de gases a potencia nominal (kg/s)	0,059
Caudal de gases a potencia parcial (kg/s)	0,016
DIMENSIONES	
Longitud total (m)	1,70
Anchura total (m)	1,70
Altura total (m)	1,70
Altura mín. sala calderas (m)	2,30

Los datos técnicos aportados por el fabricante están sujetos a la utilización de pellet Clase A1 o A2 según la norma EN-14961-2 y a la utilización de astilla Clase A1, A2 o B1 según la norma EN-14961-4. En la Figura 11 se muestra una imagen de la caldera mencionada.

Figura 11. Caldera Herz Firematic 101
(Fuente: Schiedel)

- **Sistema de distribución del calor**: en todas las alternativas planteadas posteriormente el sistema de distribución del calor será el mismo que se usa en el proyecto original, mediante radiadores con conductos de entrada del agua caliente desde la caldera y retorno del agua hacia esta. El sistema actual está formado por dos circuitos de tuberías independientes, accionados por bombas independientes.

5.1 Alternativa 1: Pellet comprado

A continuación se describen los elementos diferenciadores de la Alternativa 1 respecto al resto de alternativas. Estos son: el combustible empleado y sus características, el sistema de alimentación de la caldera, el silo y su sistema de llenado y la sala de calderas. Finalmente se procederá a detallar y calcular los indicadores que se emplearán más adelante para la evaluación.

5.1.2 Biocombustible

El biocombustible empleado en esta alternativa será pellet, un biocombustible estandarizado a nivel internacional. Se trata de cilindros de pequeño tamaño, obtenidos por prensado de madera triturada y restos de industrias madereras. Sus características principales, según la calidad del pellet adquirido, se muestran en la Tabla 12, obtenida de la norma EN-14961-2.

Tabla 12. Parámetros de calidad del pellet estandarizado para las clases A1 y A2 (Fuente: Norma EN-14961-2)

	A1	A2
PCI (kJ/kg)	>16.500	>16.300
Humedad b.h (% masa)	<10	<10
Densidad (kg/m3)	>600	>600
Contenido en cenizas (% masa)	<0,7	<1,5
Finos (% masa)	<1	<1
Longitud (mm)	3,15-40	3,15-40
Diámetro (mm)	D6 (6 ±1) o D8 (8 ±1)	D6 (6 ±1) o D8 (8 ±1)

De acuerdo a lo calculado en Cálculo XXX: Consumos biocombustible (Documento Básico XXX: Cálculos), teniendo en cuenta el rendimiento de la caldera del 94%, son necesarios al año 5.600 kg de pellet para satisfacer la demanda térmica del edificio.

5.1.3 Silo almacenamiento

El diseño del silo de almacenamiento se divide en dos aspectos. Por un lado se debe describir el sistema que alimentará el sinfín que permite llevar el combustible a la caldera así como el sistema de llenado del silo, y por otro lado se debe definir cuáles serán sus dimensiones y que autonomía tendrá.

El silo, de acuerdo a lo calculado en Cálculo II: Consumos de biocombustible y dimensionamiento de silos (Documento Básico 2: Cálculos), debe tener un volumen de **9,5 m^3 para poder almacenar los 5.600 kg de pellet** que según el cálculo se van a consumir durante todo el año. Una vez definido su volumen se procede a dimensionarlo, y al tratarse de un volumen relativamente pequeño, se considera como la opción más efectiva diseñar un silo con pendiente a ambos lados (40º de inclinación, según recomendaciones de fabricantes) y un sinfín central flexible en la parte inferior que llevará el pellet hasta fuera del silo y ahí ascenderá hasta el punto de alimentación de la caldera (Figura 12). Se emplea esta opción por tratarse de la más económica comparándola con otras como un sinfín rígido o un sistema rotativo de alimentación. El inconveniente de esta opción es que únicamente puede usarse para pellet, pero esto en este caso no supone ningún problema. Para dimensionar el silo se considera un ancho fijo de 1,4 m debido a las restricciones de espacio que dispone el edificio.

Esto hace que para llegar a los 9,5 m^3 se diseñe un silo con una altura total de 2,8 m y 2,8 m de largo (un volumen total de silo de 9,8 m^3) . El silo y sus dimensiones, así como las inclinaciones mencionadas anteriormente, se muestran en la Figura 12.

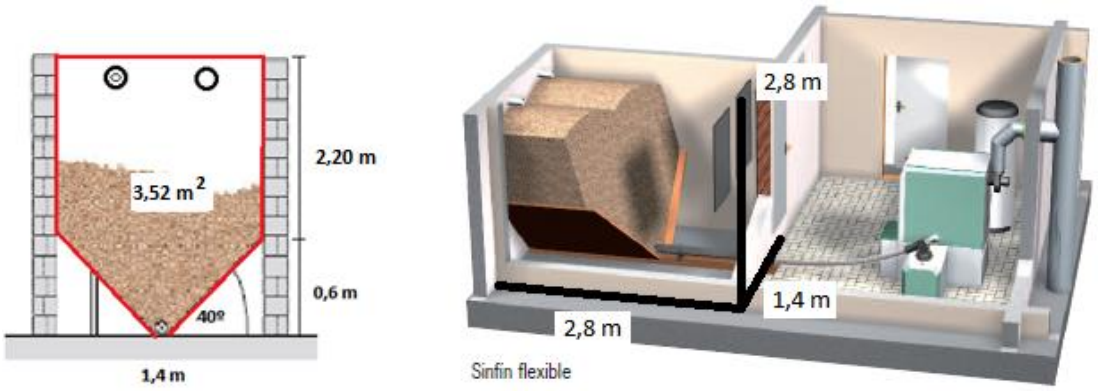


Figura 12. Esquema general del silo, el sistema de alimentación de la caldera y sus dimensiones.

El **llenado del silo se realizará mediante una manguera con sistema neumático**, a través de la cual se lleva el pellet desde la cisterna situada en el exterior hasta el silo. Se conecta la manguera neumática a una toma de llenado para introducir el pellet. También tendrá una toma de vaciado, por si fuera necesario vaciar por completo el silo para alguna operación de mantenimiento o reparación. Esto se muestra de forma esquemática en la Figura 12.

5.1.4 Sala de calderas

Para el dimensionamiento de la sala de calderas se tienen en cuenta las dimensiones de la propia caldera y las recomendaciones del fabricante en cuánto a espacios necesarios para las operaciones de mantenimiento y posibles reparaciones tuvieran que realizarse.

Según esto, las dimensiones mínimas que deberían respetarse para la caldera son de 2,7 x 2,9 metros, y una altura mínima recomendada de 2,3 m. Tanto las dimensiones recomendadas, como las dimensiones de la caldera se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Dimensiones de la caldera y dimensiones mínimas recomendadas

	Caldera	Recomendado
Ancho (m)	1,70	2,7
Largo (m)	1,70	2,9
Alto (m)	1,70	2,3

En la sala de calderas también deberá tenerse en cuenta la **ventilación** necesaria ventilar el local por un lado, debido al calor desprendido por los propios equipos, y por otra parte para suministrar el aire necesario para la combustión. En este caso la ventilación se realiza de forma natural, a través de tres pequeñas ventanas ya construidas en la sala de calderas. Según el RITE, la superficie de ventilación mínima recomendada es de 5 cm^2/kW de potencia nominal instalada.

En este caso esto supone una **superficie mínima de ventilación de 500 cm²**. La actual sala de calderas cuenta con 3 ventanas cuadradas de 50x50 cm, lo que supone una superficie de ventilación total de **7.500 cm²**, muy superior a la mínima recomendada en el RITE.

En la Figura 13 se muestra una distribución en planta de la alternativa descrita, con la situación del silo, de la caldera y sus espacios recomendados de mantenimiento, y de la sala de calderas dentro de la primera planta del edificio.

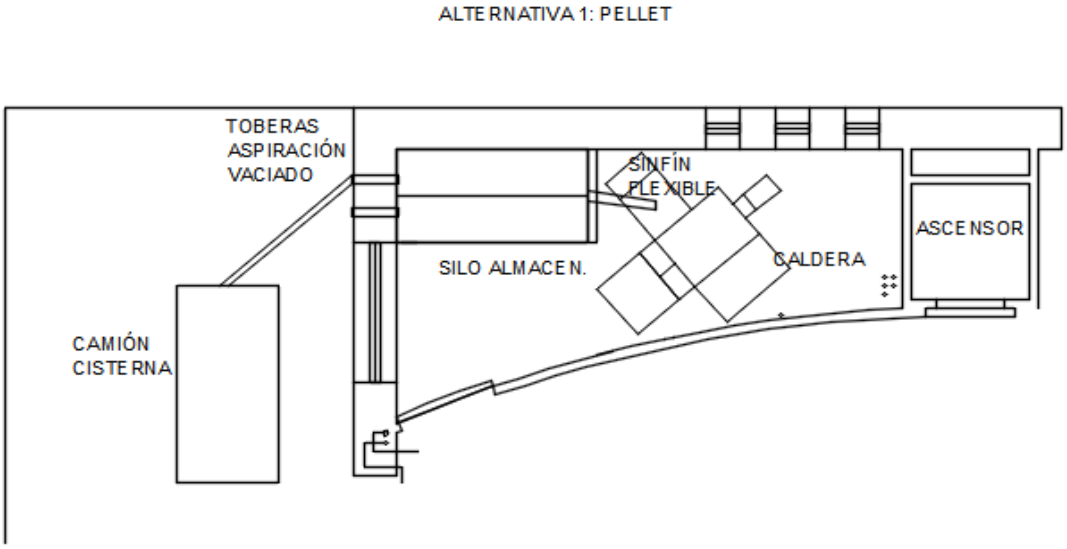


Figura 13. Esquema de la distribución en planta de la alternativa 1

5.2 Alternativa 2: Astilla producida

5.2.1 Biocombustible

El biocombustible empleado en esta alternativa será astilla autoproducida. Las astillas son pequeñas piezas obtenidas tras el astillado o trituración de la madera. Son de tamaño variable, por debajo de los 6 cm de longitud y de los 2 cm de grosor. Al no estar comprimidas, tienen menor poder calorífico que los pellet. Sus características principales, así como las recomendaciones en cuanto a su calidad, se muestran en la Tabla 14, obtenida de la EN-14961-4

Tabla 14. Parámetros de calidad de la astilla estandarizada para las clases A1, A2 o B1 (Fuente: Norma EN-14961-4)

	A1	A2	B1
PCI (kJ/kg)	>13.000	>11.000	A especificar
Humedad b.h (% masa)	<25	<35	A especificar
Densidad (kg/m3)	>200	>150	A especificar
Contenido en cenizas (% masa)	<1,0	<1,5	<3,0
Tamaño partícula (mm)	P16 (3,15-16)	P16 (3,15-16)	P31,5 (8-31,5)
Finos (% masa)	<12	<12	<8

En el caso de la astilla, al ser más complicada su normalización y estandarización, resulta importante controlar la calidad de la astilla producida para asegurar un correcto funcionamiento de la instalación.

5.2.2 Producción del combustible

El combustible se obtendrá del astillado de lotes de madera de los montes de la zona, por lo que será necesaria la adquisición o alquiler puntual de una máquina astilladora en el momento de la producción de la astilla. Este momento será preferiblemente verano, por tener la madera un menor contenido en humedad y ser más fácil su corta, saca y astillado.

Según lo calculado en Cálculo II: Consumos de biocombustible y dimensionamiento de silos (Documento Básico 2: Cálculos), serán necesarios **7,4 m^3 de madera** para obtener la astilla necesaria. Como ya se ha visto en el apartado *2.3.2: Disponibilidad de biocombustible local* (Documento Básico 2: Memoria), será una cantidad fácilmente disponible y cuya extracción no suponga ningún impacto negativo ni perjuicio para el ecosistema local. Debido a la poca cantidad de madera que es necesario astillar, se considera más rentable y eficiente alquilar una astilladora en el momento de su uso, en lugar de adquirir una astilladora propia. Los costes económicos que esto supone se han especificado en el Anexo II: Valoración de las alternativas (Documento Básico 7: Anexos).

5.2.3 Silo almacenamiento

El diseño del silo de almacenamiento se divide en dos aspectos. Por un lado se debe describir el sistema que alimentará el sinfín que permite llevar el combustible a la caldera así como el sistema de llenado del silo, y por otro lado se debe calcular cuáles serán sus dimensiones y que autonomía tendrá.

La alternativa requiere una cantidad de **7.000 kg de astilla al año**, y para adaptarnos mejor a la escasa disponibilidad de espacio, se determina que la autonomía del silo debe ser de medio año, es decir, el silo debe ser capaz de albergar 3.500 kg de astilla. El volumen del silo necesario para albergar esa cantidad de astilla es de **15,4 m^3**, según lo calculado en Cálculo II: Consumos de biocombustible y dimensionamiento de silos (Documento Básico 2: Cálculos).

Al tratarse de un volumen relativamente grande teniendo en cuenta las dimensiones de las estancias del edificio y por ser astilla el combustible empleado, se considera como la opción más efectiva diseñar un silo cuyo **sistema de alimentación sea un rotativo horizontal** que desplace la astilla hasta el sinfín ascendente que la transportará al punto de entrada a la caldera (Figura 14). El ángulo formado por el sinfín ascendente y la horizontal es de 30º, valor adecuado según los fabricantes, necesitándose por tanto 1,3 m de sinfín ascendente para llegar a la altura de la toma de alimentación de la caldera.

Las dimensiones del silo serán de 2,5 m de ancho, 2,5 m de largo y 2,5 m de alto (15,6 m^3). De esta forma se diseña un silo cuadrado, pudiendo llegar a todas las zonas del silo con un rotativo horizontal de 1,25 m de radio de trabajo.

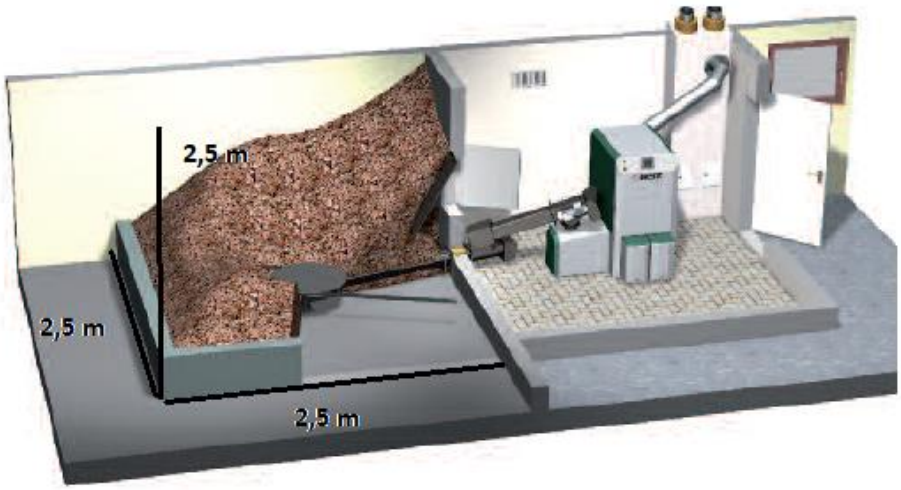


Figura 14. Esquema de las dimensiones del silo y del sistema de alimentación de la caldera de la alternativa 2 (Fuente: Catálogo Herz)

El **llenado del silo se realizará por volquete**, volcándose las astillas transportadas en remolque a un sinfín horizontal situado en el exterior del edificio. Este sinfín tendrá una anchura de 2,2 metros y conectará con otro sinfín vertical que eleve la astilla hasta la parte superior del silo, donde volverá a conectar con uno horizontal que será el que finalmente introduzca la astilla en el silo. Una imagen representativa de este sistema se muestra en la Figura 15. Además, debido a la escasez de espacio disponible en el exterior, el tramo horizontal exterior dispondrá de ruedas que lo hagan montable y desmontable, de modo que solo este en la calle en los dos momentos al año en los que se procederá a llenar el silo.

Figura 16. Esquema del sistema de llenado del silo en la alternativa 2
(Fuente: Catálogo Herz)

5.2.4 Sala de calderas

Para el dimensionamiento de la sala de calderas se tienen en cuenta las dimensiones de la propia caldera y las recomendaciones del fabricante en cuánto a espacios necesarios para las operaciones de mantenimiento y posibles reparaciones tuvieran que realizarse.

Según esto, las dimensiones mínimas que deberían respetarse para la caldera son de 2,7 x 2,9 metros, y una altura mínima recomendada de 2,3 m. Tanto las dimensiones recomendadas, como las dimensiones reales de la caldera, como las distancias reales diseñadas se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Dimensiones de la caldera y dimensiones mínimas recomendadas en la alternativa 2

	Caldera	Recomendado
Ancho (m)	1,70	2,7
Largo (m)	1,70	2,9
Alto (m)	1,70	2,3

En la sala de calderas también deberá tenerse en cuenta la ventilación necesaria ventilar el local, por un lado debido al calor desprendido por los propios equipos, y por otra parte para suministrar el aire necesario para la combustión. En este caso la ventilación se realiza de forma natural, a través de tres pequeñas ventanas ya construidas en la sala de calderas. Según el RITE, la superficie de ventilación mínima recomendada es de 5 cm^2/kW de potencia nominal instalada. En este caso esto supone una superficie mínima de ventilación de 500 cm^2. La actual sala de calderas cuenta con 3 ventanas cuadradas de 50x50 cm, lo que supone una superficie de ventilación total de 7.500 cm^2, muy superior a la mínima recomendada en el RITE.

En la Figura 16 se muestra una distribución en planta de la alternativa descrita, con la situación del silo, de la caldera y sus espacios recomendados para el mantenimiento, y de la sala de calderas dentro de la primera planta del edificio.

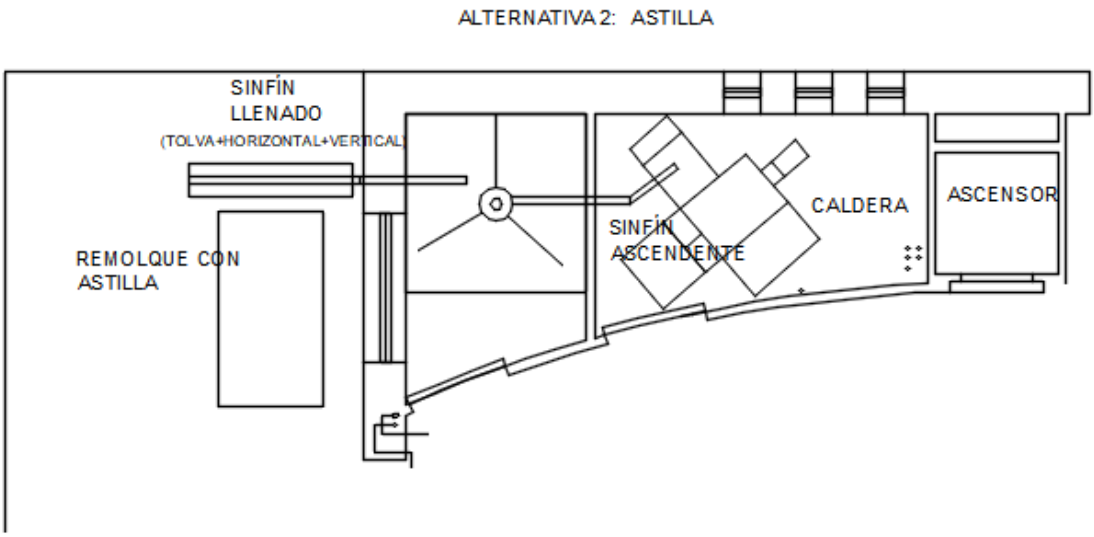


Figura 17. Esquema de la distribución en planta de la alternativa 2

5.3 Alternativa 3: mixto astilla-pellet

5.3.1 Biocombustible

La alternativa 3 emplea una combinación de los combustibles descritos en las alternativas anteriores. Por ello, las características de ambos combustibles serán las descritas en este apartado para las otras dos alternativas (Tabla 12 y Tabla 14)

5.3.2 Producción del combustible

El combustible se obtendrá del astillado de lotes de madera de los montes de la zona, por lo que será necesaria la adquisición o alquiler puntual de una máquina astilladora en el momento de la producción de la astilla.

Según lo calculado en Cálculo II: Consumos de biocombustible y dimensionamiento de silos (Documento Básico 2: Cálculos) serán necesarios **1,6 m^3 de madera** para obtener la astilla necesaria. Como ya se ha visto en el Apartado 2.3.2: Disponibilidad de biocombustible local (Documento Básico 2: Memoria), será una cantidad fácilmente disponible y cuya extracción no suponga ningún impacto negativo ni perjuicio para el ecosistema local. Debido a la poca cantidad de madera que es necesario astillar, se considera más rentable y eficiente alquilar una astilladora en el momento de su uso, en lugar de adquirir una astilladora propia.

5.3.3 Silo almacenamiento

El diseño del silo de almacenamiento se divide en dos aspectos. Por un lado se debe describir el sistema que alimentará el sinfín que permite llevar el combustible a la caldera así como el sistema de llenado del silo, y por otro lado se debe calcular cuáles serán sus dimensiones y que autonomía tendrá.

La alternativa requiere una cantidad de **1.500 kg de astilla y 3.900 kg de pellet**. En Cálculo II: Consumos de biocombustible y dimensionamiento de silos (Documento Básico 2: Cálculos), se ha calculado un volumen de silo necesario de **6,6 m^3**, que permitirá albergar los 1.500 kg de astilla durante una época del año y los 3.900 kg de pellet cuando se gaste la astilla. De esta forma, se puede obtener la astilla en verano (época idónea para ello) y almacenarla en el silo hasta su consumo, para después comprar el pellet a granel una vez se haya gastado la astilla producida. Estas proporciones suponen que el **80% de la energía producida se obtiene de la combustión de pellet, y el 20% de la combustión de astilla**.

Al tratarse de un volumen relativamente grande teniendo en cuenta las dimensiones de las estancias del edificio y por ser astilla una parte del combustible empleado, se considera como la opción más efectiva diseñar un silo cuyo **sistema de alimentación sea un rotativo horizontal** que desplace la astilla o el pellet hasta el sinfín ascendente que la transportará al punto de entrada a la caldera (Figura 17). El ángulo formado por el sinfín ascendente y la horizontal es de 30º, valor adecuado según los fabricantes, necesitándose por tanto 1,3 m de sinfín ascendente para llegar a la altura de la toma de alimentación de la caldera.

Las dimensiones del silo serán de 1,8 m de ancho, 1,8 m de largo y 2,1 m de alto (6,8 m^3). De esta forma se diseña un silo cuadrado, pudiendo llegar a todas las zonas del silo con un rotativo horizontal de 0,9 m de radio de trabajo.

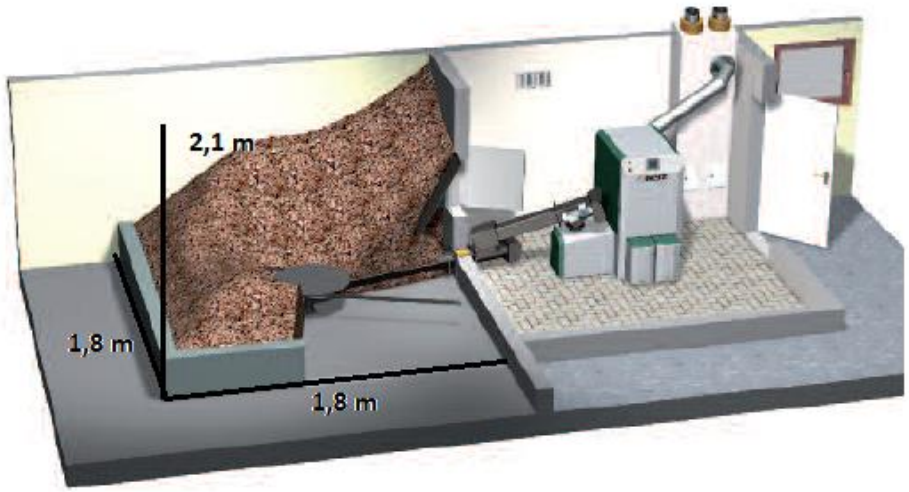


Figura 18. Esquema de las dimensiones del silo y del sistema de alimentación de la caldera de la alternativa 3 (Fuente: Catálogo Herz)

El **llenado del silo se realizará por volquete**, volcándose las astillas y el pellet a un sinfín horizontal situado en el exterior del edificio. Este sinfín tendrá una anchura de 2,2 metros y conectará con otro sinfín vertical que eleve la astilla hasta la parte superior del silo, donde volverá a conectar con uno horizontal que será el que finalmente introduzca la astilla en el silo Una imagen representativa de este sistema se muestra en la Figura 18. Además, debido a la escasez de espacio disponible en el exterior, el tramo horizontal exterior dispondrá de ruedas que lo hagan montable y desmontable, de modo que solo este en la calle en los dos momentos al año en los que se procederá a llenar el silo.

Figura 20. Esquema del sistema de llenado del silo en la alternativa 3 (Fuente: Catálogo Herz)

5.3.4 Sala de calderas

Para el dimensionamiento de la sala de calderas se tienen en cuenta las dimensiones de la propia caldera y las recomendaciones del fabricante en cuánto a espacios necesarios para las operaciones de mantenimiento y posibles reparaciones tuvieran que realizarse.

Según esto, las dimensiones mínimas que deberían respetarse para la caldera son de 2,7 x 2,90 metros, y una altura mínima recomendada de 2,3 m. Tanto las dimensiones recomendadas como las dimensiones reales de la caldera se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Dimensiones de la caldera y dimensiones mínimas recomendadas en la alternativa 3

	Caldera	Recomendado
Ancho (m)	1,70	2,7
Largo (m)	1,70	2,9
Alto (m)	1,70	2,3

En la sala de calderas también deberá tenerse en cuenta la ventilación necesaria ventilar el local, por un lado debido al calor desprendido por los propios equipos, y por otra parte para suministrar el aire necesario para la combustión. En este caso la ventilación se realiza de forma natural, a través de tres pequeñas ventanas ya construidas en la sala de calderas. Según el RITE, la superficie de ventilación mínima recomendada es de 5 cm^2/kW de potencia nominal instalada. En este caso esto supone una superficie mínima de ventilación de 500 cm^2. La actual sala de calderas cuenta con 3 ventanas cuadradas de 50x50 cm, lo que supone una superficie de ventilación total de 7.500 cm^2, muy superior a la mínima recomendada en el RITE.

En la Figura 19 se muestra una distribución en planta de la alternativa descrita, con la situación del silo, de la caldera y sus dimensiones recomendadas de mantenimiento, y de la sala de calderas dentro de la primera planta del edificio.

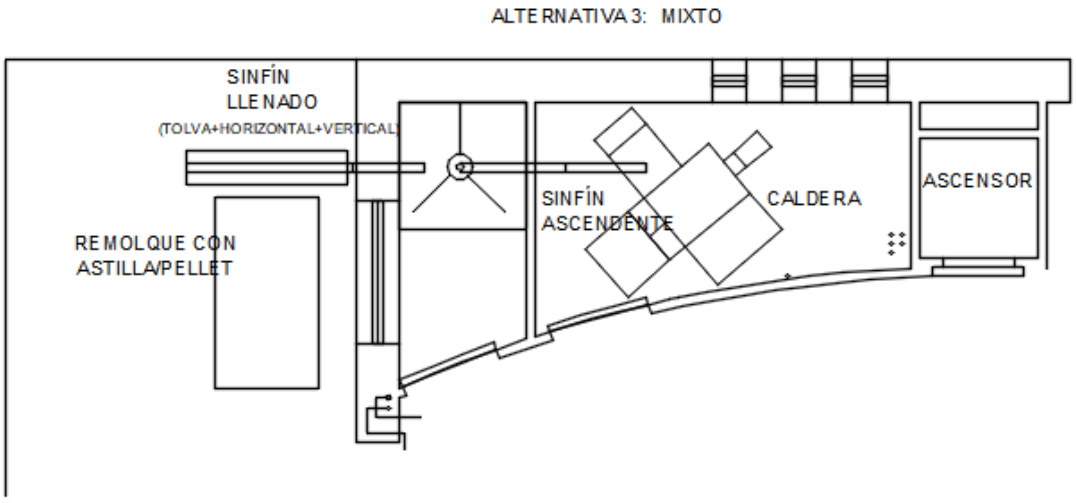


Figura 19. Esquema de la distribución en planta de la alternativa 3

5.4 Criterios de valoración de las alternativas

Los criterios de valoración establecidos para cada una de las alternativas se han definido teniendo en cuenta los requisitos principales del cliente, ya mencionados en el *apartado 4. Características más importantes del proyecto*, y guardan relación con la sostenibilidad (economía, medio ambiente y sociedad) y la funcionalidad de cada alternativa.

Cada uno de estos aspectos se valorará con una serie de indicadores cuantitativos que podremos medir, y/o cualitativos, que consistirán en una descripción del aspecto que se está valorando. Los datos aportados por estos indicadores permitirán poner una nota ponderada de 0 a 10 a cada uno de los aspectos valorados, para tener cada una de las alternativas su propia nota en el aspecto económico, medio ambiental y social; así como respecto a su funcionalidad.

5.4.1 Valoración del aspecto económico

Los indicadores económicos que se van a evaluar en cada una de las alternativas serán los siguientes:

- Coste inicial de la alternativa (€): aquí además de la inversión que supone cada una de las alternativas se tendrán en cuenta posibles subvenciones que puedan percibirse en cada una de ellas, siendo el coste inicial la diferencia entre la inversión necesaria menos la subvención recibida.
- Costes combustible (€/año)
- Evolución y variación de precios del combustible (%): se pretende medir cómo de cambiante es el combustible que se va a emplear en cada una de las alternativas, valorándose positivamente aquellos combustibles que tengan la menor variación de precio posible o en los que el precio tienda a disminuir.
- Obra civil necesaria (0 a 10): en las tres alternativas es necesario en mayor o menor medida la realización de algún tipo de obra civil, tanto para tirar tabiques como para colocar nuevos y nuevas puertas de acceso a las diferentes salas que se creen en uno u otro caso. Resulta complicado cuantificar con datos o cifras exactas los costes de estas obras en cada caso, y por ello, teniendo en cuenta el mayor o menor volumen de obra que requiera cada alternativa se puntuará con una nota de 0 a 10.

5.4.2 Valoración del aspecto medioambiental

Los indicadores medioambientales que se van a evaluar para cada una de las alternativas planteadas serán los siguientes:

- Cantidad de combustible consumido (kg): este indicador va más orientado a comparar cual de las alternativas de cambio consumiría una mayor cantidad de recursos madereros.
- Distancia del origen del combustible (km): con este indicador trata de ponerse en valor, desde un punto de vista medioambiental, el impacto que genera el transporte de los combustibles desde puntos muy alejados del punto de consumo o bien el impacto positivo que supone la utilización de recursos locales donde el transporte es mínimo.
- Balance de emisiones de CO_2 (t/año): en este indicador se tendrá en cuenta el balance de emisiones de CO_2 a la atmósfera de cada uno de los combustibles.

5.4.3 Valoración del aspecto social

Los indicadores sociales que se van a evaluar para cada una de las alternativas planteadas serán los siguientes:

- Trabajo generado (Nº puestos de trabajo)
- Proyecto transferible: se trata de un indicador subjetivo, el cual pretende medir de 0 a 10 cómo de extrapolable y repetible es el proyecto en otros lugares o edificios.
- Imagen hacia la ciudadanía: se considera que al tratarse de un organismo y un edificio público, es importante valorar también la imagen y ejemplo que se está dando de cara al ciudadano, y es por ello por lo que se evaluará de forma explicativa cada una de las alternativas en este sentido. Al no tratarse de un indicador cuantitativo, de nuevo la valoración y puntuación será subjetiva y se pondrá una nota de 0 a 10 a cada alternativa, siendo mayor la puntuación para aquellas alternativas que mejor represente los pilares de la sostenibilidad.

5.4.4 Valoración de la funcionalidad

Los indicadores que se van a analizar para valorar este aspecto en cada alternativa son:

- Seguridad combustible: este indicador trata de valorar por un lado la seguridad en el abastecimiento del combustible pero además buscar evaluar que esta abastecimiento de combustible cumpla siempre con unos requisitos mínimos de calidad del combustible, asegurando un funcionamiento óptimo de la caldera durante todo el año. La forma de valorarlo será mediante una nota de 0 a 10 según el nivel de estandarización del combustible y la capacidad de determinar su calidad.
- Necesidad de maquinaria: se valorará con 0 (necesidad de maquinaria) o 10 (no necesidad de maquinaria) cada una de las alternativas.
- Espacio necesario (m^2): este indicador hará referencia al espacio necesario para el silo de almacenamiento y para guardar los diferentes elementos que fuera necesario guardar en el interior del edificio en cada alternativa. Se ha decidido valorar esto a petición expresa del cliente, debido a la escasez de espacio que actualmente hay en el edificio y por tanto busca valorar positivamente aquellas alternativas que requieran de un menor espacio.

La ponderación aplicada a cada una de las valoraciones mencionadas anteriormente han surgido de los requerimientos del cliente y de sus intereses, teniendo en cuenta su opinión a la hora de dar un mayor o menor peso a cada uno de los aspectos valorados. Con todo ello, se ha considerado que el **aspecto económico tendrá un peso del 30%, el aspecto medioambiental tendrá un peso del 30%, el aspecto social tendrá un peso del 30% y la funcionalidad de la alternativa tendrá un peso del 10%.**

En la Tabla 17 se muestra un resumen de lo descrito en este apartado, con cada uno de los indicadores a medir y el peso de cada uno de los aspectos mencionados.

Tabla 17. Resumen de los indicadores analizados en cada una de las alternativas

Indicadores	Unidad
ASPECTO ECONÓMICO (30%)	
Coste inicial (Inversión-Subvención)	€
Costes combustible anuales	€/año
Variación precios combustible	%
Obra civil necesaria	0-10
ASPECTO MEDIOAMBIENTAL (30%)	
Cantidad de combustible consumido	kg
Distancia al origen del combustible	km
Balance emisiones CO_2	t CO_2/año
ASPECTO SOCIAL (30%)	
Empleo generado	Nº puestos de trabajo
Imagen hacia la ciudadanía	0-10
Proyecto ejemplarizante/transferible	0-10
FUNCIONALIDAD (10%)	
Seguridad y calidad combustible	0-10
Necesidad maquinaria	SI (0) NO (10)
Espacio necesario	m^2

5.5 Solución adoptada

Los criterios de valoración descritos en el apartado anterior se han analizado y calculado en el Anexo II: Valoración de las alternativas (Documento Básico 7: Anexos), obteniéndose como resultado final la Tabla 18 en la que se muestran cada una de las alternativas, con sus indicadores evaluados y sus notas obtenidas tras la valoración y ponderación de los resultados.

Tabla 18. Resultados de la evaluación y ponderación de indicadores para elegir la solución adoptada

	ALTERNATIVA 1: PELLET		ALTERNATIVA 2: ASTILLA		ALTERNATIVA 3: MIXTO	
ECONÓMICO (30%)	**7**		**6,8**		**5,8**	
Coste inicial (€)	34.250	8	53.250	4	52.950	4
Coste combustible (€/año)	1.294	6	444	9	963,9	7
Variación precios (%)	-2,8	6	-	9	-2,8*	7
Obra civil necesaria (0 a 10)	8	8	5	5	5	5
MEDIOAMBIENTAL (30%)	**9**		**9**		**9**	
Combustible consumido (kg)	0	10	7.000	8	1.500 kg astilla 3.900 kg pellet	9
Distancia origen (km)	0-150	7	0	9	0*	8
Balance emisiones CO_2 (t/año)	Neutro	10	Neutro	10	Neutro	10
SOCIAL (30%)	**6**		**7,3**		**6,7**	
Trabajo generado (nº puestos)	0	2	1-5	7	1	6
Proyecto transferible (0 a 10)	9	9	6	6	6	6
Imagen ciudadanía (0 a 10)	7	7	9	9	8	8
FUNCIONALIDAD (10%)	**10**		**4,3**		**5**	
Seguridad combustible (0 a 10)	10	10	5	5	6	6
Necesidad de maquinaria (SI/NO)	NO	10	SI	4	SI	4
Espacio interior ocupado (m^2)	3,9	10	10	4	8	5
TOTAL	**7,6**		**7,4**		**6,9**	

Las tres alternativas tienen notas globales similares, obteniendo una mayor puntuación la alternativa 1. La decisión no está basada únicamente en esta puntuación global, sino que atiende también a analizar otros aspectos extraídos de esta evaluación de indicadores:

- La **inversión inicial** requerida en las alternativas 2 y 3 resulta demasiado elevada, aunque su nota en el aspecto económico no sea particularmente baja

- El **espacio ocupado** y la **necesidad de maquinaria** también son dos indicadores significativos a la hora de tomar la decisión, debido a la escasez de espacio en el interior del CIN, y esto se ve reflejado en las notas otorgadas a las alternativas 2 y 3 en funcionalidad

- La alternativa 1, en ninguno de sus aspectos valorados tiene una **puntuación negativa o baja**, como si es el caso de las alternativas 2 y 3

Por todo ello, tanto la puntuación global como los aspectos mencionados anteriormente, la alternativa elegida como solución final será la **ALTERNATIVA 1.**

6. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LO PROYECTADO

Las cantidades totales de cada uno de los materiales necesarios para la elaboración del proyecto quedan recogidas en el Documento Básico 5: Mediciones, y será en este documento dónde se deban consultar las unidades necesarias de cada material para cada partida.

Además la solución adoptada y las modificaciones realizadas (si las hubiera) de cada una de las plantas del edificio se representa en el Plano 4.A, Plano 4.B y Plano 4.C (Planos de la situación final) del Documento Básico 3: Planos.

6.1 Mejoras instalación actual

Actualmente el edificio cuenta con un buen sistema de aislamiento en la cubierta y en la fachada, así como un buen sistema de ventanas con escasas pérdidas de calor. Por todo ello, se considera que el edificio ya está muy bien adaptado a tener la máxima eficiencia en su sistema de calefacción. Sin embargo, hablando con los trabajadores del centro, se ha detectado una posible mejora en cuánto al aprovechamiento de la calefacción. Se trata de un edificio alto, con una escalera central comunicada con todos los pisos. A través de esta se va el calor de las zonas bajas a las zonas altas, y esto supone un consumo de gasóleo extra para calentar las zonas bajas. Por ello se plantean las dos siguientes mejoras del edificio y de la instalación, y que se implementará sea cual sea la alternativa final elegida.

6.1.1Aislamiento de la escalera central

Actualmente la escalera cuenta con una serie de huecos en sus tabiques y no dispone de puertas para entrar a la zona de escaleras. Únicamente con colocar puertas a cada entrada y salida de las escaleras y poner algún cerramiento de cristal en los huecos de la escalera se evitaría que el hueco de la escalera actuara como un canal por el que el calor asciende hacia las plantas superiores.

6.1.2 Instalación de válvulas termostáticas

Las válvulas termostáticas se instalarán en los radiadores de la segunda planta. Con esta medida lo que se pretende es que el paso del agua caliente a unos radiadores concretos se regulen mediante válvulas termostáticas, las cuales abrirán en mayor o menor medida el paso según la temperatura ambiente. De esta forma, se podrán tener cerrados algunos radiadores en aquellos casos en los que el calor ascienda a la segunda planta pero no se haya alcanzado la temperatura deseada en las plantas más bajas, manteniéndose encendida la caldera. Tanto la elección de la válvula termostática como su instalación en los radiadores se realizará por contratación de una empresa externa de fontanería o similar, capacitada para este tipo de instalación. Se muestra en la Figura 20 una imagen de diferentes válvulas termostáticas instaladas en radiadores. En el Plano 4.C: Distribución en planta situación final. Segundo piso, del Documento Básico 3: Planos, se puede observar en qué radiadores se colocarán las válvulas termostáticas.

Figura 21. Ejemplos de válvulas termostáticas de radiadores
(Fuente: E-ficiencia)

6.2 Combustible

El combustible utilizado será pellet normalizado según la norma EN-14961-2, estandarizado y con las características de las clases A1 y A2 definidas en dicha norma y recogidas en la tabla 12 del apartado *5.1.2 Biocombustible*. Se comprará a una empresa externa especializada en la producción de biocombustibles y con la capacidad de suministrarlo mediante cisternas con sistema de llenado neumático del silo. La cantidad total de combustible consumido en la instalación será de 5.600 kg pellet/año, de acuerdo a lo calculado en Cálculo II: Consumos de biocombustible y dimensionamiento de silos, del Documento Básico 2: Cálculos.

6.3 Caldera

La caldera definida en el proyecto será la caldera Herz Firematic 101, con rangos de potencia de trabajo entre 23,2 y 101 kW, válida para la combustión tanto de pellet como de astilla. Además de los sistemas automáticos de limpieza para intercambiadores y parrilla de combustión, esta caldera incorpora un sistema de recogida de cenizas para la zona de combustión y para la zona de intercambiadores, introduciéndose las cenizas en dos depósitos exteriores con ruedas para su posterior vaciado.

La caldera se va a emplear utilizando pellet como combustible, pero tiene la posibilidad de utilizar astilla y para ello es posible definir cada tipo de combustible con el ajuste y parámetros óptimos para un correcto funcionamiento de la caldera. Esto puede ser importante de cara al futuro si el cliente quisiera cambiar a otro tipo de combustible. En la figura 21 se muestra la caldera a instalar.

Figura 22. Caldera Herz Firematic 101 a instalar
(Fuente: Herz)

6.3.1 Componentes y funcionamiento

- Unidad de control central T-CONTROL (Figura 22): se trata del sistema de regulación de serie que tiene la caldera, con el cual mediante la pantalla táctil de la caldera es posible controlar diferentes parámetros de funcionamiento, tanto de la caldera como del circuito de calefacción.

* Regulación depósito de inercia
* Regulación temperatura retorno (bomba y válvula mezcladora)
* Circuito de calefacción (bomba y válvula mezcladora)
* Protección antihielo
* Opción adicional de visualizar y modificar el T-CONTROL vía remota en smartphone, PC o tablet.

Figura 23. Imagen de la pantalla de control sistema T-CONTROL
(Fuente: Herz)

- Introductor lateral y parrilla (Figura 23)

* Sinfín introductor lateral de astillas o pellets a la cámara de combustión
* Limpieza automática de la parrilla mediante introducción en una contramatriz
* Optimo caudal de aire gracias a la limpieza automática de la parrilla
* No requiere ninguna limpieza manual

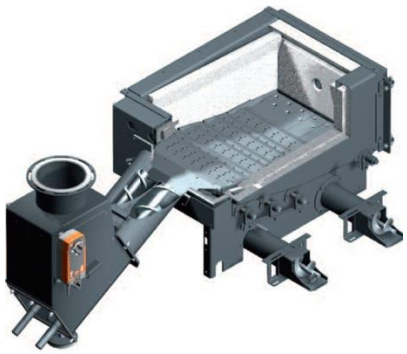


Figura 24. Parrilla móvil y punto de alimentación del combustible a la caldera
(Fuente: Herz)

- Extracción automática de cenizas: las cenizas son transportadas mediante dos sinfines a contenedores externos con ruedas, para un fácil vaciado de las cenizas.

- Combustión mediante sonda lambda: la sonda supervisa de forma permanente los valores de los gases, controlando la impulsión de aire primario y secundario y reaccionando a las distintas calidades del combustible. Esto hace que se obtengan valores de combustión perfectos, emisiones muy reducidas y un consumo de combustible más reducido. Todo ello en definitiva supone un ahorro de energía.

- Limpieza automática del intercambiador térmico mediante turbuladores: las cenizas volátiles que se producen se transportan a través de un sinfín al depósito de cenizas frontal.

- Otros:

* Control de nivel mediante infrarrojos del almacén intermedio (evita sistemas mecánicos)
* RSE (dispositivo protección de retorno de llama) y SLE (dispositivo extintor automático con aspersores)
* Encendido automático con ventilador de aire caliente
* Cámara de combustión en dos zonas
* Aislamiento térmico de alta eficiencia, garantizando mínimas perdidas de calor.

6.3.2 Características técnicas

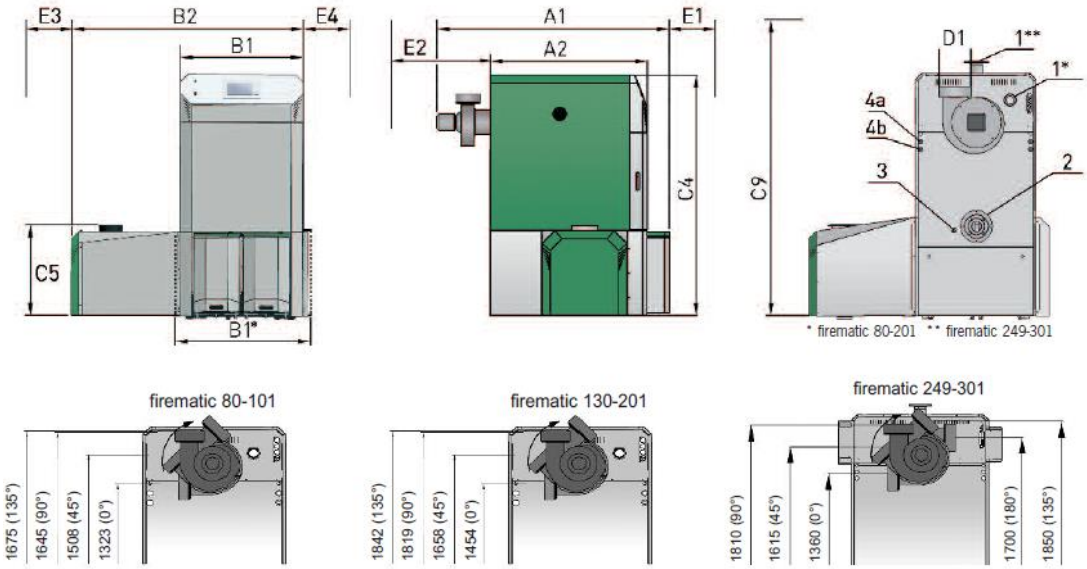
La Tabla 19 recoge las características técnicas de la caldera a instalar aportadas por el fabricante. El resto de datos técnicos se muestran de forma más detallada en el Anexo III: Ficha técnica detallados de la caldera Herz Firematic, del Documento Básico 7: Anexos.

Tabla 19. Características técnicas de la caldera a instalar
(Fuente: Catálogo Herz)

CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Rango potencia pellet (kW)	23,2-101
Peso caldera (kg)	1.032
Rendimiento (%)	>94
Máx. presión de trabajo (bar)	3,0
Máx. temperatura trabajo (ºC)	95
Contenido de agua (l)	179
Caudal de gases a potencia nominal (kg/s)	0,059
Caudal de gases a potencia parcial (kg/s)	0,016

6.3.3 Dimensiones

Las dimensiones de la caldera a instalar se representan en la Figura 24 y se detallan en la Tabla 20. Como dimensiones más importantes se podrían destacar las dimensiones totales de la caldera, de 1,70 x 1,70 x 1,70 m. Si a estos espacios le añadimos los espacios de mantenimiento, tenemos unas necesidades de espacio total de 2,90 x 2,70 x 2,30.



1: Impulsión, 50mm DI
2: Retorno, 50mm DI
3: Conexión de llenado/vaciado, 12mm DI
4a: Entrada int. calor segurdad, 12mm DI
4b: Salida int. calor seguridad, 12mm DI

Figura 25. Esquema con las denominaciones de las dimensiones de la caldera (Fuente: Catálogo Herz)

Tabla 20. Dimensiones de la caldera a instalar según las denominaciones del catálogo (Fuente: Catálogo Herz)

DIMENSIONES (m)	
A1 Longitud total	1,70
A2 Longitud frontal	1,20
B1 Ancho	0,90
B2 Ancho con alimentación	1,70
C4 Altura	1,70
C5 Altura superior	0,70
C9 Altura min recomendada sala calderas	2,30
D1 Diámetro chimenea	1,80
E1 Espacio mantenimiento frontal	0,80
E2 Espacio mantenimiento parte trasera	0,45
E3 Espacio mantenimiento izquierda	0,30
E4 Espacio mantenimiento derecha	0,70

La distribución en planta final de la solución adoptada representada a escala y acotada se puede observar en el Plano 4.B: Distribución en planta y alzado de sala de calderas. Situación final, del Documento Básico 3: Planos.

6.4 Chimenea y evacuación de gases

Las emisiones a la atmosfera de los sistemas de climatización con biomasa no varían mucho respecto a las de otros combustibles, y son mucho menores que las de carbón. La evacuación de los productos de la combustión en las instalaciones térmicas se deberá realizar por la cubierta del edificio, y en lo que respecta a este proyecto de acuerdo a la siguiente norma general según (*RITE,* 2016):

- *En las instalaciones térmicas que se reformen cambiándose sus generaciones y que ya dispongan de un conducto de evacuación a cubierta, éste será el empleado para la evacuación, siempre que sea adecuado al nuevo generador objeto de la reforma y de conformidad con las condiciones establecidas en el reglamento vigente.*

En el reglamento vigente (RITE, 2016) se establece que el cálculo y dimensionamiento de chimeneas de sistemas de calderas compuestos por un único aparato se realizará según la norma UNE-EN 13384-1:2016.

6.4.1 Dimensionamiento chimenea

El dimensionamiento de la chimenea para cumplir con lo especificado en la norma UNE-EN 13384-1:2016 se ha realizado mediante un software de cálculo desarrollado por DINAK (Dinakalc 4.3), un importante fabricante y distribuidor de chimeneas y conductos para la evacuación de humos.

La chimenea resultante de dicho cálculo (especificado en Cálculo III: Diseño y dimensionamiento de la chimenea, del Documento Básico 2: Cálculos) es una chimenea de la gama DP, chimenea modular metálica de doble pared aislada, con aislamiento de lana de roca de 30 mm de espeso y resistente a temperaturas de hasta 600ºC. Se corresponde con la designación T600 N1 D V2 GXX, según la norma UNE-EN 1856-1 (Figura 25).

Figura 26. Modelo de chimenea DP
(Fuente: DINAK)

Sus dimensiones son de 235 mm de diámetro exterior y 175 mm de diámetro interior, con una longitud total del tramo horizontal de 1,1 m (tramo ascendente a 45º hasta la pared del edificio) y una longitud total del tramo vertical de 6 m (Figura 26).

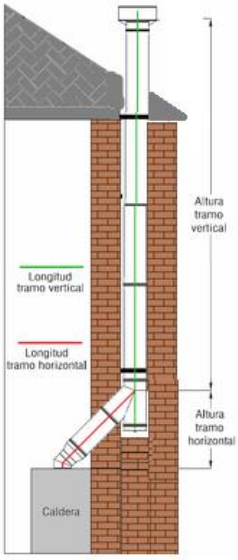


Figura 27. Esquema de los tramos de tubería y el sistema de evacuación de humos (Fuente: DINAK)

6.5 Equipos auxiliares de la instalación

6.5.1 Depósito de inercia

Las calderas de biomasa actuales, al funcionar con sistemas que regulan mucho más las temperaturas y consumo de calefacción, hay momentos en los que a la caldera se le pide potencias muy pequeñas, menores incluso que la mínima a la que pueden trabajar. Un acumulador de inercia permite por un lado acumular energía para estos momentos de demanda de muy poca potencia, y por otro lado permite absorber la inercia térmica de la caldera una vez está se para, ya que el combustible que ya ha entrado se continuará quemando y generando energía que debe ser almacenada en algún sitio. Esta energía se acumula en el depósito de inercia en forma de agua caliente, que podrá ser utilizada por los radiadores en momentos de baja demanda de calor (en la zona principios de otoño o finales de primavera, por ejemplo)

Las recomendaciones aportadas por el fabricante en cuanto a volúmenes de acumuladores de inercia son de en torno a 10 l/kW de potencia nominal de la caldera. En este caso la caldera tiene una potencia nominal de 90 kW aunque puede llegar a funcionar hasta a 101 kW, por lo que se decide instalar un depósito de inercia de acero negro de 1.000 l de capacidad. Sus dimensiones son de 1840 mm de altura y 950 mm de diámetro, con un aislamiento de 50 mm de espesor con poliuretano de alta densidad y con termómetros (Figura 27).

Figura 28. Depósito de inercia con serpentín interior y sensores de temperatura
(Fuente: BiomaSalamanca)

6.5.2 Instalación hidráulica

La instalación hidráulica del proyecto será la ya existente en la instalación de calefacción actual, con los mismos dos circuitos bitubulares independientes (circuitos de ida y de retorno del agua caliente) y los sistemas de seguridad y valvulería ya existentes en la instalación, excepto las válvulas termostáticas para los radiadores mencionadas en el apartado *6.1.2 Instalación de válvulas termostáticas*, de este documento.

6.6 Sala de calderas

6.6.1 Dimensionamiento

Las calderas de biomasa habitualmente ocupan más espacio que las calderas de gasóleo convencionales, y deberá asegurarse un correcto acceso a todas las partes de la caldera para posibles reparaciones u operaciones de mantenimiento. En este sentido, se han respetado las recomendaciones del fabricante en cuanto a espacios de mantenimiento en cada lado de la caldera.

Además la sala de calderas cuenta con una puerta y unas zonas de paso lo suficientemente grandes como para pasar con la parte más pesada y voluminosa de la caldera sin ninguna dificultad.

La altura mínima de la sala de calderas recomendada por el fabricante es de 2,30 m y la sala donde se va a situar la caldera cuenta con una altura total de 3,5 m.

El fabricante recomienda un espacio de mantenimiento de 0,80 m en la parte frontal; 0,45 m en la parte trasera; 0,30 m en el lado izquierdo (zona alimentación caldera) y de 0,70 m en el lado derecho (acceso a la cámara de combustión).

Todos estos requisitos de espacio mencionados se pueden ver en la distribución en planta de la sala de calderas en el Plano 4.B: Distribución en planta y alzado de sala de calderas. Situación final, del Documento Básico 3: Planos.

6.6.2 Ventilación

La ventilación en una sala de calderas es necesaria por un lado debido al calor desprendido por los propios equipos, y por otra parte para suministrar el aire necesario para la combustión. En este caso la ventilación se realiza de forma natural, a través de tres pequeñas ventanas ya construidas en la sala de calderas. Según el RITE, la superficie de ventilación mínima recomendada es de 5 cm^2/kW de potencia nominal instalada. En este caso esto supone una superficie mínima de ventilación de 500 cm^2. La actual sala de calderas cuenta con 3 ventanas cuadradas de 50x50 cm, lo que supone una superficie de ventilación total de 7.500 cm^2, muy superior a la mínima recomendada en el RITE.

6.6.3 Requisitos de seguridad

Las calderas de biomasa deben disponer de diferentes sistemas de seguridad específicos para ellas, y estos dispositivos de seguridad vienen indicados en el RITE y son:

- Interruptor de flujo: tiene la función de detener la circulación del fluido en el interior de la caldera, y viene equipado en la propia caldera
- Dispositivo de interrupción de funcionamiento del sistema de combustión: debe interrumpir el funcionamiento cuando se alcancen temperaturas superiores a las de diseño o en caso de existir retroceso de la llama. Este sistema también está incluido en la propia caldera, mediante el sistema T-Control o el RSE (dispositivo protección de retorno de llama)
- Dispositivo contra el retroceso de la llama: su función es evitar el retroceso de la llama hacia el silo de almacenamiento, y vendrá equipado en la caldera con los sistemas RSE (dispositivo protección de retorno de llama) y SLE (dispositivo extintor automático con aspersores)
- Sistema de eliminación del calor residual: su función es eliminar el calor adicional producido por la biomasa ya introducida en la caldera cuando se interrumpe la combustión. En este sentido la opción más común es la instalación de un depósito de inercia, que permite acumular el calor generado tras la interrupción de la combustión. En este caso se instala un acumulador de inercia de 1000 litros, recomendado por el fabricante para la caldera instalada (la recomendación es de 10 l/kW de potencia nominal de la caldera)
- Válvula de seguridad: se trata de una válvula tarada a 1 bar por encima de la presión de trabajo del generador, con una zona de descarga conducida hasta sumidero.

Además todas las salas de calderas deberán cumplir con las siguientes prescripciones de seguridad establecidas en el SI-1 Documento Básico SI Seguridad en caso de incendio del CTE:
- La sala de calderas no podrá ser utilizadas para otros fines
- El acceso no se hará a través de suelo o techo y la puerta de acceso tendrá dimensiones suficientes para permitir el movimiento de los equipos que deban ser reparados fuera de la sala de máquinas.
- Las puertas deberán tener fácil apertura desde el interior
- El cuadro eléctrico de protección y mando de los equipos o por lo menos el interruptor general estará situado en las proximidades de la puerta de acceso.
- Valor medio mínimo de iluminación de 200 lux, con uniformidad media de 0,5
- Deberán figurar visibles y protegidas las siguientes indicaciones en el exterior de la puerta de acceso:

    * Cartel que diga: "Sala de Máquinas. Prohibida la entrada a toda persona ajena al servicio"

- Deberán figurar visibles y protegidas las siguientes indicaciones en el interior de la sala de calderas:
    * Instrucciones para efectuar la parada de la instalación si fuera necesario
    *Indicación de extintores cercanos
    *Nombre, dirección y teléfono de la persona o entidad encargada del mantenimiento
    *Dirección y teléfono del servicio de bomberos más próximo
    *Plano con esquema de principio de la instalación

Además deberán cumplirse obligatoriamente todos los requisitos de seguridad y salud exigidos en el Documento Básico 4: Pliego de Condiciones

6.7 Silo de almacenamiento

La sala de calderas se sitúa contigua a otra estancia del edificio en la primera planta, por lo que se decide ubicar el silo de almacenamiento ahí. Una característica importante que deberá cumplir el silo es la ausencia de humedad, para garantizar que el combustible se mantiene en las condiciones óptimas para su combustión.

Se va a realizar un silo de almacenamiento de obra, adaptando una sala existente para su uso como silo de biomasa. La puerta de acceso al silo cumplirá con las siguientes características:

- Estanqueidad al polvo y apertura hacia afuera
- Situada bajo el nivel de las toberas, ya que con llenado neumático el combustible se almacena en el lado opuesto a estas
- Dispositivo interior de contención para evitar la salida de biomasa al abrir la puerta. Se emplearan varios listones de madera unos encima de otros, pudiendo sacarse por arriba de uno en uno hasta ver la altura de la biomasa almacenada (Figura 28)
- Ventana o mirilla para poder inspeccionar el silo sin abrir la puerta

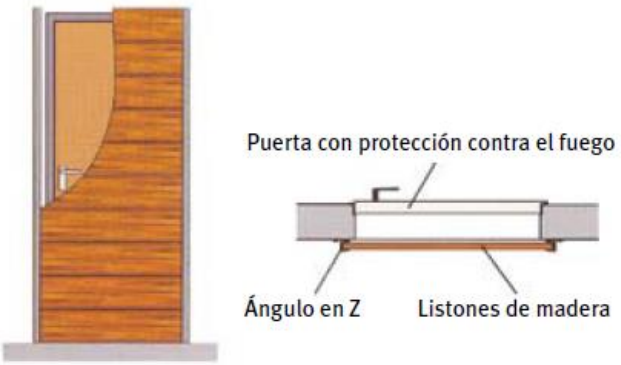


Figura 28. Puerta de silo de almacenamiento con tablones de contención del combustible (Fuente: IDAE)

El silo diseñado es un silo rectangular con suelo inclinado en los dos lados, aprovechando mejor el espacio disponible y no siendo necesario ningún rascador o agitador para mover el pellet. Se colocan dos falsos suelos inclinados para que el pellet se deslice por ellos hasta un sinfín central. Según recomendaciones del fabricante de la caldera la inclinación de los falsos suelos es de 40º (Figuras 29 y 30)

Figura 29. Silo con suelo inclinado a los dos lados
(Fuente: IDAE)

6.7.1 Dimensionamiento silo

El dimensionamiento del silo se ha realizado en función de los consumos de combustible previstos durante todo el año. El silo, de acuerdo a los calculado en Cálculo II: Consumos de biocombustible y dimensionamiento de silos (Documento Básico 2: Cálculos), debe tener un volumen de **9,5 m^3 para poder almacenar los 5.600 kg de pellet** que se estima se van a consumir durante todo el año.

Para dimensionar el silo se considera un ancho fijo de 1,4 m debido a las restricciones de espacio que dispone el edificio. Esto hace que para llegar a los 9,5 m^3 se diseñe un silo con una altura total de 2,8 m y 2,8 m de largo. El silo y sus dimensiones, así como las inclinaciones mencionadas anteriormente, se muestran en la Figura 30.

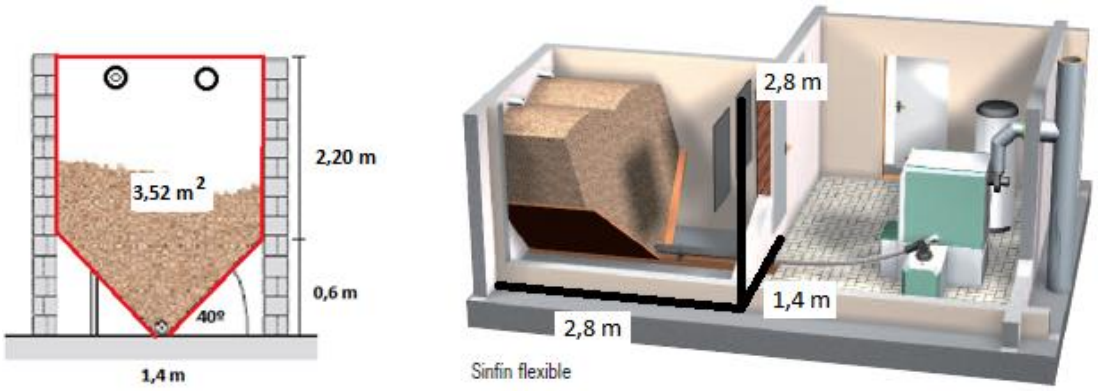


Figura 29. Esquema con las dimensiones finales del silo proyectado

6.7.2 Sistema de llenado

El método de llenado y vaciado del silo será mediante cisternas equipadas con sistemas neumáticos de suministro, utilizadas con gran éxito para el suministro de pellet. Permite llenar silos de almacenamiento mediante tubos flexibles y a distancias de hasta 30 m. El camión dispone de dos mangueras, de llenado y de succión, que se conectan a sendas toberas del silo. La manguera principal rellena el silo de pellets mientras que la manguera de succión genera una ligera depresión que absorbe los finos introducidos por la manguera principal y evita que se cree una sobrepresión. Se seguirán las siguientes comprobaciones generales antes de la carga del silo:

- Vaciado y limpieza en caso de cambio del tipo o tamaño de combustible
- Caldera apagada y con el sistema antirretorno cerrado
- Silo cerrado en todas sus posibles entradas o accesos
- Comprobación del tipo y estimación de la cantidad de combustible en el silo

Además, al llenarse mediante sistema neumático se recomienda seguir los siguientes pasos previamente al llenado del silo (añadidos a los mencionados anteriormente):
- Limpieza de toberas de llenado y succión antes de acoplar las mangueras
- Anotar la longitud de manguera utilizada
- Limpieza de las conexiones de las toberas antes de su cierre

Características de las toberas
- Las dos toberas se colocan en la misma pared y al menos a 20 cm del techo. En este caso la sala tiene una altura de 3,5 m y el silo se va llenar únicamente hasta los 2,5 m por lo que la distancia mínima recomendada entre las toberas y el techo se cumplirá holgadamente.
- La tobera de llenado se colocará en el centro de la pared y entrará unos 30 cm en el silo, debiendo ser esta más larga que la tobera de succión.
- Deben ser metálicas y conectadas a tierra, resistentes a la corrosión y al paso del tiempo ya que no se prevé su recambio con el tiempo
- Disponer de una tapa o cierre permanentemente puesta excepto en la carga del silo

En la Figura 31 se indica un esquema del montaje típico de la tobera de llenado del silo.

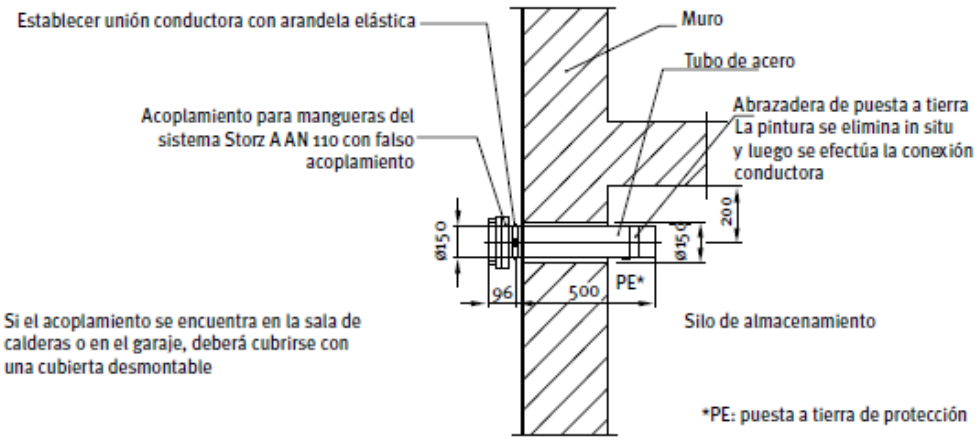


Figura 30. Dimensiones y características más importantes de las toberas de llenado
(Fuente: IDAE)

6.7.3 Sistema de alimentación de la caldera

El sistema de alimentación de la caldera consistirá en un sinfín flexible, que recogerá la biomasa que se desliza de las paredes inclinadas del silo y que una vez fuera del silo transportará el combustible desde la salida del silo hasta la entrada de alimentación de la caldera. Los sinfines son sistemas mecánicos que conducen el combustible a lo largo de su longitud hasta el depósito que alimenta la caldera.

El sinfín flexible tendrá una longitud de 3,5 metros. El material del sinfín es flexible y el tubo que lo rodea está conformado por PVC o acero galvanizado. El diámetro exterior es de 100 mm y el paso de la espiral de 40 mm. Tiene una capacidad de transporte de hasta 2.000 kg pellet/h, por lo que podrá suministrar sin problema el caudal de pellet que demandará la caldera (Figura 32)

Figura 31. Ejemplo de sinfín flexible para la alimentación de la caldera
(Fuente: Silotex)

6.8 Pruebas de la instalación

Una vez se hayan instalado los equipos nuevos, para asegurar un correcto funcionamiento de la instalación se recomienda realizar las siguientes pruebas.

6.8.1 Prueba preliminar de estanqueidad

La prueba pretende detectar fallos de continuidad en la instalación y se efectuará a baja presión, para evitar posteriormente fallos en la prueba de resistencia mecánica. Se empleará el fluido transportado habitualmente por la instalación.

6.8.2 Prueba de resistencia mecánica

La prueba de resistencia mecánica se hará a continuación de la prueba preliminar. Una vez llenada la red, se someterán las uniones a un esfuerzo por la aplicación de la presión de prueba. Está presión de prueba será equivalente a 1,5 veces la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura normal de funcionamiento, con un mínimo de 6 bar.

La duración de la prueba será la suficiente para comprobar visualmente la resistencia estructural de los equipos y tuberías sometidos a la prueba.

6.8.3 Reparación de fugas

Si en la prueba anterior se detectara alguna fuga, su reparación se realizará desmontando la junta, accesorio o sección donde se haya originado la fuga, y sustituyendo el material defectuoso o averiado por material nuevo. Una vez reparadas las fugas se volverá a empezar desde la prueba preliminar, repitiéndose el proceso tantas veces como sea necesario hasta poder asegurar que la red es estanca.

6.8.4 Pruebas de libre dilatación

Una vez aprobadas las pruebas anteriores se llevará la red hasta la temperatura de tarado de los elementos de seguridad, habiendo anulado la actuación de los aparatos de regulación automática de la temperatura.

Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobará visualmente que no haya tenido deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería, y que el sistema de expansión a funcionado correctamente.

6.9 Tareas de mantenimiento

Las operaciones de mantenimiento las deberá realizar siempre una empresa mantenedora autorizada, indicándose en la Tabla 21 las tareas de mantenimiento preventivo a realizar en las instalaciones de calderas de biomasa, así como su periodicidad.

Tabla 21. Operaciones de mantenimiento recomendadas y periodicidad
(Fuente: IDAE)

OPERACIÓN	PERIODICIDAD (M: mensual; T: anual; 2T: dos al año)
Revisión de los datos de timbrado de la caldera	T
Medición del pH del agua de la caldera	
Verificación de la válvula de seguridad	
Revisión del vaso de expansión	
Comprobación de estanqueidad de circuitos y tuberías en el edificio	
Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de calor	
Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno de aire	
Verificación de estado, disponibilidad y timbrado de elementos de prevención de incendios	
Revisión del estado del aislamiento térmico	
Comprobación de reglaje y actuación del termostato de trabajo	
Verificación del sistema de ignición del biocombustible	
Verificación del extractor de gases de la combustión	
Verificación de actuación de los circuitos de seguridad y enclavamiento	
Verificación y apriete de las conexiones eléctricas	
Verificación y ajuste de la protección térmica del motor del ventilador	
Verificación de las conexiones de la puesta a tierra de la caldera y de los sistemas eléctricos para el transporte del biocombustible	
Verificación de interruptores, contactores, relés y protecciones eléctricas	
Comprobación de presión de agua en circuitos y caldera	M
Comprobación del estado de almacenamiento del biocombustible sólido	
Limpieza y retirada de cenizas	
Control visual de la caldera de biomasa	
Comprobación de reglaje y actuación de la seguridad por temperatura	
Limpieza de la cúpula postcombustión	
Control de piezas de desgaste según indicaciones del fabricante	
Control de la instalación contra el retroceso de la llama	
Control limpieza restos combustión	
Lubricar rodamientos y cadenas	
Medición de gases de combustión y creación de un acta de medición	

Limpieza y comprobación de la junta de estanqueidad de la puerta	
Limpieza y comprobación del sinfín de alimentación de la caldera	
Limpieza y comprobación de cableado y sensores	
Revisión del sistema de control automático de encendido y apagado	
Comprobación y limpieza de la cámara de combustión, conducto de humos y chimeneas	2T

Además, el RITE establece un programa de gestión energética (IT 3.4.1) donde la empresa mantenedora autorizada realizara un análisis y evaluación periódica del rendimiento de los equipos y calderas. Dichos análisis se detallan en la Tabla 22.

Tabla 22. Medidas y evaluaciones periódicas para el programa de gestión energética (Fuente: RITE, 2016)

MEDIDAS	PERIODICIDAD (3M: cada tres meses)
Temperatura o presión del fluido portador en entrada y salida del generador de calor	
Temperatura ambiente local o sala de máquinas	
Temperatura de los gases de combustión	3M
Contenido en CO y CO_2 en los productos de combustión	
Índice de opacidad de los humos combustibles sólidos	
Tiro en la caja de humos de la caldera	

7. ETAPAS Y PLAZOS DE EJECUCIÓN

La programación de los trabajos proyectados se desarrolla en torno a una serie de actividades principales, las cuales se irán desarrollando de forma secuencial pudiéndose realizar algunas de ellas de forma simultánea. Por ello, se explica de forma detallada la secuencia que deberá seguir el proceso de ejecución de las obras y también se representa esta secuencia de forma gráfica mediante un diagrama de Gantt.

7.1 Actividades principales

- Cerramientos hueco escalera
- Instalación válvulas termostáticas
- Obra civil en sala de calderas
- Construcción del silo de almacenamiento
- Montaje e instalación de la caldera de biomasa y elementos auxiliares (deposito de inercia)
- Adaptar e instalar la nueva salida de humos
- Instalación del sistema de alimentación de la caldera
- Llenado del silo, pruebas y control de calidad de la obra

7.2 Detalle secuencial de la ejecución de obras

FASE	ACTIVIDADES PRINCIPALES	DURACIÓN
I	Mejoras edificio (cerramientos huecos escalera y válvulas termostáticas) Obra civil sala de calderas	1 s
II	Construcción del silo de almacenamiento	2 s
III	Montaje e instalación caldera Montaje e instalación depósito de inercia Montaje e instalación sistema alimentación caldera	3 s 1 s 1,5 s
IV	Instalación nueva salida de humos	1 s
V	Llenado del silo, pruebas y control de calidad de obra	1,5 s

*s = semanas

Teniendo en cuenta las actividades que pueden realizarse de forma simultánea y las que no, así como su distribución temporal, se fija un periodo de ejecución de la obra de 2 meses.

7.3 Planificación de la obra (Diagrama de Gantt)

Se ha realizado el diagrama de Gantt teniendo en cuenta tiempos mínimos requeridos para cada actividad, teniendo en cuenta también el orden secuencial en el que deben desarrollarse las obras ya que en determinados casos una actividad depende de la realización previa de otra a la que ha de ajustarse. El diagrama de barras obtenido se muestra en la Figura 33.

Se trata de unos tiempos orientativos, en base a proyectos similares analizados y a la duración de los trabajos similares en cada uno de ellos. Esta duración de cada fase de la obra puede estudiarse de forma mucho más exhaustiva o consultando a personal experimentado, pudiendo ajustarse mejor los tiempos requeridos.

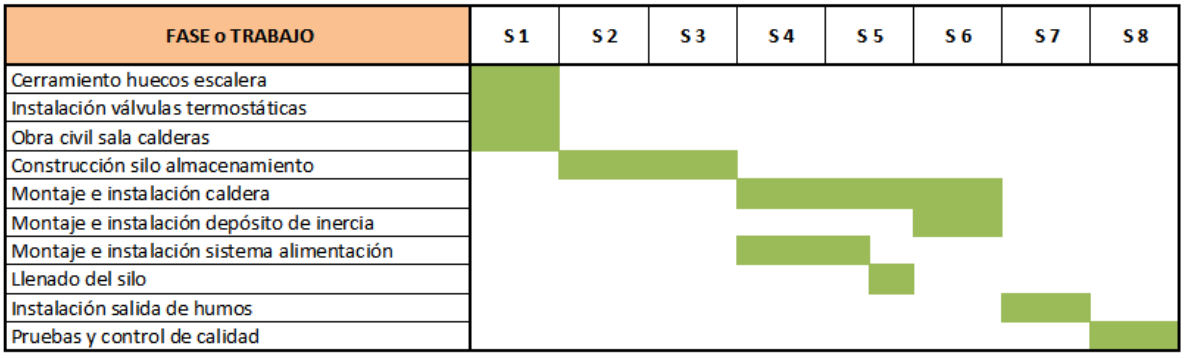


Figura 32. Diagrama de Gantt de las etapas de ejecución de la obra

8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

El presupuesto del proyecto, total y desglosado por capítulos, se incluye en la Tabla 23. Para una consulta más detallada del presupuesto, de sus precios unitarios o de la justificación de precios de cada partida se deberá acudir al Documento Básico 6: Presupuestos.

Tabla 23. Presupuesto por capítulos y presupuesto global del proyecto

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE (€)	% PEM
CAP I	Cerramiento escalera	126,65	0,34
CAP II	Válvulas termostáticas	145,80	0,40
CAP III	Caldera	30.552,54	83,05
CAP IV	Chimenea	1.169,02	3,18
CAP V	Equipos auxiliares	2.687,67	7,31
CAP VI	Construcción silo almacenamiento	572,28	1,56
CAP VII	Sistema alimentación caldera	1.535,98	4,18
	TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	**36.789,94**	
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)		36.789,94 €	
9% GASTOS GENERALES		3.311,09 €	
6% BENEFICIO INDUSTRIAL		2..207,40 €	
21% IVA		8.884,77 €	
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA		**51.193,19 €**	

Asciende el presupuesto general de ejecución material del proyecto "Sustitución de caldera de gasoil por caldera de biomasa" a la cantidad de 36.789,94 € (treinta y seis mil setecientos ochenta y nueve euros con noventa y cuatro céntimos) y el presupuesto general de ejecución por contrata del proyecto "Sustitución de caldera de gasoil por caldera de biomasa" a la cantidad de 51.193,19 € (cincuenta y un mil ciento noventa y tres euros con diecinueve céntimos).

9. CONCLUSIONES

- **Importancia de un análisis inicial de edificios e instalaciones** para, independientemente del combustible o caldera elegida finalmente, llevar a cabo medidas que permitan reducir el consumo de combustible y mejorar la eficiencia del edificio.

- Gran disponibilidad de biocombustible local de origen forestal, por lo que debe fomentarse su uso con fines energéticos buscando reducir el consumo de los combustibles más habituales en favor de la biomasa forestal (con el impacto medioambiental que esto supone)

- **Proyecto fácilmente transferible** en edificios e instalaciones con disponibilidad de espacio para el almacenamiento del combustible, siendo este el principal condicionante para este tipo de instalación.

- Requiere una **importante inversión inicial**, pero el cambio supone un bajo coste anual en combustible, menor cuánto más local y autoproducido sea el combustible, y mantenimiento

10. BIBLIOGRAFIA

AENOR (2003). Norma española UNE-EN 12831. Sistemas de calefacción en edificios. Método para el cálculo de la carga térmica de diseño. Octubre 2003. pp 1-79. Madrid.

AENOR (2010). Norma española UNE-EN 1856-1.Chimeneas. Requisitos para chimeneas metálicas. Parte 1: chimeneas modulares. Mayo 2010. pp 1-62. Madrid.

AENOR (2011) Norma española EN 14588:2011. Biocombustibles sólidos. Terminología, definiciones y descripciones. Septiembre 2011. pp 1-44. Madrid.

AENOR (2012). Norma española UNE-EN 14961-2. Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 2: Péllets de madera para uso no industrial. Abril 2012. pp 1-16. Madrid.

AENOR (2012). Norma española UNE-EN 14961-4. Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 4: Astillas de madera para uso no industrial. Abril 2012. pp 1-16. Madrid.

AENOR (2016) Norma española UNE-EN 13384-1. Chimeneas. Métodos de cálculo térmicos. Parte 1: chimeneas que se utilizan con un único aparato generador de calor. Octubre 2016. pp 1-60. Madrid

Agencia Extremeña de la Energía (2015). *Biomasa para proyectistas*. Agencia Extremeña de la Energía. Mérida, 2015. pp 1-66

Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa, AVEBIOM (2017) *La información sobre el uso de la biomasa accesible en la Web*. Madrid. 2017. Recuperado el 19 de marzo de 2018. Sitio web: http://www.observatoriobiomasa.es/#onb

BiomaSalamanca (2013). *Depósito de inercia de 1.000 litros de capacidad*. BioEfusion, SL. Recuperado el 05 de abril de 2018. Sitio web: https://biomasalamanca.es/38-depositos-de-inercia-1-serpentin

Clickgasoil (2018) Precios *e histórico de precios del gasoil y otros combustibles empleados en instalaciones de calefacción*. Recuperado el 15 de febrero de 2018. Sitio web: https://www.clickgasoil.com/c/precio-gasoil-calefaccion

Consorci forestal de Catalunya (2016). *El Observatori de la biomassa, la biomasa como fuente de energía*. Barcelona, 2016. Recuperado el 19 de marzo de 2018. Sitio web: http://observatoribiomassa.forestal.cat/?lng=esp

DINAK (2018). *Chimeneas y conjuntos modulares de acero. Imágenes y ejemplos*. Recuperado el 20 de abril de 2018. Sitio web: http://www.dinakchimeneas.com/

García San José. R. (2017) *Regulación de instalaciones individuales de calefacción y agua caliente sanitaria*. E-FICIENCIA, Magazine Online sobre Eficiencia Energética y Sostenibilidad. Recuperado el 02 de abril de 2018. Sitio web: https://e-ficiencia.com/regulacion-de-instalaciones-individuales-calefaccion/

Gobierno de Navarra (2017). *Biomasa Forestal. Una alternativa para la calefacción de su hogar. Gobierno de Navarra*. Pamplona, 2017.

Gobierno de Navarra (2018). *Datos climáticos y meteorológicos de la estación meteorológica de Esparza de Salazar*. Meteorología y climatología de Navarra, MeteoNavarra. Recuperado el 8 de enero de 2018. Sitio web: http://meteo.navarra.es/

Herz (2014) *Catálogo de calderas para sistemas de calefacción con astilla y péllets*. Termosun Energías, S.L. Barcelona. pp 1-20

Instituto Catalán de la Energía, ICAEN (2016). *Biomasa y residuos renovables*. Instituto Catalán de la Energía. Barcelona, 2016. Recuperado el 19 de marzo de 2018. Sitio web: http://icaen.gencat.cat/es/energia/renovables/biomassa/lenyosa/

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE (2009) *Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios*. IDAE. Madrid. pp 1-88.

Iturralde y Sagües (1993). *Proyecto de instalación de calefacción para casa de turismo en Ochagavía*. Enero 1993. Pamplona. pp 1-22

Ministerio de Vivienda. Gobierno de España (2006) Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, con su última modificación el 27 de junio de 2013.

Ministerio de la Presidencia. Gobierno de España (2007) Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, con su última modificación el 13 de febrero de 2016.

Moreno Delgado, F. (2012). *Estudio técnico y económico para la sustitución del gasóleo por biomasa térmica en edificios urbanos*. Departamento de Sistemas Energéticos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 2012.

Parlamento Europeo. Consejo de la Unión Europea (2009) Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. Bruselas.

Silotex (2016) *Sinfín flexible para la extracción y transporte del pellet hasta la caldera*. Silotex, soluciones para el almacenamiento de pellet. Recuperado el 05 de abril de 2018. Sitio web: http://silotex.net/index_cast.html

Proyecto de sustitución de caldera de gasoil por caldera de biomasa en CIN Ochagavia

DOCUMENTO BÁSICO 2
CÁLCULOS

MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Volumen 1 de 1

Para:
Sección de Sostenibilidad, Educación
Ambiental y Participación Pública
Gobierno de Navarra

Por:
David Yerro Lizarazu

ÍNDICE

CÁLCULO I: Carga térmica del edificio

1. INTRODUCCION 4
2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO 4
3. DATOS REQUERIDOS 6
   3.1 Datos climáticos 6
   3.2 Temperatura interior de diseño 7
   3.3 Datos del edificio 7
4. METODO DE CÁLCULO SIMPLIFICADO 8
   4.1 Carga térmica de diseño total de un edificio 9
5. RESULTADOS 11
6. BIBLIOGRAFIA 14

CÁLCULO II: Consumos de biocombustible y dimensionamiento de silos

1. INTRODUCCIÓN 16
2. ALTERNATIVA 1: PELLET 16
3. ALTERNATIVA 2: Astilla producida 17
4. ALTERNATIVA 3: MIXTO ASTILLA-PELLET 19
5. BIBLIOGRAFÍA 21

CÁLCULO III: Diseño y dimensionamiento de la chimenea

1. INTRODUCCIÓN 23
2. DATOS DE DISEÑO 23
3. RESULTADOS 24
4. BIBLIOGRAFIA 25

CÁLCULO I

Carga térmica del edificio

1. INTRODUCCION

Este apartado pretende recoger de forma resumida lo expuesto en la norma "UNE-EN 12831:2003. Sistemas de calefacción en edificios. Método para el cálculo de la carga térmica de diseño", en la cual se describe el procedimiento de cálculo de la carga térmica de diseño de un edificio o espacio calentado.

Además se incluyen los resultados obtenidos para este proyecto en concreto aplicando dicho método.

Esta norma está recomendada para el cálculo de cargas térmicas de edificios residenciales, administrativos, de oficinas, escuelas,… por lo que se ajusta perfectamente al edificio en el cual se va a realizar el presente proyecto.

2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

El procedimiento de cálculo seguido está de nuevo descrito en la norma UNE-EN 12831:2003, y se muestra en forma de diagrama en la Figura 1.

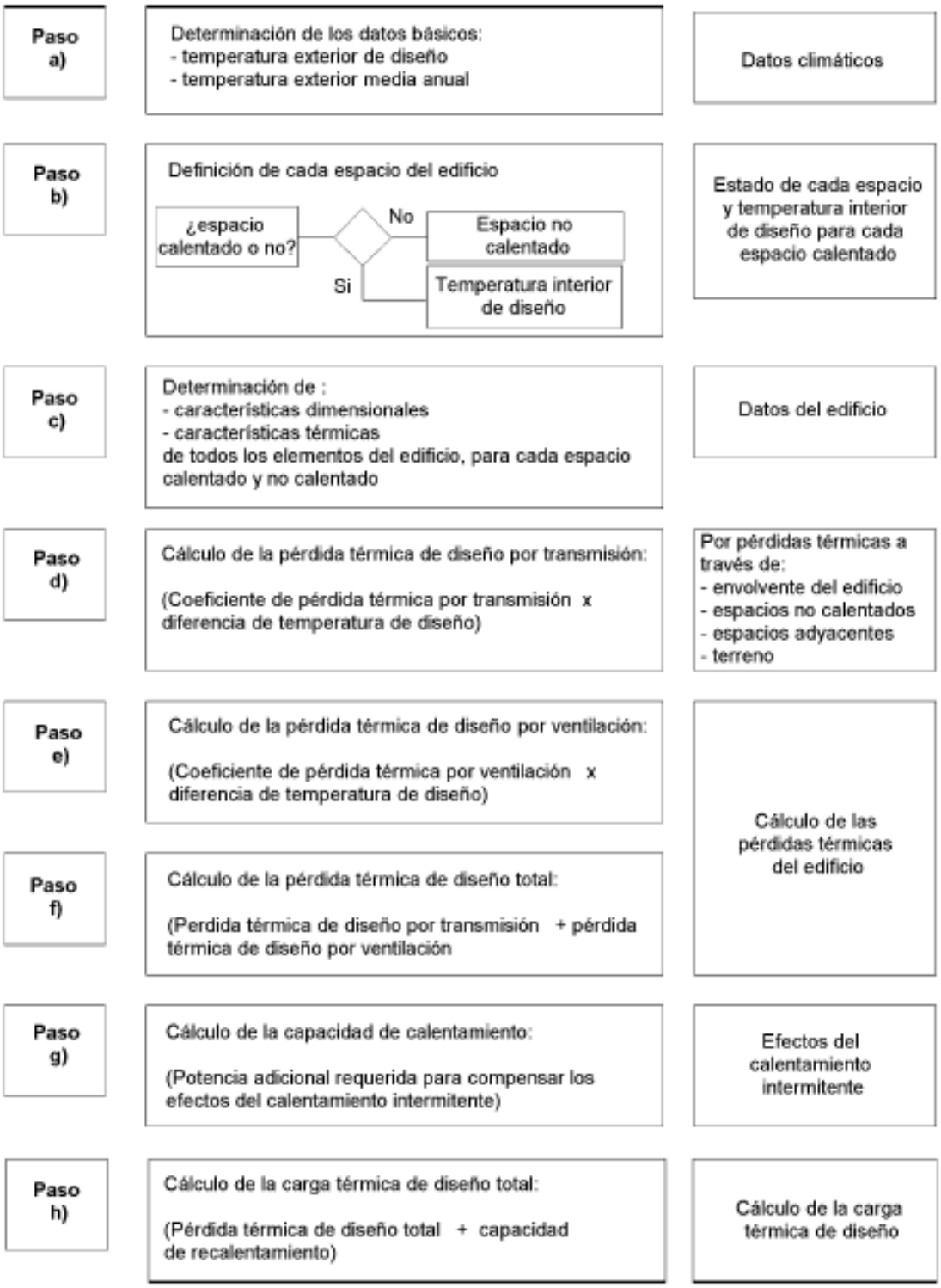


Figura 1. Esquema general del procedimiento de cálculo de la carga térmica de un edificio
(Fuente: Norma UNE-EN 12831:2003)

3. DATOS REQUERIDOS

3.1 Datos climáticos

En nuestro caso el principal dato climático requerido es la temperatura exterior de diseño que se va a considerar para realizar los cálculos. Según la norma UNE-EN 12831:2003, puede considerarse como temperatura exterior de diseño la temperatura media de los dos días de más baja temperatura que se hayan registrado diez veces en un periodo de 20 años.

Para determinar dicha temperatura se han obtenido la serie de datos de temperaturas mínimas diarias la estación meteorológica de Esparza de Salazar desde el año 1996 hasta el año 2016, realizándose un análisis de dichas temperaturas para obtener el valor de temperatura exterior de diseño descrito. En la Tabla 1 se muestran los valores mínimos de temperatura para cada año. Del análisis de dicha tabla se obtiene la Figura 2, que nos permite determinar como -8,5 ºC la temperatura exterior de diseño.

Tabla 1. Valores mínimos de temperatura registrados entre los años 1996 y 2016 en la estación meteorológica de Esparza de Salazar
(Fuente: Meteo Navarra)

Año	Tmin	Año	Tmin
1996	-9	**2007**	-9
1997	-6	**2008**	-8
1998	-8	**2009**	-10
1999	-7	**2010**	-12
2000	-9	**2011**	-12
2001	-13	**2012**	-12
2002	-5	**2013**	-8
2003	-10	**2014**	-7
2004	-8	**2015**	-10
2005	-13	**2016**	-8
2006	-9		

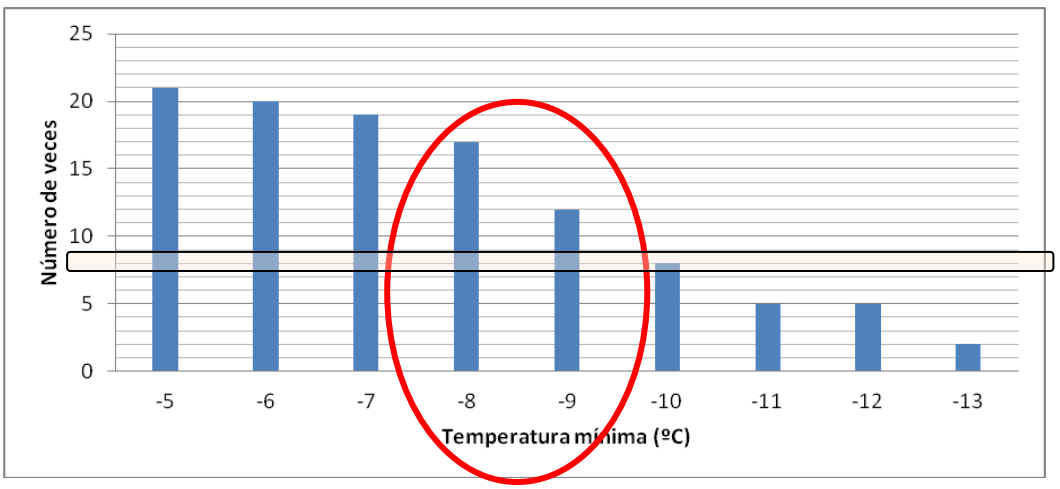


Figura 2. Frecuencias de las diferentes temperaturas mínimas registradas entre los años 1996 y 2016 en la estación de Esparza de Salazar

3.2 Temperatura interior de diseño

La temperatura interior de diseño se ha determinado teniendo en cuenta el Reglamento de Instalaciones Térmicas aprobado en el Real Decreto 1027/2007 (RITE).

Las condiciones interiores de temperatura y humedad son las recogidas en la Instrucción Técnica 1: Diseño y dimensionado, del RITE. Se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Condiciones interiores de diseño de temperatura y humedad en edificios (Fuente: RITE, 2016)

VERANO		INVIERNO	
T	**HR**	**T**	**HR**
23-25 ºC	45-60%	21-23ºC	45-50%

Teniendo en cuenta esto para este caso se han considerado temperaturas interiores de diseño de 21ºC y humedad relativa del 50%.

3.3 Datos del edificio

Los datos del edificio necesarios son los que se van a emplear posteriormente en la aplicación de las fórmulas para el cálculo de cargas térmicas recinto por recinto. Principalmente son necesarios volúmenes de recintos, superficies de cerramientos y transmitancias térmicas de los cerramientos que componen el edificio.

En la Tabla 3 se recogen las superficies de cada una de las estancias del edificio, distribuidas en 3 plantas de 192,5 m^2 cada una.

Tabla 3. Superficies de cada estancia del CIN de Ochagavía

Estancia	Superficie (m^2)
Planta baja	
Entrada	17,8
Recepción	46,6
Cuartillo 1	2,5
Cuartillo 2	2,5
Despacho 1	13
Despacho 2	13
Baño mujeres	8,3
Baño hombres	8,3
Zona exposiciones 1	54,1
Primera planta	
Zona exposiciones 2	125,9
Almacén 1	5,2
Almacén 2	10,9
Pasillo	2,9
Despacho 3	11,0
Sala máquinas	4,9
Segunda planta	
Sala audiovisual	192,5

Además, en la Tabla 4 se muestran las alturas de los diferentes cerramientos empleados y sus transmitancias térmicas.

Tabla 4. Composición, altura y transmitancia térmica de los diferentes tipos de cerramientos que hay en el CIN de Ochagavía
(Fuente: Proyecto original, 1993)

Tipo de cerramiento	Descripción	Altura (m)	U (W/m2)
Muro exterior	Piedra (35 cm) Aislamiento (2,5 cm) Tabique (9 cm) Cemento + yeso (2 cm)	4,25	0,69
Muro interior	Tabique ladrillo hueco (4,5 cm) Aislamiento (2 cm) Tabique ladrillo hueco (4,5 cm)	4,25	0,90
Techo	Cubierta Forjado (20+4 cm) Aislante (3 cm)		0,79
Suelo	Cerámica + mortero (2,5 cm) Solera (8 cm) Aislante (2 cm)		0,80
Ventanas		2	3,40
Puerta interior		2	1,90

4. METODO DE CÁLCULO SIMPLIFICADO

Como base para el cálculo se han utilizado las dimensiones externas de los muros, puertas y ventanas (Figura 3). La base para las dimensiones verticales es la distancia desde la superficie del suelo hasta la siguiente superficie del suelo. Cuando se consideren los muros internos, la base para las dimensiones horizontales es la distancia al centro del muro (es decir, los muros internos se consideran desde la mitad de su espesor).

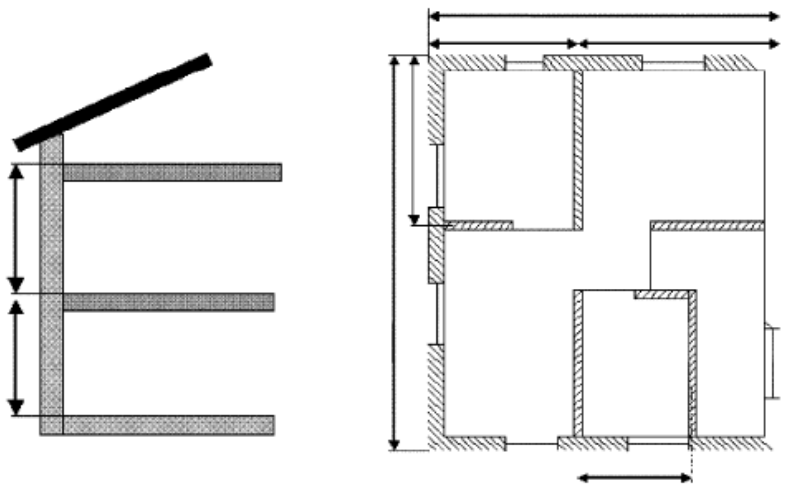


Figura 3. Esquema de referencias tenidas en cuenta a la hora de considerar las medidas de cerramientos y techos
(Fuente: Norma UNE-EN 12831:2003)

4.1 Carga térmica de diseño total de un edificio

Carga térmica de diseño total de un edificio (Q_{HL}), en el caso de que todos los recintos se calienten a la misma temperatura, se obtiene con la Ecuación 1.

(Ecuación 1) $$Q_{HL} = Q_T + Q_V + Q_{RH}$$

Donde:
Q_{HL}: carga térmica de diseño (W)
Q_T: pérdida térmica por transmisión de todos los espacios calentados (W)
Q_V: pérdida térmica por ventilación o infiltración de aire (W)
Q_{RH}: capacidad de calentamiento del local (W)

El procedimiento para el cálculo de la carga térmica total será el cálculo de las cargas térmicas de cada una de las estancias de cada planta, siendo la carga térmica total la suma de todas ellas.

4.1.1 Pérdida térmica por transmisión (Q_T)

La pérdida térmica por transmisión se produce a través de los cerramientos exteriores, muros, paredes, ventanas,… Se calcula según la Ecuación 2.

(Ecuación 2) $$Q_T = f_k \cdot A \cdot U \cdot (T_{int} - T_e)$$

Donde:
Q_T: pérdida térmica por transmisión a través de cerramientos (W)
f_k: factor de corrección de la temperatura, según la Tabla 5 de este documento
A: superficie del cerramiento atravesado por el flujo de calor (m^2). Se tiene en cuenta la longitud del cerramiento y su altura según la Tabla 4 de este documento.
U: transmitancia térmica de los cerramientos, según la Tabla 4 de este documento
T_{int}: temperatura interior del local (ºC)
T_e: temperatura exterior de cálculo (ºC)

Tabla 5. Factores de corrección de la temperatura en función de los puentes térmicos y la superficie adyacente (Fuente: Norma UNE-EN 12831:2003)

Pérdida térmica	fk	Observaciones
Directamente al exterior	1,00	Si los puentes térmicos están aislados
	1,40	Si los puentes térmicos no están aislados
	1,00	Para ventanas, puertas
Hacia un espacio no calentado	0,80	Si los puentes térmicos están aislados
	1,12	Si los puentes térmicos no están aislados
Hacia el terreno	0,3	Si los puentes térmicos están aislados
	0,42	Si los puentes térmicos no están aislados
Hacia el espacio del tejado	0,90	Si los puentes térmicos están aislados
	1,26	Si los puentes térmicos no están aislados
Suelo suspendido	0,90	Si los puentes térmicos están aislados
	1,26	Si los puentes térmicos no están aislados
Hacia un edificio adyacente	0,50	Si los puentes térmicos están aislados
	0,70	Si los puentes térmicos no están aislados
Hacia un edificio colectivo adyacente	0,30	Si los puentes térmicos están aislados
	0,42	Si los puentes térmicos no están aislados

Para el cálculo de la carga térmica por transmisión en cada estancia, se emplea la Ecuación 3:

(Ecuación 3) $$H_{T,k} = f_k \cdot A_k \cdot U_k$$

Donde:
$H_{T,k}$: coeficiente de pérdida térmica por transmisión para cada elemento k de la estancia
f_k: factor de corrección de la temperatura, según la Tabla 5 de este documento
A_k: superficie del elemento k de la estancia atravesado por el flujo de calor (m^2)
U_k: transmitancia térmica del elemento k de la estancia, según la Tabla 4 de este documento

Posteriormente se realiza el sumatorio de los coeficientes $H_{T,k}$ de todos los elementos de la estancia, obteniendo así el coeficiente de pérdida térmica por transmisión total ($H_{T,i}$). Se consideran todas las zonas interiores del edificio climatizadas, excepto la sala de calderas por encontrarse con las ventanas abiertas.

4.1.2 Pérdida de calor por ventilación (Q_V)

Para el cálculo de las pérdidas de calor por ventilación e infiltración de aire se ha utilizado la Ecuación 4.

(Ecuación 4) $$Q_V = 0{,}34 \cdot V_{min} \cdot (T_{int} - T_e)$$

Donde:
Q_V: pérdida térmica por ventilación (W)
V_{min}: caudal mínimo de ventilación/infiltración de aire (m^3/h)
T_{int}: temperatura interior del local (ºC)
T_e: temperatura exterior de cálculo (ºC)

Para el cálculo de V_{min} para locales sin ventilación forzada se ha utilizado la Ecuación 5.

(Ecuación 5) $$V_{min} = n_{min} \cdot V$$

Donde:
V_{min}: caudal mínimo de ventilación/infiltración de aire (m^3/h)
n_{min}: índice de renovación mínima del aire exterior (h^{-1}), según la Tabla XXX de este documento
V: volumen interior del local (m^3)

Tabla 6. Indice de renovación mínima del aire exterior
(Fuente: RITE, 2016)

Tipo recinto	N_{min} (h^{-1})
Recinto habitable	**0,5**
Cocina o baño, con ventana	**1,5**
Despacho	**1**
Sala de reuniones, aula	**2,0**

4.1.3 Capacidad calentamiento del local (Q_{RH})

Se calcula para cada local y se hace para compensar el efecto de calentar intermitentemente. Se ha calculado con la Ecuación 6.

(Ecuación 6) $$Q_{RH} = A \cdot f$$

Donde:
Q_{RH}: capacidad de calentamiento del local (W)
A: superficie del suelo del local (m^2)
f: factor de recalentamiento (W/m^2), según la tabla 7 de este documento

Tabla 7. Factores de recalentamiento de las estancias según su tiempo de recalentamiento, la masa del edificio y la caída de temperatura asumida durante la desconexión
(Fuente: Norma UNE-EN 12831:2003)

Tiempo recalentamiento (h)	Caída de temperatura interior asumida durante la desconexión								
	2K			3K			4K		
	Masa del edificio			Masa del edificio			Masa del edificio		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
1	18	23	25	27	30	27	36	27	31
2	9	16	22	18	20	**23**	22	24	25
3	6	13	18	11	16	18	18	18	18
4	4	11	16	6	13	16	11	16	16
***En edificios estancos y bien aislados, no es frecuente que la caída de temperatura interior sea mayor que 3K durante la parada nocturna. Dependerá de las condiciones climáticas y de la masa térmica del edificio.**									

En la Tabla 7 la masa efectiva del edificio se define en tres categorías:

- Masa alta: suelos y techos de hormigón combinados con muros de ladrillo u hormigón
- Masa media: suelos y techos de hormigón, y muros ligeros
- Masa baja: techos suspendidos, suelos elevados y muros ligeros

Para este caso concreto se ha considerado el edificio como un edificio de masa alta, con caídas de temperaturas interiores de 3K y tiempos de recalentamiento de 2 horas, por lo que el factor de recalentamiento resultante es de 23 W/m^2.

5. RESULTADOS

El procedimiento descrito anteriormente permite calcular la carga térmica total del edificio. Los resultados obtenidos con dicho procedimiento se muestran a continuación, indicándose en la Tabla 9 las cargas térmicas totales obtenidas para cada estancia y en cada planta. Además en la Tabla 8 se muestra un ejemplo de cómo se ha realizado el cálculo de la carga térmica total de una estancia, la recepción.

Tabla 8. Ejemplo de cálculo de la carga térmica total de la recepción del CIN

Estancia i	Recepción				
Superficie	46,6 m^2				
Datos diseño					
Tª interior (ºC)	21				
Tª exterior (ºC)	-8,5				
Perdidas térmicas por transmisión ($Q_{T,i}$)					
Elemento k del edificio	**f_k**	**l_k (m)**	**A_k (m^2)**	**U_k (W/m^2K)**	**$H_{t,k}$ (W/K)**
Muro exterior	1	8,1	34,4	0,69	23,75
Muro exterior	1	6,2	26,4	0,69	18,18
Muro interior	1	7,7	32,7	0,9	29,45
Muro interior	1	4,2	17,9	0,9	16,07
Puerta	1	1,8	3,6	1,9	6,84
Puerta	1	1,4	2,8	1,9	5,32
Ventana	1	2,1	4,2	3,4	14,28
Ventana	1	2,1	4,2	3,4	14,28
Ventana	1	2,1	4,2	3,4	14,28
Suelo	0,3	-	46,6	0,8	11,18
Techo	1	-	46,6	0,79	36,81
Coeficiente de pérdida térmica por transmisión total (W/K)			$H_{T,i} = \Sigma_k f_k \cdot A_k \cdot U_k$		190,45
Pérdida térmica por transmisión total (W)			$Q_{T,I} = H_{T,i} \cdot (T_{int}-T_{ext})$		**5.168,28**
Perdidas térmicas por ventilación ($Q_{V,i}$)					
Volumen interior (h = 3,5 m)		m^3	163,1		
Índice de renovación mínima de aire		h^{-1}	0,5		
Perdida térmica por ventilación total (W)			**817,95**		
Capacidad de calentamiento ($Q_{RH,i}$)					
Superficie del suelo		m^2	46,6		
Factor de recalentamiento		W/m^2	23		
Capacidad de calentamiento total (W)			**1.071,8**		
CARGA TÉRMICA DE DISEÑO TOTAL (W)			$Q_{HL,i} = Q_{T,i} + Q_{V,I} + Q_{RH,i}$		**7.508,03**

Tabla 9. Resultado final del cálculo de la carga térmica total del edificio, con las cargas térmicas totales de cada una de las estancias

ESTANCIA	PÉRDIDA TÉRMICA POR TRANSMISIÓN (W)	PÉRDIDA TÉRMICA POR VENTILACIÓN (W)	CAPACIDAD DE CALENTAMIENTO (W)	CARGA TÉRMICA DE DISEÑO (W)
PLANTA BAJA				
Despacho 1	2.530,36	382,11	299	3.211,47
Despacho 2	2.553,68	456,37	299	3.309,05
Recepción	5.618,28	817,95	1.071,8	7.508,03
Entrada	3.019,15	312,43	409,4	3.740,98
Cuartillo 1	902,02	36,74	57,5	996,26
Cuartillo 2	902,02	36,74	57,5	996,26
Baño mujeres	1.709,27	437,06	190,9	2.337,2
Baño hombres	1.709,27	437,06	190,9	2.337,2
Zona exposiciones 1	7.220,23	949,59	1.244,30	9.414,12
			TOTAL PLANTA BAJA (kW)	**33,85**
PRIMERA PLANTA				
Zona de exposiciones 2	12.931,94	2.209,86	2.895,70	18.037,50
Almacén 1	1.330,71	91,27	119,60	1.541,58
Almacén 2	2.602,25	191,32	250,70	3.044,28
Despacho 3	2.604,08	386,16	253	3.243,23
Sala máquinas	1.480,08	86,01	112,7	1.678,79
Pasillo	1.289,04	50,90	66,7	1.406,64
			TOTAL PRIMERA PLANTA (kW)	**28,96**
PLANTA SEGUNDA				
Sala audiovisuales	13.420,63	13.515,43	4.427,5	31.363,55
			TOTAL SEGUNDA PLANTA (kW)	**31,37**
			TOTAL EDIFICIO (kW)	**94,18**

6. BIBLIOGRAFIA

AENOR (2003). Norma española UNE-EN 12831. Sistemas de calefacción en edificios. Método para el cálculo de la carga térmica de diseño. Octubre 2003. pp 1-79. Madrid.

Gobierno de Navarra (2018). *Datos climáticos y meteorológicos de la estación meteorológica de Esparza de Salazar*. Meteorología y climatología de Navarra, MeteoNavarra. Recuperado el 8 de enero de 2018. Sitio web: http://meteo.navarra.es/

Iturralde y Sagües (1993). *Proyecto de instalación de calefacción para casa de turismo en Ochagavía*. Enero 1993. Pamplona. pp 1-22

Ministerio de la Presidencia. Gobierno de España (2007) Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, con su última modificación el 13 de febrero de 2016.

CÁLCULO II

Consumos de biocombustible y dimensionamiento silos

1. INTRODUCCIÓN

En este documento se va a desarrollar el procedimiento de cálculo seguido para el dimensionamiento de los silos de cada una de las alternativas planteadas en el proyecto, así como el consumo de combustible que supone cada una de las alternativas ya que al fin y al cabo es un dato necesario para poder dimensionar los silos. Los resultados finales obtenidos se muestran de forma descriptiva en la memoria, donde se indican los consumos finales de cada alternativa y las dimensiones de sus silos.

2. ALTERNATIVA 1: PELLET

En primer lugar se calcula la cantidad de combustible que consumirá esta alternativa a lo largo del año. Se consideran los gastos de combustible que tiene el edificio actualmente, obtenidos de las facturas anuales del edificio. El edificio consume 360 l de gasóleo al mes, lo que teniendo en cuenta el PCI del gasóleo (35.928 kJ/l) supone una cantidad de energía de 12.935 MJ al mes.

De acuerdo a la memoria técnica del proyecto original (1993) y a lo consultado a los trabajadores del edificio, la caldera y el sistema de calefacción funcionan durante 6'5 meses al año aproximadamente. Teniendo en cuenta este dato, el consumo mensual de energía y el PCI del pellet (que en este caso se ha considerado de 16.000 kJ/kg, valor inferior al mínimo exigido para el pellet que se va a adquirir), se ha calculado la cantidad total de pellet que consumirá la caldera al año (Ecuación 1)

(Ecuación 1)
$$\frac{6'5\ meses/año \cdot 12.935\ MJ/mes}{16.000\ kJ/kg\ \ pellet} = 5.254,47\ \ kg\ \ pellet/año$$

Si a este cálculo le añadimos el rendimiento de la caldera, que es superior al 94%, el consumo total de pellet es de 5.589,86 kg al año. En el proyecto se ha considerado que el **consumo final** es de **5.600 kg al año**, los cuales habrá que determinar en qué espacio se almacenan.

Para una mayor comodidad, se determina que la autonomía del silo debe ser de todo el año, es decir, el silo debe ser capaz de albergar los 5.600 kg de pellet que la caldera va a consumir durante los 6 meses y medio que va a estar funcionando. Teniendo en cuenta una densidad aparente de un pellet estándar es de 650 kg/m3 (Agencia Extremeña de la Energía, 2016) y aumentando el volumen necesario un 10% por seguridad en el abastecimiento de la caldera, se dimensiona el silo según la Ecuación 2.

(Ecuación 2)
$$\frac{5.600\ \ kg\ \ pellet/año \cdot 1,1}{650\ \ kg/m^3\ \ pellet} = 9,5\ \ m^3\ \ volumen\ \ silo$$

El silo deberá tener un **volumen de 9,5 m³** para almacenar el combustible empleado durante todo el año. Al tratarse de un volumen relativamente pequeño, se considera como la opción más efectiva diseñar un silo con pendiente a ambos lados (40º de inclinación, según recomendaciones de fabricantes) y un sinfín central en la parte inferior que llevará el pellet hasta otro sinfín, en este caso flexible y ya en el exterior del silo, que será el que finalmente alimente la caldera (Figura 1).

Para dimensionar el silo se considera un **ancho fijo de 1,4 m** debido a las restricciones de espacio que dispone el edificio. Esto hace que para llegar a los 9,5 m^3 se diseñe un silo con una **altura total de 2,8 m y 2,8 m de largo** (lo que supone un volumen total de 9,8 m^3). El silo y sus dimensiones, así como las inclinaciones mencionadas anteriormente, se muestran en la Figura 1.

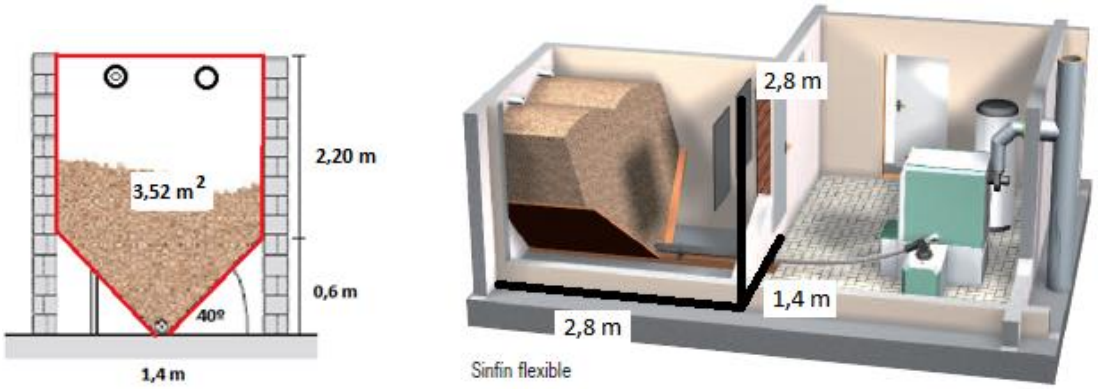


Figura 1. Representación gráfica del silo y sus dimensiones en la alternativa 1
(Fuente: Catálogo Herz)

3. ALTERNATIVA 2: Astilla producida

En primer lugar se calcula las dimensiones que requerirá el silo de almacenamiento en esta alternativa, teniendo en cuenta el consumo de combustible. Se consideran los gastos de combustible que tiene el edificio actualmente, obtenidos de las facturas anuales del edificio. El edificio consume 360 l de gasóleo al mes, lo que teniendo en cuenta el PCI del gasóleo (35.928 kJ/l) supone una cantidad de energía de 12.935 MJ al mes.

De acuerdo a la memoria técnica del proyecto original (1993) y a lo consultado a los trabajadores del edificio, la caldera y el sistema de calefacción funcionan durante 6'5 meses al año aproximadamente. Teniendo en cuenta este dato, el consumo mensual de energía y el PCI medio de la astilla (que en este caso se ha considerado de 13.000 kJ/kg), se ha calculado la cantidad total de astilla que consumirá la caldera al año (Ecuación 3)

(Ecuación 3)
$$\frac{6'5\ meses/año \cdot 12.935\ MJ/mes}{13.000\ kJ/kg\ astilla} = 6.467,04\ kg\ astilla/año$$

Si a este cálculo le añadimos el rendimiento de la caldera, que es superior al 94%, el consumo total de astilla es de 6.880 kg al año. En el proyecto se ha considerado que es de **7.000 kg al año**, los cuales habrá que determinar en qué espacio se almacenan.

Se calcula además el volumen de madera necesario para obtener los 7.000 kg de astilla consumidos durante todo el año. Se aplica el coeficiente medio 1 m^3 igual a 0,95 t, independientemente de las especies y de los días que hayan tardado desde su corta hasta su

traslado a fábrica (Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España, 2014); y a partir de la Ecuación 4 se obtiene el volumen de madera necesario, que es de **7,4 m³ de madera**.

(Ecuación 4) $$7.000\ kg\ madera \cdot \frac{1\ m^3}{950\ kg\ madera} = 7,37\ m^3\ madera$$

Para adaptarse mejor a la escasa disponibilidad de espacio, se determina que la autonomía del silo debe ser de medio año, es decir, el silo debe ser capaz de albergar 3.500 kg de astilla. Teniendo en cuenta una densidad aparente de la astilla es de 250 kg/m3 (Agencia Extremeña de la Energía, 2016) y aumentando el volumen necesario un 10% por seguridad, se dimensiona el silo según la Ecuación 5.

(Ecuación 5) $$\frac{3.500\ kg\ astilla \cdot 1,1}{250\ kg/m^3\ astilla} = 15,4\ m^3\ volumen\ silo$$

El silo deberá tener un **volumen de 15,4 m³**, y se **llenará dos veces al año**.

Para dimensionar el silo se pretende aprovechar al máximo la sala contigua a la caldera, diseñándose un silo de **2,5 metros de ancho y 2,5 metros de alto** (hay que tener en cuenta que los pisos del edificio tienen una altura de 3,5 metros). Con estas dimensiones, se necesita un silo de 2,46 metros de largo para tener un volumen total de 15,4 m³ de silo. Al tratarse de una alimentación mediante un rotativo horizontal, se considera como la mejor opción diseñar un **silo cuadrado de 2,5x2,5 metros**.

De esta forma será posible abarcar todo el silo con un rotativo de 2,5 metros de diámetro de trabajo. Un esquema del silo y sus dimensiones se muestran en la Figura 2.

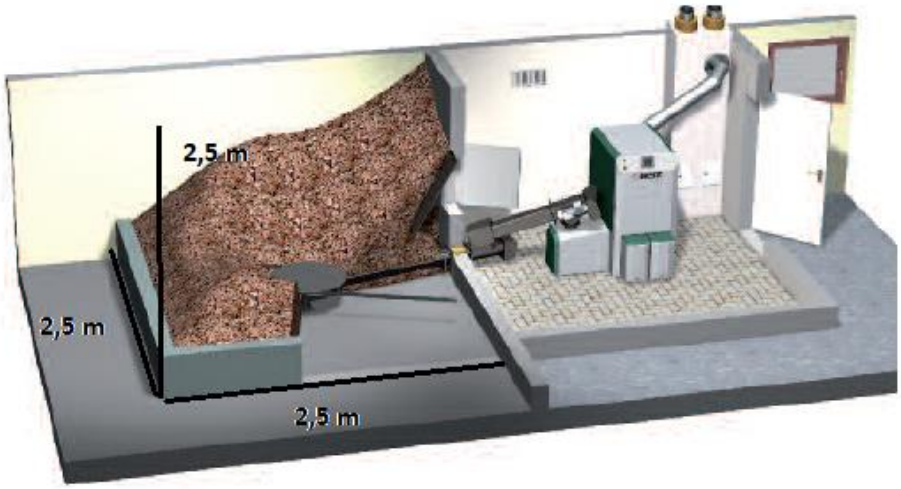


Figura 2. Representación gráfica del silo y sus dimensiones en la alternativa 2
(Fuente: Catálogo Herz)

4. ALTERNATIVA 3: MIXTO ASTILLA-PELLET

En primer lugar se calcula la cantidad de combustible que consumirá esta alternativa a lo largo del año. Se consideran los gastos de combustible que tiene el edificio actualmente, obtenidos de las facturas anuales del edificio. El edificio consume 360 l de gasóleo al mes, lo que teniendo en cuenta el PCI del gasóleo (35.928 kJ/l) supone una cantidad de energía de 12.935 MJ al mes.

De acuerdo a la memoria técnica del proyecto original (1993) y a lo consultado a los trabajadores del edificio, la caldera y el sistema de calefacción funcionan durante 6'5 meses al año aproximadamente. Teniendo en cuenta este dato, la energía total consumida en calefacción es de 84.077,5 MJ al año (Ecuación 6).

(Ecuación 6) $$360\ l\ gasoleo/mes \cdot 35.928\ kJ/l \cdot 6,5\ meses = 84.077,5\ MJ/año$$

El diseño del silo busca dimensionarlo con el menor volumen posible, y buscando que la cantidad total de pellet empleado y la cantidad total de astilla empleada ocupen el silo completo. De esta forma se trata de evitar que el silo este sobredimensionado en algunas épocas del año. Para ello se aplica el siguiente cálculo (Ecuación 7)

(Ecuación 7)
$$X\ kg\ pellet \cdot 18.000 \frac{kJ}{kg\ pellet} + Y\ kg\ astilla \cdot 13.000 \frac{kJ}{kg\ astilla} = 84.077,5\ MJ$$
$$X\ kg\ pellet \cdot \frac{1\ m^3}{650\ kg\ pellet} = Y\ kg\ astilla \cdot \frac{1\ m^3}{250\ kg\ astilla}$$

X = 3.660 kg pellet
Y = 1.410 kg astilla

A estas cantidades es necesario aplicarles el rendimiento de la caldera del 94%, para obtener las cantidades totales necesarias de cada uno de los combustibles, que son de **3.900 kg de pellet y 1.500 kg de astilla**. Esto supone que el **80% de la energía** genera da sea a través de la combustión de **pellet** y el **20%** sea a través de la combustión de **astilla**.

Se calcula además el volumen de madera necesario para obtener los 1.500 kg de astilla consumidos durante todo el año. Se aplica el coeficiente medio 1 m^3 igual a 0,95 t, independientemente de las especies y de los días que hayan tardado desde su corta hasta su traslado a fábrica (Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España, 2014); y a partir de la Ecuación 8 se obtiene el volumen de madera necesario, que es de **1,6 m^3 de madera**.

(Ecuación 8) $$1.500\ kg\ madera \cdot \frac{1\ m^3}{950\ kg\ madera} = 1,58\ m^3\ madera$$

El modo de abastecimiento de este combustible será en dos llenados, uno se realizará en verano-otoño con la astilla obtenida durante el verano, y cuando se consuma la astilla producida se procederá al llenado del silo con pellet adquirido a granel. Aplicando las densidades de uno y otro combustible y aumentando el volumen del silo un 10% por seguridad

(Ecuación 9), se obtiene un **volumen de silo** necesario de **6,6 m³**.

$$\text{(Ecuación 9)},\quad 3.900\ kg\ pellet \cdot \frac{1\ m^3}{650\ kg\ pellet} \cdot 1{,}1 = 6{,}6\ m^3 = 1.500\ kg\ astilla \cdot \frac{1\ m^3}{250\ kg\ pellet} \cdot 1{,}1$$

El silo deberá tener un **volumen mínimo de 6,6 m³** y se **llena dos veces al año.**

Las dimensiones del silo serán de **2,5 m de alto, y 1,7 m x 1,7 m**, obteniéndose así un silo cuadrado (adecuado para los sistemas rotativos horizontales de alimentación) y de 7,2 m³. Un esquema del silo y sus dimensiones se muestran en la Figura 3.

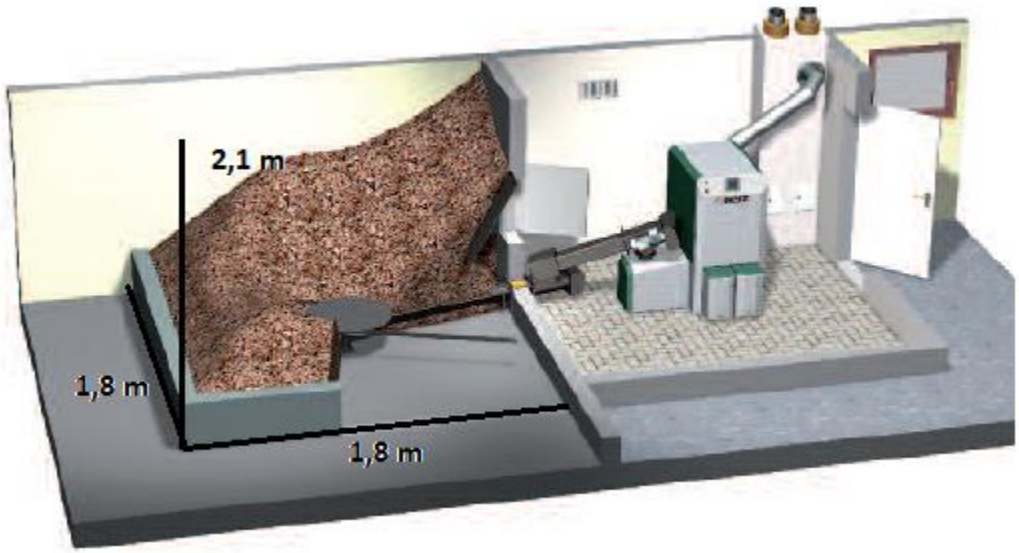


Figura 3. Representación gráfica del silo y sus dimensiones en la alternativa 3
(Fuente: Catálogo Herz)

5. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Extremeña de la Energía (2015). *Biomasa para proyectistas*. Agencia Extremeña de la Energía. Mérida, 2015. pp 1-66

Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España (2014). *Observatorio de precios de productos forestales*. Octubre 2014. Madrid. pp 1-33.

Iturralde y Sagües (1993). *Proyecto de instalación de calefacción para casa de turismo en Ochagavía*. Enero 1993. Pamplona. pp 1-22

CÁLCULO III

Diseño y dimensionamiento de la chimenea

1. INTRODUCCIÓN

El dimensionamiento de la chimenea para cumplir con lo especificado en la norma "UNE-EN 13384-1:2016 Chimeneas. Métodos de cálculo térmicos. Parte 1: chimeneas que se utilizan con un único aparato generador de calor", se ha realizado mediante un software de cálculo desarrollado por DINAK, un importante fabricante y distribuidor de chimeneas y conductos para la evacuación de humos.

2. DATOS DE DISEÑO

Para el cálculo son necesarios una serie de datos de partida, aportados al programa *Dinakalc 4.3*, mediante los cuales el programa aplica la norma para dimensionar la chimenea necesaria para la instalación. Los datos de partida aportados se muestran en la Figura 1.

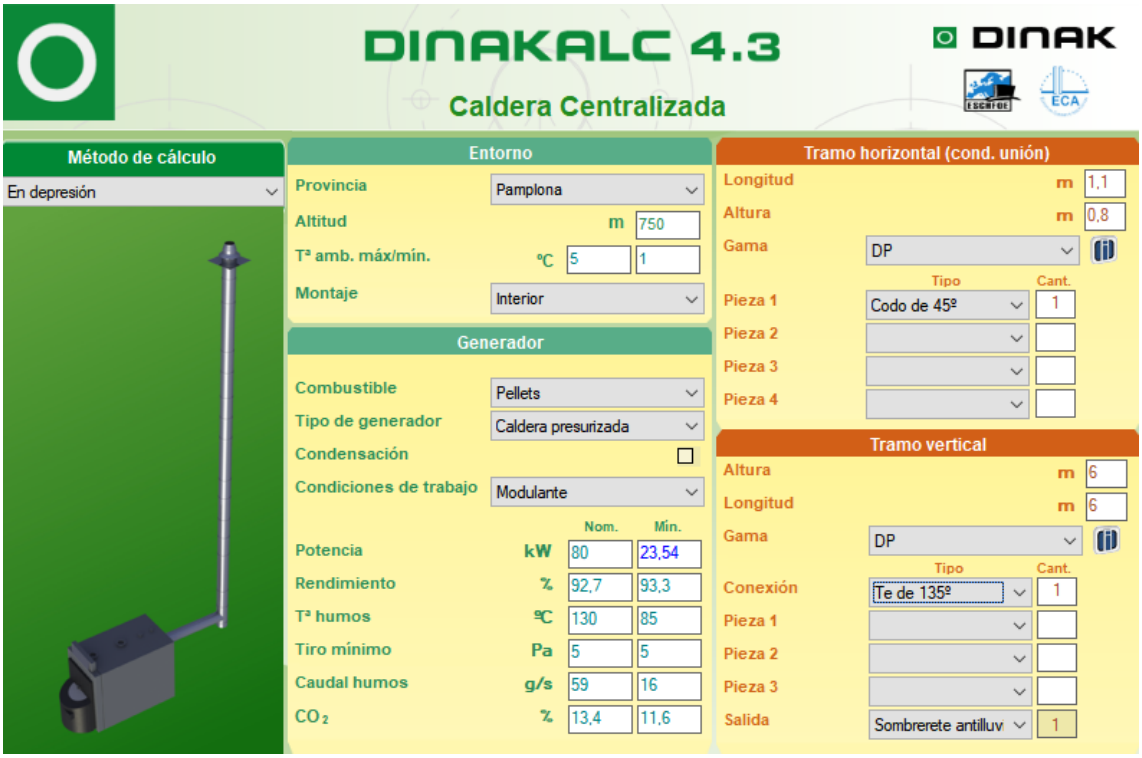


Figura 1. Datos de partida y de diseño considerados para el cálculo y dimensionamiento de la chimenea

La provincia indicada es Pamplona por ser próxima a la localidad del proyecto, pero después se ha modificado los datos de altitud y temperaturas a las reales de la localidad de Ochagavía para el periodo de funcionamiento de la caldera.

El tramo horizontal será ascendente y lo más corto posible, formando un ángulo de 45º y con una longitud total de 1,1 metros hasta alcanzar la pared del edificio por la cual ascenderá el tramo vertical de la chimenea hasta la cubierta. La unión con el tramo vertical se realiza mediante una T de 135º, de modo que el tramo vertical ya sea un tramo continuo de 6 metros de modo que queda situada por encima de cualquier ventana situada dentro de un círculo de 20 m o 1 metro por encima de aquellas que estén a menor distancia.

La gama DP de chimenea dimensionada se trata de una chimenea modular metálica de doble pared aislada, con aislamiento de lana de roca de espesor de 30 mm. Se corresponde con la designación T600 N1 D V2 GXX, según la norma UNE-EN 1856-1 (Figura 2).

Figura 2. Imagen del tipo de conducto elegido como chimenea
(Fuente: DINAK)

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras su dimensionamiento se muestran en la Figura 3, donde se obtiene que la dimensión final de la chimenea será de 235 mm de diámetro exterior y 175 mm de diámetro interior. Estas dimensiones cumplen con todas las comprobaciones exigidas en la norma y se obtiene un tiro suficiente para la evacuación de los gases producto de la combustión.

Figura 3. Resultados finales obtenidos con el programa de cálculo Dinakalc 4.3
(Fuente: DINAK)

4. BIBLIOGRAFIA

AENOR (2010). Norma española UNE-EN 1856-1.Chimeneas. Requisitos para chimeneas metálicas. Parte 1: chimeneas modulares. Mayo 2010. pp 1-62. Madrid.

AENOR (2016) Norma española UNE-EN 13384-1. Chimeneas. Métodos de cálculo térmicos. Parte 1: chimeneas que se utilizan con un único aparato generador de calor. Octubre 2016. pp 1-60. Madrid

DINAK (2018). *Chimeneas y conjuntos modulares de acero. Imágenes y ejemplos*. Recuperado el 20 de abril de 2018. Sitio web: http://www.dinakchimeneas.com/

Proyecto de sustitución de caldera de gasoil por caldera de biomasa en CIN Ochagavia

DOCUMENTO BÁSICO 3
PLANOS

MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Volumen 1 de 1

Para:
Sección de Sostenibilidad, Educación
Ambiental y Participación Pública
Gobierno de Navarra

Por:
David Yerro Lizarazu

ÍNDICE

PLANO 1: SITUACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL CIN DE OCHAGAVIA 3

PLANO 2: DISPONIBILIDAD DE BIOCOMBUSTIBLE FORESTAL EN LA ZONA..... 4

PLANOS SITUACIÓN INICIAL

PLANO 3.A: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA SITUACIÓN INICIAL. PLANTA BAJA 5

PLANO 3.B: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA SITUACIÓN INICIAL. PRIMERA PLANTA..... 6

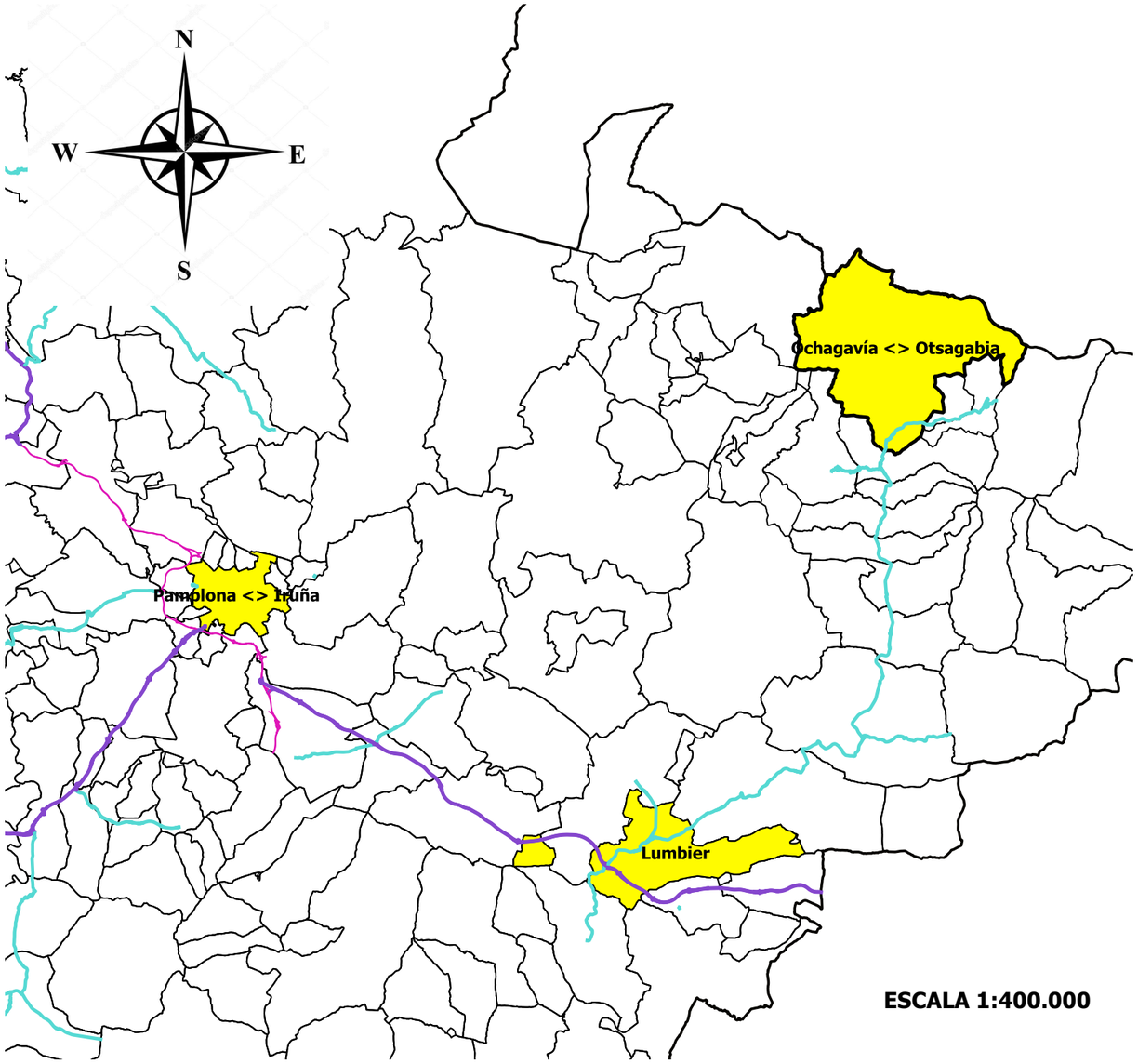
PLANO 3.C: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA SITUACIÓN INICIAL. SEGUNDO PISO 7

PLANOS SITUACIÓN FINAL

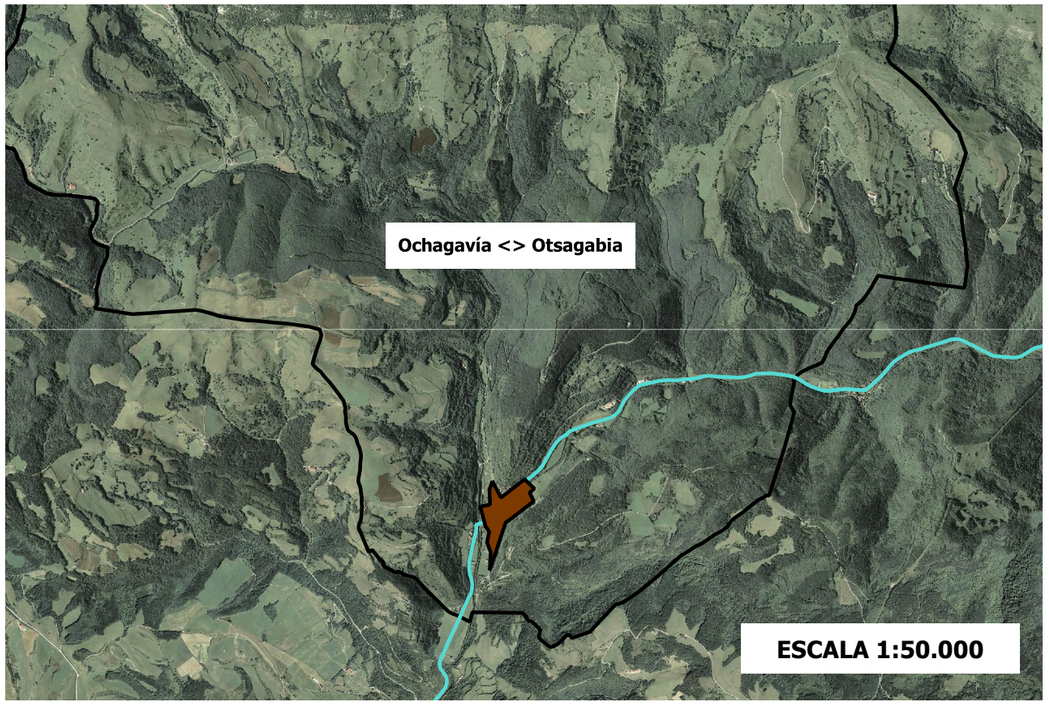
PLANO 4.A: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA SITUACIÓN FINAL. PRIMER PISO 8

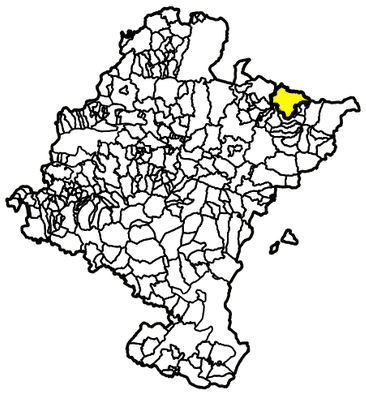
PLANO 4.B: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y ALZADO DE SALA DE CALDERAS. SITUACIÓN FINAL 9

PLANO 4.C: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA SITUACIÓN FINAL. SEGUNDO PISO..... 10



ESCALA 1:400.000





Leyenda

- CIN Ochagavia
- Localidad_Ochagavía

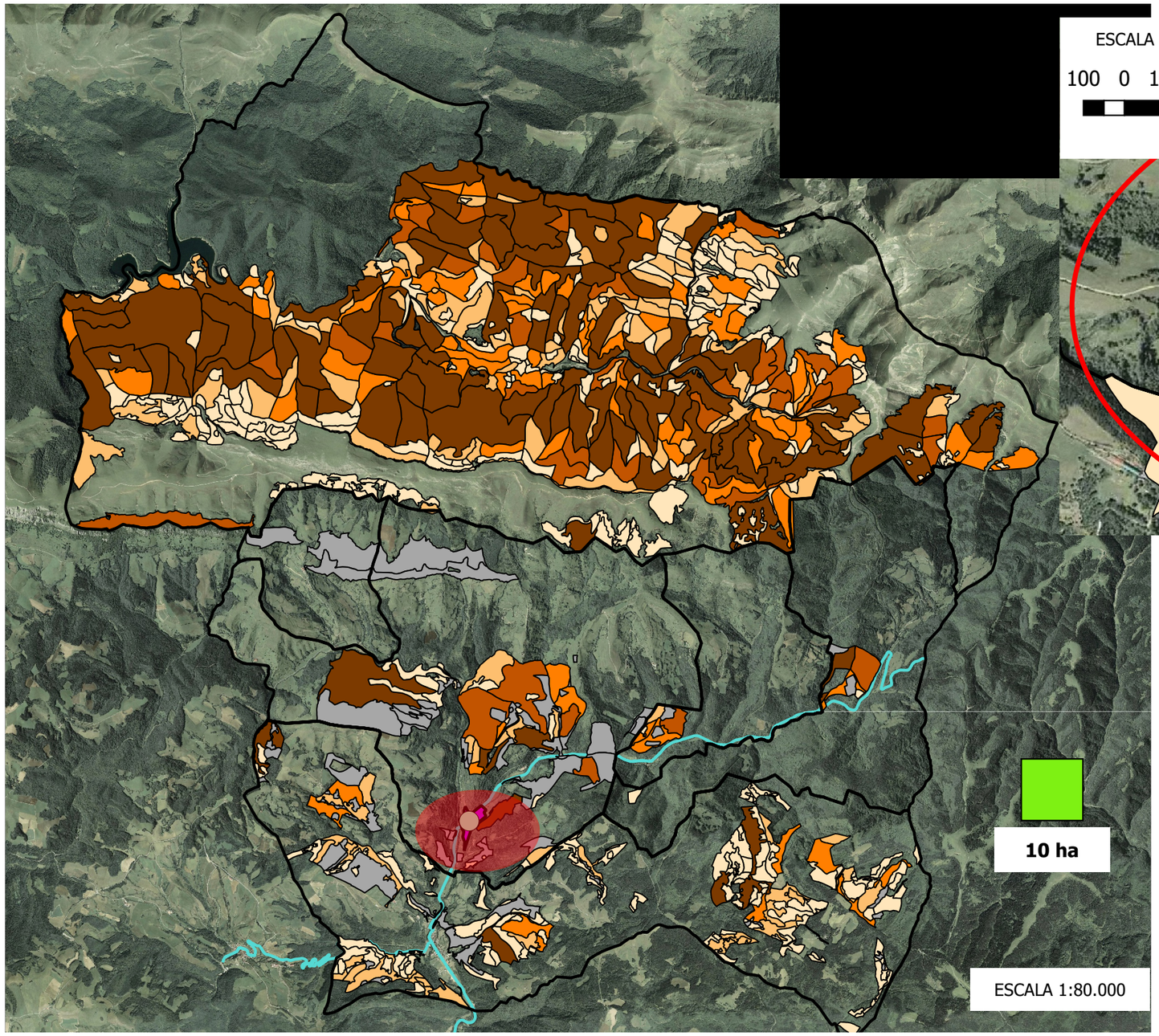
Red de carreteras

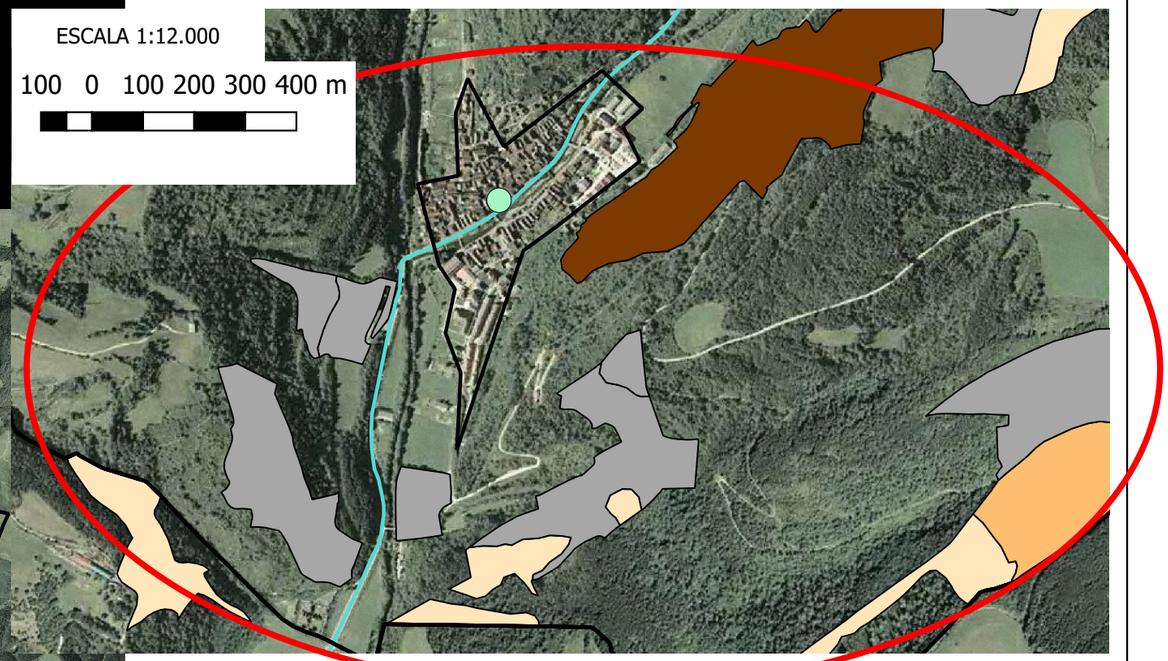
- AP-15
- A-21
- NA-140

upna Universidad Pública de Navarra / Nafarroako Unibertsitate Publikoa

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA
NAFARROAKO UNIBERSITATE PUBLIKOA

TÍTULO	AUTOR		
SUSTITUCIÓN CALDERA GASOIL POR CALDERA BIOMASA EN CIN OCHAGAVÍA	David Yerro Lizarazu		
	FIRMA		
PLANO	Nº PLANO	ESCALA	FECHA
PLANO DE SITUACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL CIN OCHAGAVIA	1	-	11/06/2018





Leyenda

- CIN Ochagavia
- Localidad de Ochagavía

Volumen madera (m3)

- 0
- 0 - 1.400
- 1.400 - 2.700
- 2.700 - 4.500
- 4.500 - 6.000
- 6.000 - 10.000

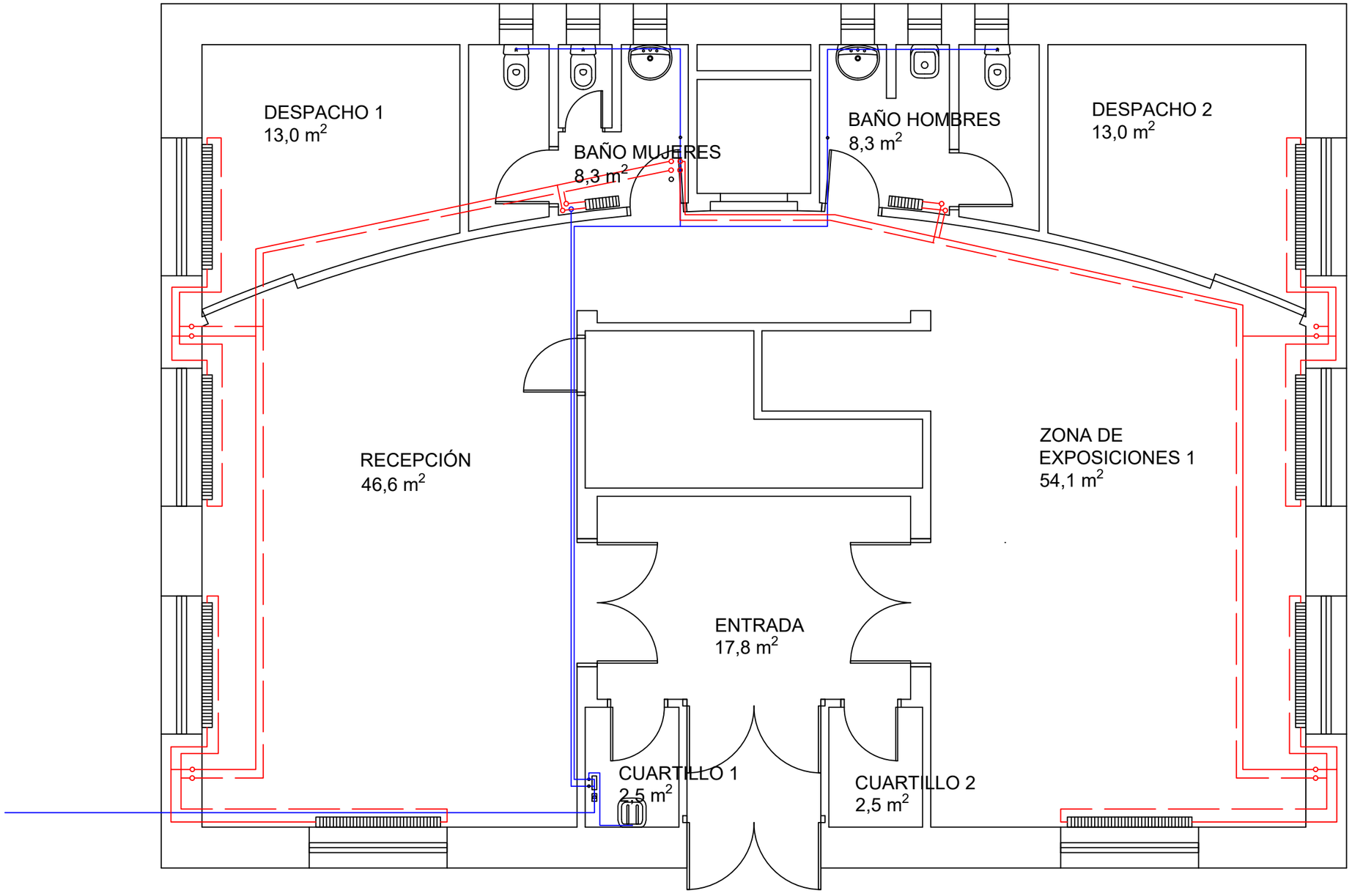
Red de carreteras

- NA-140

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA
NAFARROAKO UNIBERSITATE PUBLIKOA

TÍTULO	AUTOR		
SUSTITUCIÓN CALDERA GASOIL POR CALDERA BIOMASA EN CIN OCHAGAVÍA	David Yerro Lizarazu		
	FIRMA		
PLANO: DISPONIBILIDAD DE BIOCOMBUSTIBLE FORESTAL EN LA ZONA	Nº PLANO: 2	ESCALA: -	FECHA: 11/06/2018

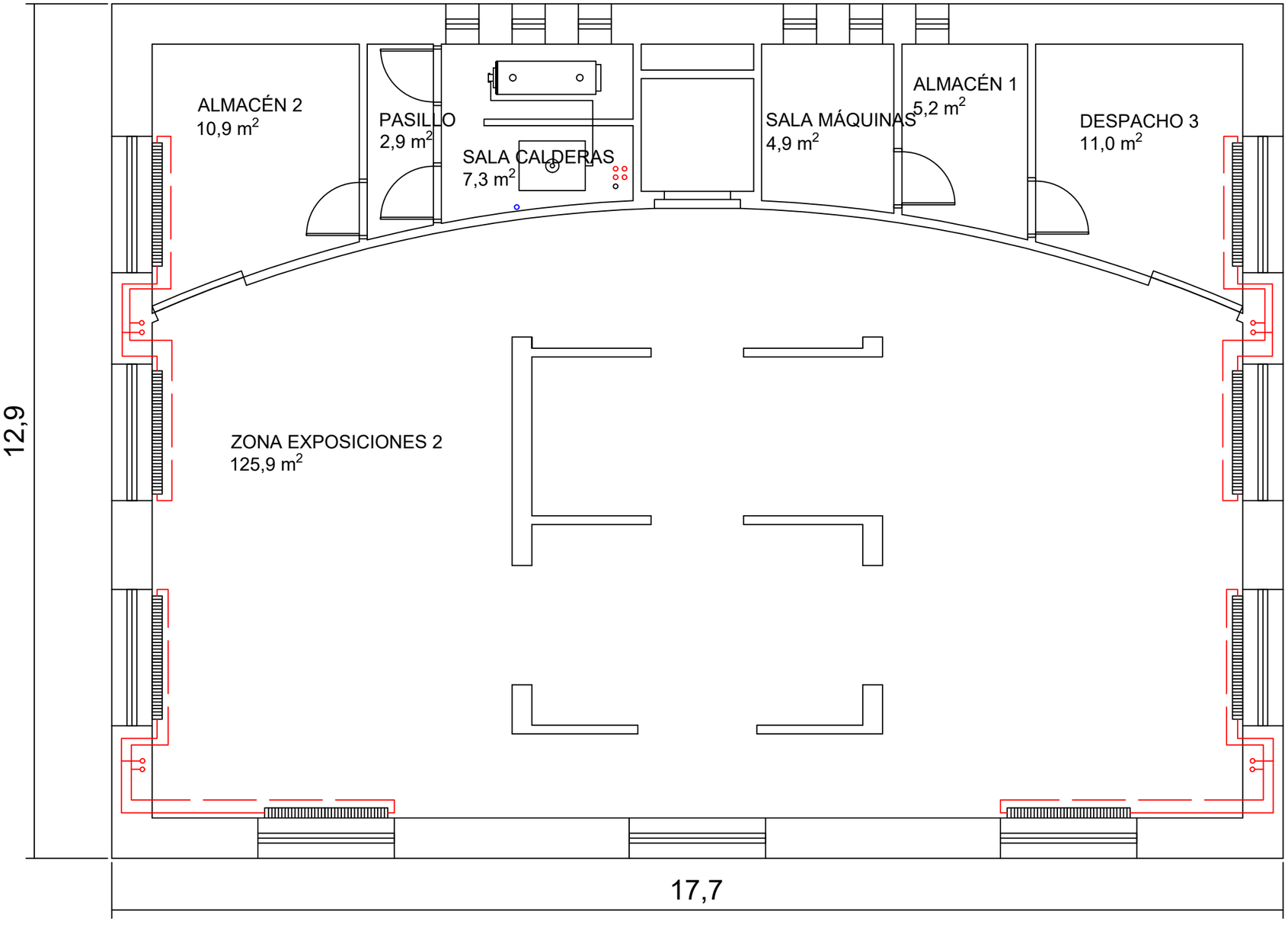


LEYENDA

- AGUA CORRIENTE
- CALIENTE IDA
- CALIENTE RETORNO

upna UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA
NAFARROAKO UNIBERTSITATE PUBLIKOA

TÍTULO SUSTITUCIÓN CALDERA GASOIL POR CALDERA BIOMASA EN CIN OCHAGAVÍA	AUTOR David Yerro Lizarazu		
	FIRMA		
PLANO DISTRIBUCIÓN EN PLANTA SIT. INICIAL. PLANTA BAJA	Nº PLANO 3.A	ESCALA 1:100	FECHA 06/06/2018



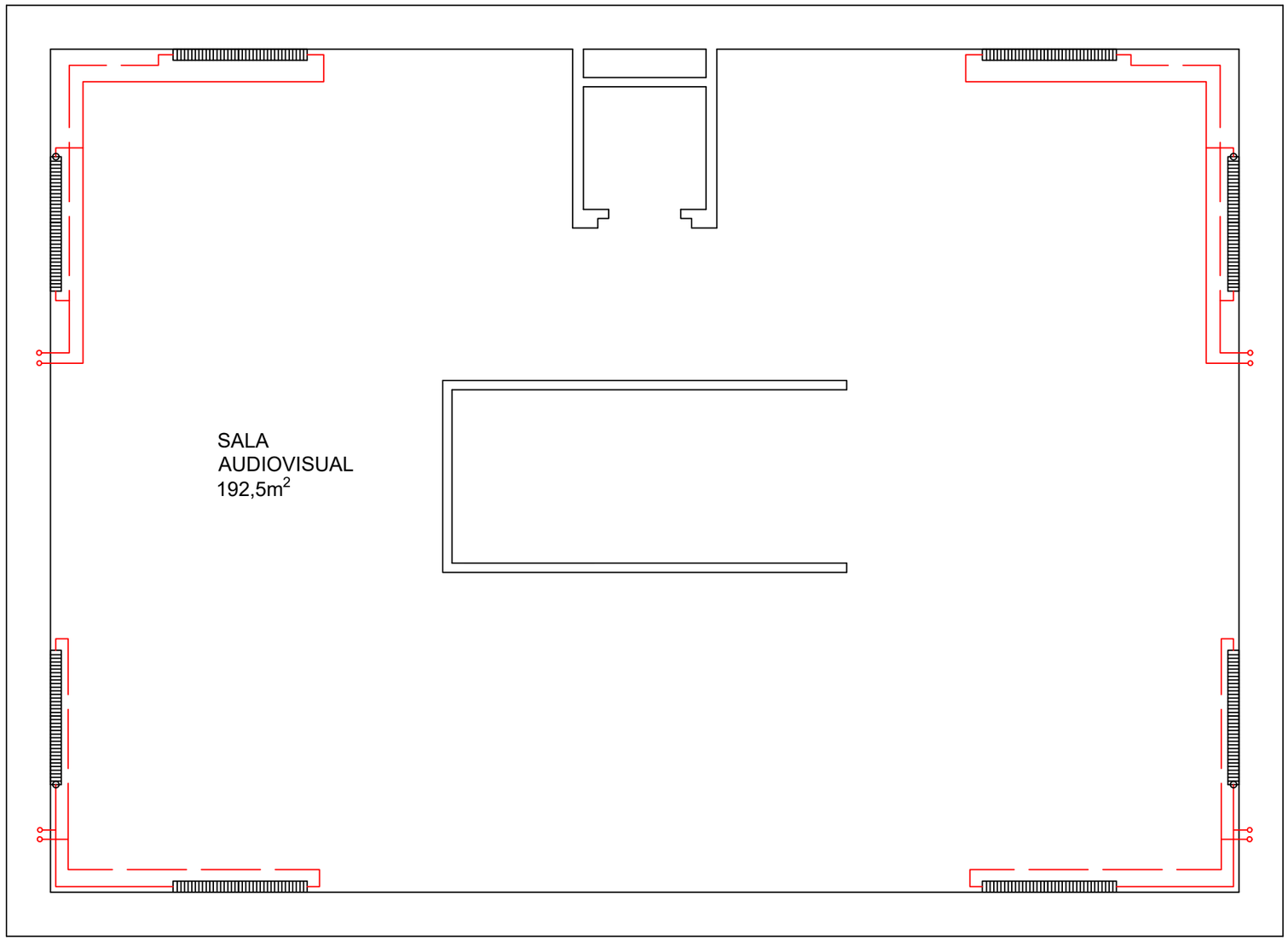
LEYENDA

CALIENTE IDA

CALIENTE RETORNO

upna UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA
NAFARROAKO UNIBERTSITATE PUBLIKOA

TÍTULO SUSTITUCIÓN CALDERA GASOIL POR CALDERA BIOMASA EN CIN OCHAGAVÍA	AUTOR David Yerro Lizarazu		
	FIRMA		
PLANO DISTRIBUCIÓN EN PLANTA SIT. INICIAL. PRIMERA PLANTA	Nº PLANO 3.B	ESCALA 1:100	FECHA 06/06/2018



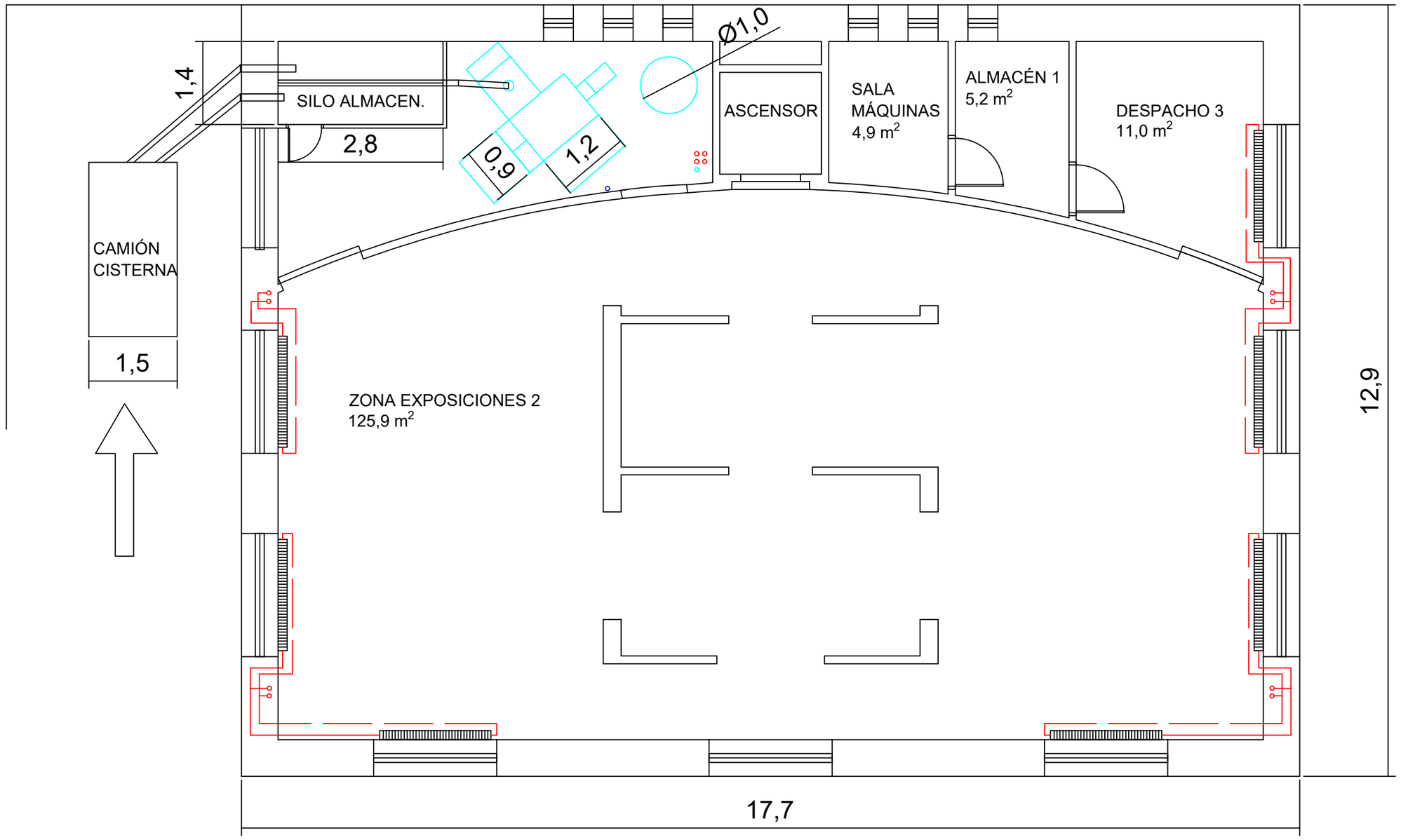
LEYENDA

CALIENTE IDA

CALIENTE RETORNO

upna UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA
NAFARROAKO UNIBERTSITATE PUBLIKOA

TÍTULO SUSTITUCIÓN CALDERA GASOIL POR CALDERA BIOMASA EN CIN OCHAGAVÍA	AUTOR David Yerro Lizarazu		
	FIRMA		
PLANO DISTRIBUCIÓN EN PLANTA SIT. INICIAL. SEGUNDO PISO	Nº PLANO 3.C	ESCALA 1:100	FECHA 06/06/2018



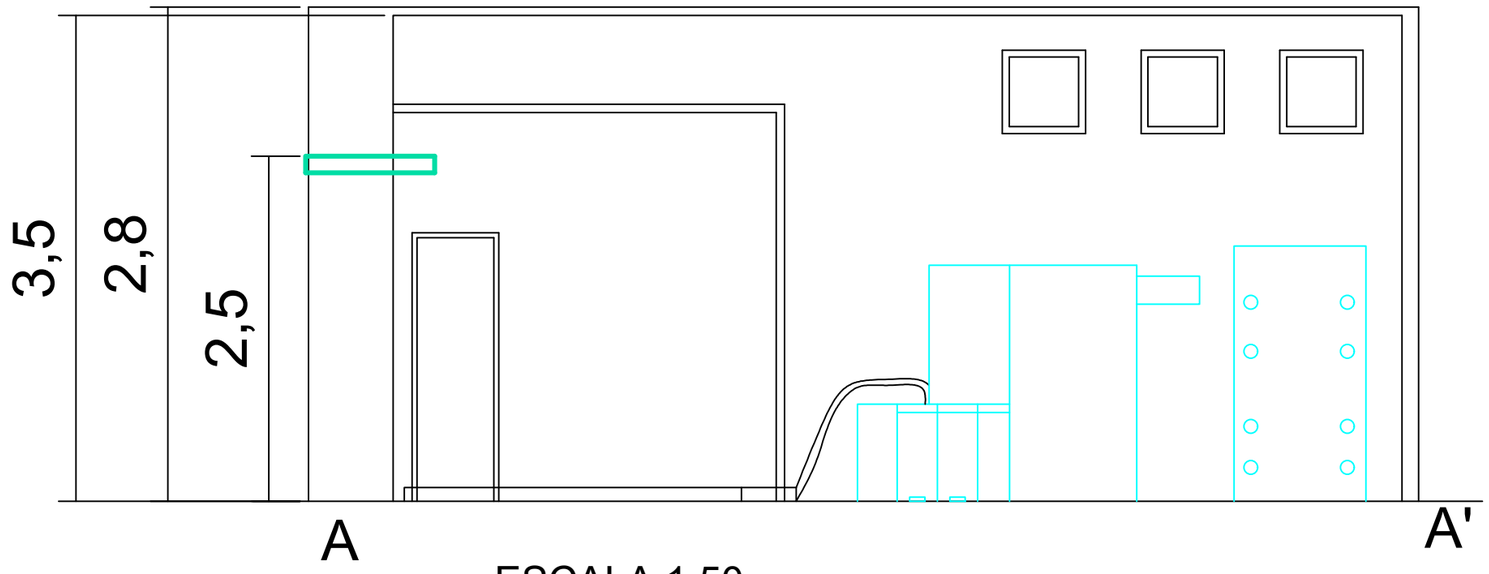
LEYENDA

CALIENTE IDA

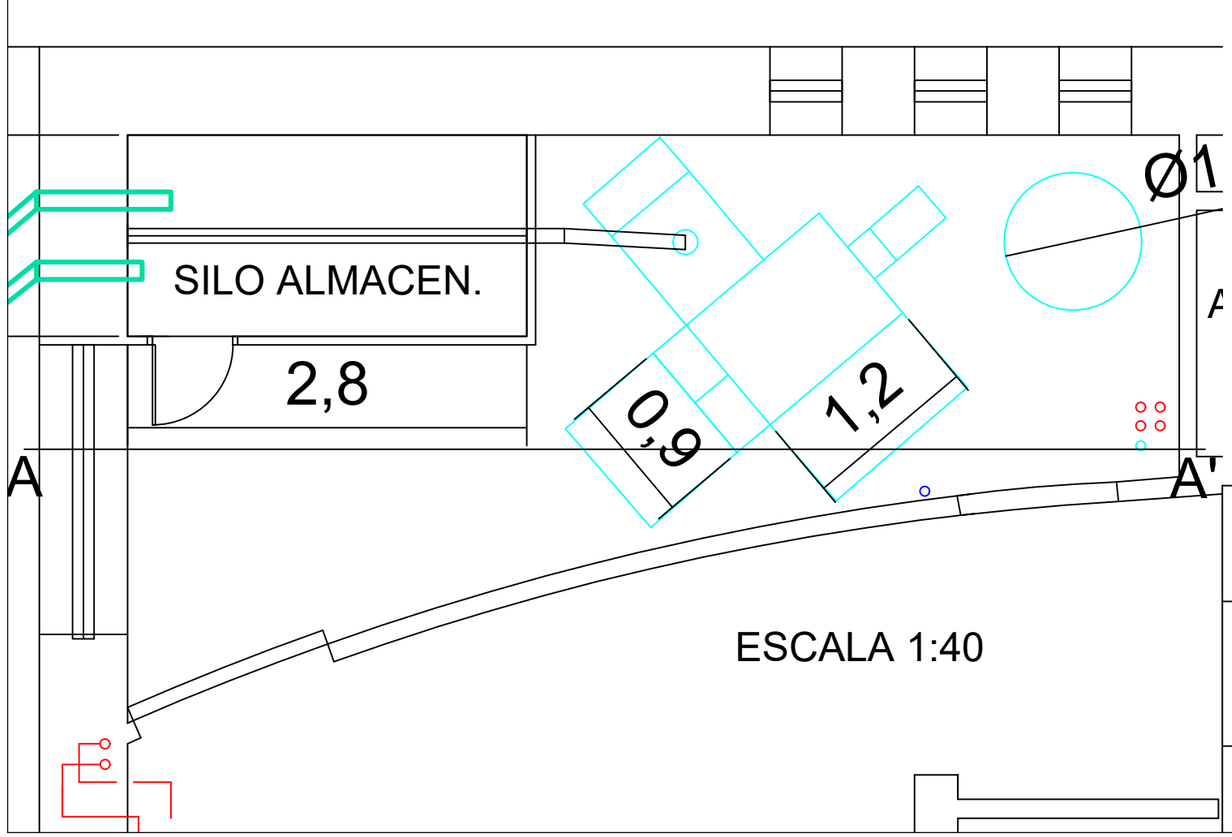
CALIENTE RETORNO

upna UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA
NAFARROAKO UNIBERTSITATE PUBLIKOA

TÍTULO SUSTITUCIÓN CALDERA GASOIL POR CALDERA BIOMASA EN CIN OCHAGAVÍA	AUTOR David Yerro Lizarazu		
	FIRMA		
PLANO DISTRIBUCIÓN EN PLANTA SIT. FINAL. PRIMER PISO	Nº PLANO 4.A	ESCALA 1:100	FECHA 06/06/2018



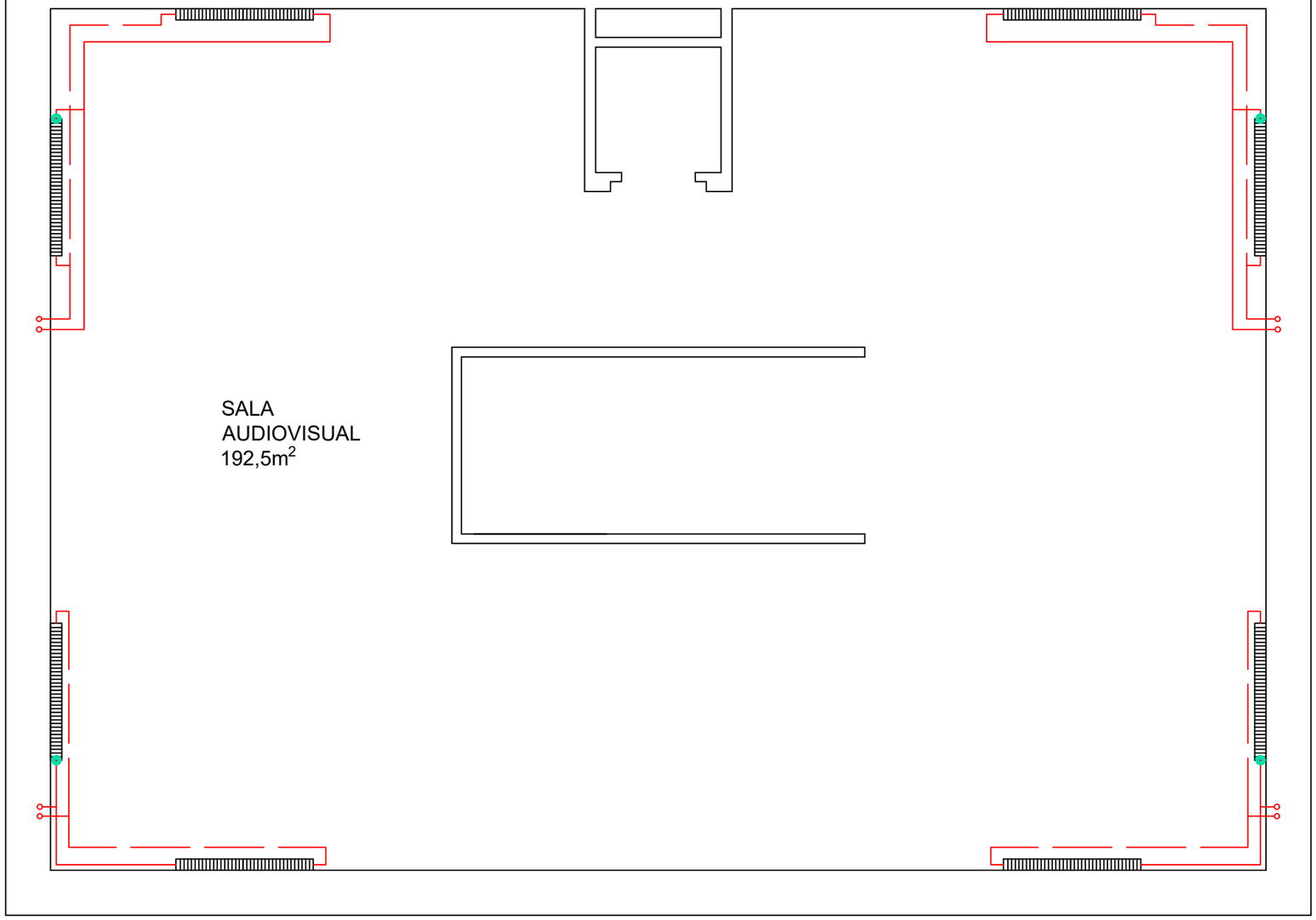
ESCALA 1:50



ESCALA 1:40

upna UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA
NAFARROAKO UNIBERTSITATE PUBLIKOA

TÍTULO SUSTITUCIÓN CALDERA GASOIL POR CALDERA BIOMASA EN CIN OCHAGAVÍA	AUTOR David Yerro Lizarazu		
	FIRMA		
PLANO DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y ALZADO SALA CALDERAS. SIT FINAL	Nº PLANO 4.B	ESCALA Varios	FECHA 06/06/2018



LEYENDA

- CALIENTE IDA
- CALIENTE RETORNO
- VÁLVULAS TERMOSTÁTICAS

upna UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA
NAFARROAKO UNIBERTSITATE PUBLIKOA

TÍTULO SUSTITUCIÓN CALDERA GASOIL POR CALDERA BIOMASA EN CIN OCHAGAVÍA	AUTOR David Yerro Lizarazu		
	FIRMA		
PLANO DISTRIBUCIÓN EN PLANTA SIT. FINAL SEGUNDO PISO	Nº PLANO 4.C	ESCALA 1:100	FECHA 06/06/2018

Proyecto de sustitución de caldera de gasoil por caldera de biomasa en CIN Ochagavia

DOCUMENTO BÁSICO 4
PLIEGO DE CONDICIONES

MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Volumen 1 de 1

Para:
Sección de Sostenibilidad, Educación
Ambiental y Participación Pública
Gobierno de Navarra

Por:
David Yerro Lizarazu

ÍNDICE

1 GENERALIDADES 3
1.1 Objeto del contrato 3
1.2. Documentos que definen las obras 3
1.3. Compatibilidad y prelación entre dichos documentos 3
1.4 Justificación 3
1.5 Alcance de los trabajos 3
1.6 Planificación y coordinación 3
1.7 Protección de los trabajadores. Seguridad y salud 4
1.8 Responsabilidad Civil del Contratista 4
1.9 Ámbito de aplicación 5
1.10 Causa de Rescisión de Contrato 5
1.11 Medición y valoración 5
1.12 Materiales y equipos 6
1.13 Seguridad e higiene en el trabajo 6
1.14 Responsabilidades 6
1.15 Normas aplicables 6
1.16 Trabajos previos 6
1.17 Planos 6
1.18 Instrucciones de funcionamiento y mantenimiento 6

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES 6
2.1 Procedencia y condiciones de los materiales 6
2.2 Reconocimiento de los materiales 7

3. EJECUCIÓN Y CONTROL DE INSTALACIÓN 8
3.1 Técnico encargado de la instalación 8
3.2 Condiciones de la mano de obra 8
3.3 Normas generales de ejecución 8
3.4 Recepción de materiales 8
3.5 Plazo de ejecución 9
3.6 Presupuesto 9

1 GENERALIDADES

1.1 Objeto del contrato

- El Objeto del presente Pliego de Condiciones Técnicas es la definición de las especificaciones bajo las cuales ha de realizase el proyecto de una nueva caldera de biomasa alimentada por pellet para la calefacción del Centro de Interpretación de la Naturaleza de Ochagavía, propiedad del Gobierno de Navarra y situado en la localidad de Ochagavía.

- Además de atenerse a las condiciones señaladas en el presente pliego, todos los elementos y su sistema de montaje cumplirán lo dispuesto en la Normativa que le sea de aplicación.

- Necesidades administrativas a satisfacer mediante el contrato:
Describir y regular la obra de sustitución de la caldera de gasóleo por una caldera de pellets de 101 kW que suponga la utilización de biomasa como combustible y por tanto sea un ejemplo de sostenibilidad por su impacto medioambiental, económico y social.

1.2. Documentos que definen las obras

Las obras objeto de este Proyecto, están definidas en el documento de Planos, así como en las especificaciones y mediciones que se incluyen en este Proyecto.

1.3. Compatibilidad y prelación entre dichos documentos

En caso de incompatibilidad entre lo detallado en las especificaciones de los equipos y planos, regirán las primeras; en lo que se refiere a las obras de fábrica, se dará prioridad a lo que definan los planos, y, en cualquier caso, a aquello que permita la más correcta ejecución y el mejor funcionamiento de la instalación.

1.4 Justificación

El actual sistema de calefacción emplea una caldera de gasóleo que se sustituye por caldera de biomasa promoviendo de esta manera una inversión dirigida a la reducción del impacto medioambiental, a través de la disminución de emisiones contaminantes y fomento de la generación de energía utilizando fuentes renovables.

1.5 Alcance de los trabajos

Los trabajos a realizar son los correspondientes a la instalación de los elementos que constituyen a generación de energía térmica mediante una caldera de pellets de 101 kW para suministro de calefacción del Centro de Interpretación de la Naturaleza de Ochagavía.
Se incluyen en los mismos la colocación de la caldera y montaje de alimentación y suministro de combustible desde el silo en este caso de Obra, elementos auxiliares requeridos en la instalación (depósito de inercia) y mejoras en el edificio para reducir el consumo de combustible.

1.6 Planificación y coordinación

Las instalaciones serán realizadas por una empresa instaladora consolidada en el sector, con instaladores a su servicio provistos de los respectivos carnets reconocidos. A tal empresa se le presupone la dotación de los medios necesarios así como de los suficientes conocimientos y experiencia en obra para la correcta instalación.
El trabajo se desarrollará previsiblemente simultaneado con otros, así como las ayudas necesarias por parte de otros grupos de trabajo, especialmente con respecto a la instalación eléctrica, por lo que habrá que proceder a la coordinación de las tareas de los distintos equipos, en base a garantizar la seguridad tanto de los operarios como de los bienes y equipos.

Se estará a lo indicado en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y Reales Decretos que la desarrollan.

1.7 Protección de los trabajadores. Seguridad y salud

La empresa instaladora, según Ley, debe coordinar las medidas de seguridad y salud que vaya a adoptar en la obra para protección de los trabajadores a su servicio, con el resto de empresas subcontratistas que operen simultáneamente en la obra.

En General se dará cumplimiento al RD 31/1995: Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Dicha coordinación quedará plasmada en el denominado " Plan de Seguridad y Salud" redactado por el instalador sometido a la aprobación de la Dirección Técnica, la cual habrá de elaborar el Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Como a cualquier empresa, se le exigirá la correspondiente evaluación de riesgos y las medidas que eliminen o palie hasta niveles razonablemente aceptables el binomio probabilidad-consecuencia de los accidentes que pudieran sufrir los trabajadores.

Para el trabajo a desarrollar, se prevé la dotación de Equipos de Protección Individual (EPI's) a los trabajadores, en particular guantes de protección contra cortes y quemaduras y ropa de trabajo.

Deberá disponer asimismo de herramientas adecuadas a la actividad a realizar y en general las correspondientes protecciones en función del riesgo que conlleve cada tipo de trabajo (definidos en general en el Estudio Básico de Seguridad y Salud).

Los operarios que realicen los trabajos deberán disponer asimismo de prefecto conocimiento de los riesgos que asumen así como de la formación técnica adecuada a la función a desempeñar (Formación e Información). Se considerará especialmente las condiciones de trabajo particulares para menores de edad que, en su caso, intervengan en la ejecución.

Los trabajos se realizarán en coordinación en caso que hubiere subcontratas, en ausencia de interferencias con los mismos y tomando medidas oportunas de identificación y señalización de puntos o zonas que conlleven algún tipo de peligro.

1.8 Responsabilidad Civil del Contratista

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes indiquen, para evitar en lo posible accidentes, en todos los lugares peligrosos a juicio de la Dirección. De los accidentes y perjuicios de todo género que por no cumplirse por el Contratista lo Legislado sobre la materia, pudieran suceder, será el único responsable ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones.

Además será responsable el Contratista de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobrevinieran, tanto en la edificación donde se efectúan las obras, como en las contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de obras. El Contratista cumplirá cuantos requisitos prescriben las disposiciones vigentes, debiendo exhibir cuando ello fuese requerido el justificante de tal cumplimiento. Queda obligado por tanto, al cumplimiento de lo dispuesto en la actual legislación sobre accidentes de trabajo, seguro, cargas sociales, y

demás disposiciones vigentes de carácter social, e incluso a las que en lo sucesivo se pongan en vigor; no siendo responsable el propietario, del incumplimiento de dichas disposiciones, ni de las que dicten sobre el particular las autoridades competentes.

1.9 Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación de las prescripciones técnicas, se extiende a todas las unidades y partidas que figuren en la licitación o aquellas instalaciones que imponga el criterio de la propiedad en la fase de ejecución.

1.10 Causa de Rescisión de Contrato

a) Si por negligencia o por cualquier otra causa, no cumpliera el Contratista con alguna de las condiciones fijadas en este Pliego de Condiciones.
b) Cuando sea probado por la Dirección que el Contratista hubiera procedido de mala fe o ignorancia con el suministro de materiales o en la ejecución de las obras.
c) Cuando se llevara en el desarrollo de la obra una lentitud perjudicial para la buena marcha y terminación de las mismas.
d) Cuando el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas. En este caso el Ingeniero, en nombre y representación del Propietario, ordenará ejecutarlas a un tercero, con cargo a la fianza depositada, sin perjuicio de que el importe de la fianza no fuese suficiente para abonar los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.
e) En caso de muerte o incapacidad del Contratista.
f) En caso de quiebra del Contratista.
g) Las modificaciones del proyecto en tal forma que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del Ingeniero y en cualquier caso siempre que la variación del presupuesto de ejecución como consecuencia de estas modificaciones representen en más o en menos el 25 % como mínimo del importe de aquél.
h) Las suspensiones de obra comenzadas y en todo caso siempre que por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de 15 días a partir de la adjudicación, en este caso la devolución de la fianza, en caso de existir, será automática.
i) La suspensión de obras comenzadas, siempre que el plazo de suspensión, haya excedido más de un año.
j) El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del proyecto.
k) La terminación del plazo de ejecución de la obra sin haber llegado a ésta.
l) El abandono de la obra sin causa justificada.
m) En los casos e y f, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato el propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquéllos derecho a indemnización alguna.

1.11 Medición y valoración

Se realizará con arreglo a las especificaciones desarrolladas en el documento de medición y presupuesto.
En los casos donde aparezcan en el presupuesto unidades que no figuren en el referido capítulo o que por sus características especiales no puedan considerarse suficientemente definidas, la medición se realizará de acuerdo con los criterios generales seguidos en la confección de la Medición y Presupuesto y con arreglo a las condiciones técnicas particulares de la instalación.

1.12 Materiales y equipos

Todos los materiales y equipos suministrados por la empresa Instaladora deberán ser nuevos y de la calidad exigida por el pliego de condiciones.

La oferta incluirá el transporte de los materiales a pie de obra, así como la mano de obra para el montaje de materiales y equipos y para las pruebas de recepción, equipada con las debidas herramientas, utensilios e instrumentos de medida.

Se preestablecerá un lugar adecuado para el almacenamiento de los materiales, donde se encuentren debidamente preservados de los agentes externos.

1.13 Seguridad e higiene en el trabajo

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

1.14 Responsabilidades

La empresa Instaladora será responsable de la perfecta ejecución de la instalación proyectada de acuerdo al presente Pliego de Condiciones y memoria específica.

1.15 Normas aplicables

Será de general aplicación la Normativa legal acogida la presente memoria que le es de aplicación a la instalación proyectada en el mismo.

1.16 Trabajos previos

Desmontaje tanto de la caldera como el depósito de gasóleo existente, además de carga y transporte al almacén municipal de equipos de climatización y asegurar su correcto funcionamiento.

1.17 Planos

Los planos de Proyecto indican la extensión y disposición general de los trabajos de calefacción. Si el contratista estimase necesario apartarse de los establecido en dichos planos, presentará a la aprobación de la Dirección, tan pronto como sea posible, los detalles de tales modificaciones y las causas que lo justifiquen. Asimismo presentará, por duplicado, ejemplar de los planos definitivos de montaje con especificaciones de diámetros, llaves, etc., y sitio exacto de su ubicación.

1.18 Instrucciones de funcionamiento y mantenimiento

Se colocarán en los lugares indicados por la Dirección en la proximidad del equipo, instrucciones impresas que regulan el funcionamiento y mantenimiento de cada elemento del mismo. Dichas instrucciones se montarán en bastidores de madera o metal con cubiertas de vidrio o en plástico.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

2.1 Procedencia y condiciones de los materiales

Todos los equipos y materiales que intervengan en las instalaciones objeto de esta licitación procederán de factorías con garantías, de primera calidad. Cumplirán con las condiciones que para cada uno de ellos se especifiquen en los artículos que siguen.

El Contratista presentará con la debida antelación a la propiedad cuantos materiales se vayan a emplear, para su reconocimiento y aprobación, sin la cual no se autorizará su colocación y puesta en archa, debiendo sustituir esos componentes si nos son los acordados.

2.1.1 Cerramiento escalera

La luna empleada para cerrar los huecos de la escalera deberá ser una luna pulida incolora de 4 mm de espesor, fijada mediante sellado de juntas con silicona sintética incolora.

2.1.2 Válvulas termostáticas

La válvula termostática estará conformada por el cabezal termostático, con conexión roscada de 24x19 mm compatible con adaptadores para tubos multicapa y conexión de 1/2" de diámetro con el radiador, cuerpo de latón y vástago de acero inoxidable.

2.1.3 Caldera

La caldera deberá ser apta tanto para el uso de pellet como astilla como combustible, con un rango de potencia de funcionamiento de entre 23 y 101 kW, con cuerpo de acero soldado y ensayado a presión. Dispondrá de un módulo interno de ampliación para control de un depósito adicional de inercia, base de apoyo antivibraciones, motor introductor trifásico a 400 V para almacén intermedio de caldera Firematic, sistema de elevación de la temperatura de retorno por encima de 55°C, compuesto por válvula motorizada de 3 vías de 40 mm de diámetro y bomba de circulación, sistema de extracción de cenizas con transportador helicoidal sinfín flexible, conexión antivibración para conducto de humos de 235 mm de diámetro, limitador térmico de seguridad, tarado a 95°C, base de apoyo antivibraciones. Además contará con aislamiento interior, parrilla móvil, intercambiador de calor de tubos verticales, control de los parámetros de la combustión mediante sonda integrada, sistema de mando y control mediante pantalla táctil para el sistema de combustión.

2.1.4 Chimenea

La chimenea estará compuesta por un tubo de doble pared, con pared interior de acero inoxidable AISI 316L de 175 mm de diámetro y pared exterior de acero inoxidable AISI 304, con aislamiento entre paredes mediante manta de fibra cerámica de alta densidad de 25 mm de espesor. Permitirá temperaturas de trabajo de 450ºC y puntas de temperatura de hasta 1.000 ºC, presión de trabajo de hasta 5.000 Pa, según UNE-EN 1856-1.

2.1.5 Acumulador de inercia

El acumulador de inercia deberá estar hecho de acero negro, tener una capacidad de 1000 l, una altura 1840 mm y 950 mm de diámetro.

2.1.6 Sinfín alimentación caldera

E sinfín flexible de alimentación deberá estar formado por un tubo extractor de 1 m de longitud y motor de accionamiento de 0,55 kW, para alimentación monofásica a 230 V, 1,5 m de tubo de ampliación de extractor flexible para pellets y 1 m de tubo de conexión de extractor flexible para pellets. En el interior de los 3,5 m de tubo mencionados se encontrará el sinfín flexible (transportador helicoidal) que alimentará la caldera con el combustible.

2.2 Reconocimiento de los materiales

Los equipos y materiales serán reconocidos por la Propiedad, antes de su empleo en la instalación, no constituyendo este reconocimiento aprobación definitiva.
Independientemente de lo explícitamente indicado en cada clase de material, el instalador presentará oportunamente ante la propiedad muestras para su aprobación, las cuales se conservarán para comprobación en su día de los materiales que se empleen en la instalación.

3. EJECUCIÓN Y CONTROL DE INSTALACIÓN

3.1 Técnico encargado de la instalación

El Técnico encargado de la instalación será siempre el Director de Obra Facultativo contratado para dicho efecto.

3.2 Condiciones de la mano de obra

Con independencia de las estipulaciones del presente Pliego de Condiciones técnicas se exigirán las siguientes condiciones a todo el personal que trabaje:

3.2.1 Sanitarias

No padecer enfermedades infecciosas o contagiosas y estar física y mentalmente preparado para la ejecución de los trabajos.

3.2.2 Profesionales

Todo personal cualificado acreditará su categoría profesional, avalada por las corporaciones sindicales y colegiales competentes. Todo el personal pertenecerá a una empresa que tenga la calificación de instaladora por el Ministerio de Industria y Energía.

3.2.3 Asistenciales

Estar debidamente asegurado según la legislación vigente.

3.3 Normas generales de ejecución

3.3.1 Valvulería

Se colocarán en lugares accesible de la instalación. Para una velocidad de 0,9m/s la pérdida de carga de las válvulas seleccionadas no será superior a las que indicamos a continuación en función del tipo, en la posición de abierta:
Compuerta: 1 m.c.a
Asiento: 3 m.c.a
Regulación: 5 m.c.a

3.3.2 Chimeneas y conductos de humo

Las salidas de humos se situarán dos metros por encima de la cumbrera del edificio cualquier otro obstáculo que diste menos de 10m.
Los obstáculos que disten 10 y 50 metros, se situarán a la misma altura del hueco más alto que ellas tuvieran.

3.3.3 Caldera

Se colocará en la ubicación definitiva sobre una base incombustible e inalterable en las condiciones de funcionamiento de la caldera.
Estará equipada con los elementos de seguridad y control que determine la normativa que le es de aplicación.

3.4 Recepción de materiales

A lo largo de la ejecución de la instalación se realizarán pruebas parciales, controles de recepción, etc. De todos los elementos que indique la propiedad.
Terminada la instalación, será sometida en parte o en conjunto a las pruebas que indique la propiedad:

- Rendimiento.
- Funcionamiento de Motores eléctricos.

- Comprobación de elementos de Seguridad.

Ejecutadas las mencionadas pruebas se realizará la recepción provisional de la instalación con el cumplimiento de los siguientes documentos:

- Acta suscrita por director de obra y empresa instaladora.
- Resultado de Pruebas.
- Libro de Mantenimiento.
- Copias de Certificado de la instalación.

3.5 Plazo de ejecución

La ejecución del sistema de calefacción definido en el presente Pliego de Condiciones Técnicas tendrá que estar ejecutada en un plazo máximo de 10 semanas.

El Contratista junto con los documentos de su propuesta presentará un calendario detallado de la marcha de la obra. Dividido como mínimo en los capítulos de que conste el Presupuesto.

El plazo de terminación será de 10 semanas, fecha a partir de la cual serán deducidas las cantidades acordadas por la Dirección por incumplimiento de contrata.

Si el Contratista no cumpliera los plazos parciales señalados, de las liquidaciones parciales además de los que garantiza, se le deducirán por día de retraso.

Si cumpliese el plazo final, estas cantidades le serán devueltas al hacer la liquidación definitiva.

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Contratista y siempre que esta causa a sea distinta de las que se especifiquen como rescisión de contratos en las condiciones generales de índole legal, aquél tuviera que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en el plazo fijado, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Ingeniero Director.

El plazo mínimo de garantía de los equipos contra defectos de fabricación y de la instalación contra defectos de montaje será de dos años (incluida la mano de obra necesaria para las reparaciones).

La empresa adjudicataria costeará las certificaciones y premisos precisos para la puesta en funcionamiento de la instalación.

En el acto de recepción oficial de la instalación de calefacción, la empresa adjudicataria deberá entregar toda la documentación técnica necesaria, autorizaciones por órgano competente en materia de energía y un manual descriptivo del funcionamiento y mantenimiento de todos los equipos que la integran.

3.6 Presupuesto

- El presupuesto de la instalación de calefacción definida en este Pliego de Condiciones Técnicas, incluido el suministro de la caldera, sus componentes, la instalación de la misma y la construcción de elementos necesarios para su uso, asciende a la cantidad de 51.193,19 € (cincuenta y un mil ciento noventa y tres euros con diecinueve céntimos) IVA incluido.

- Las mejoras técnicas que se propongan, calidades de máquinas, clases de calderas, autonomía de los sistemas, plazo de ejecución y las ofertas de los licitadores determinarán el precio de la contrata para la instalación del suministro. En la oferta de los licitadores se entenderá siempre comprendido el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido en cada una de las prestaciones objeto de este contrato, si bien dicho impuesto deberá indicarse en partida independiente. En dicha oferta se entenderán incluidos todos los gastos que de acuerdo con el presente pliego son de cuenta del adjudicatario, así como los costes directos e indirectos a los que éste haya de hacer frente para presentar su oferta y cumplir con todas las obligaciones contractuales.

- Por acuerdo de la Administración contratante y la empresa adjudicataria, éstas podrán acordar la disminución de los plazos de ejecución, de adaptarse a la existencia de créditos adecuados y suficientes.

Proyecto de sustitución de caldera de gasoil por caldera de biomasa en CIN Ochagavia

DOCUMENTO BÁSICO 5
MEDICIONES

MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Volumen 1 de 1

Para:
Sección de Sostenibilidad, Educación
Ambiental y Participación Pública
Gobierno de Navarra

Por:
David Yerro Lizarazu

ÍNDICE

1. MEDICIONES 3
1.1 Capítulo I. Cerramiento escalera 3
1.2 Capítulo II. Válvulas termostáticas 3
1.3 Capítulo III. Caldera 4
1.4 Capítulo IV. Chimenea 5
1.5 Capítulo V. Equipos auxiliares 5
1.6 Capítulo VI. Construcción silo almacenamiento 6
1.7 Capítulo VII. Sistema alimentación caldera 6

2. CUADROS DE PRECIOS 7
2.1 Precios unitarios 7
2.2 Justificación de precios 9

1. MEDICIONES

1.1 Capítulo I. Cerramiento escalera

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD
01.01.01	m^2	**Luna de vidrio**	
		Luna pulida incolora, 4 mm de espesor. Según UNE-EN 410 y UNE-EN 673.	
			5
01.01.02	m	**Silicona**	
		Silicona sintética incolora	
			17,5
01.01.03	Ud	**Material auxiliar**	
		Material auxiliar para la colocación de vidrios	
			5

1.2 Capítulo II. Válvulas termostáticas

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD
02.01.01	Ud	**Válvula termostática**	
		Llave para radiador y cabezal termostático, de asiento, de paso en escuadra, con conexión roscada de 24x19 mm compatible con adaptadores para tubos multicapa y conexión de 1/2" de diámetro con el radiador, con cuerpo de latón y vástago de acero inoxidable	
			4
02.01.02	Ud	**Adaptador**	
		Adaptador para unión a compresión de tubo de 14 mm de diámetro y 2 mm de espesor con rosca 24x19 mm	
			4
02.01.03	Ud	**Material auxiliar**	
		Material auxiliar para instalaciones de calefacción y A.C.S	
			0,4

1.3 Capítulo III. Caldera

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD
03.01.01	Ud	**Caldera para la combustión de pellet**	
		Caldera para la combustión de pellets, potencia nominal de 23,2 a 101 kW, con cuerpo de acero soldado y ensayado a presión, de 1690x846x1178 mm, aislamiento interior, cámara de combustión con parrilla móvil con sistema automático de limpieza mediante parrilla basculante, intercambiador de calor de tubos verticales con mecanismo de limpieza automática, sistema de recogida y extracción de cenizas del módulo de combustión y depósito de cenizas extraíble, control de la combustión mediante sonda integrada, sistema de mando integrado con pantalla táctil, para el control de la combustión, del acumulador de A.C.S., del depósito de inercia y de la válvula mezcladora para un rápido calentamiento del circuito de calefacción.	
			1
03.01.02	Ud	**Modulo de control del depósito de inercia**	
		Módulo interno de ampliación para control de un depósito adicional de inercia, formado por 3 entradas para sondas de temperatura Pt1000 (para el depósito de inercia) y 3 salidas de relé de 230 V (para bomba de circulación y para válvula mezcladora).	
			1
03.01.03	Ud	**Motor para almacén intermedio**	
		Motor introductor trifásico, a 400 V, para almacén intermedio de caldera Firematic.	
			1
03.01.04	Ud	**Base antivibraciones**	
		Base de apoyo antivibraciones para caldera	
			1
03.01.05	Ud	**Limitador térmico**	
		Limitador térmico de seguridad, tarado a 95°C, formado por válvula y sonda de temperatura.	
			1
03.01.06	Ud	**Sistema elevación temperatura retorno**	
		Sistema de elevación de la temperatura de retorno por encima de 55°C, compuesto por válvula motorizada de 3 vías de 40 mm de diámetro y bomba de circulación para evitar condensaciones y deposiciones de hollín en el interior de la caldera.	
			1
03.01.07	Ud	**Sistema extracción de cenizas**	
		Sistema de extracción de cenizas con transportador helicoidal sinfín flexible, formado por tubo de 2776 mm de longitud, de acero inoxidable, con dos curvas, tornillo sinfín flexible, motor de vaciado, pilar y cabezal de transferencia de la ceniza.	
			1
03.01.08	Ud	**Conexión conducto de humos**	
		Conexión antivibración para conducto de humos de 235 mm de diámetro.	
			1

1.4 Capítulo IV. Chimenea

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD
04.01.01	m	**Chimenea de doble pared con aislamiento**	
		Tubo de doble pared, compuesto por pared interior de acero inoxidable AISI 316L de 175 mm de diámetro y pared exterior de acero inoxidable AISI 304, con aislamiento entre paredes mediante manta de fibra cerámica de alta densidad de 25 mm de espesor, temperatura de trabajo de 450°C y puntas de temperatura de hasta 1000°C, presión de trabajo de hasta 5000 Pa, según UNE-EN 1856-1, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios, piezas especiales y módulos finales.	
			7,1
04.01.02	Ud	**Material auxiliar**	
		Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de los tubos de doble pared, de 175 mm de diámetro interior.	
			7,1

1.5 Capítulo V. Equipos auxiliares

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD
05.01.01	Ud	**Acumulador de inercia**	
		Acumulador de inercia, de acero negro, 970 l, altura 1840 mm, diámetro 950 mm, aislamiento de 50 mm de espesor con poliuretano de alta densidad, con termómetros.	
			1
05.01.02	Ud	**Valvulería**	
		Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 3".	
			4
05.01.03	Ud	**Material auxiliar**	
		Material auxiliar para instalaciones de calefacción	
			1

1.6 Capítulo VI. Construcción silo almacenamiento

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD
06.01.01	Ud	**Ladrillo de hormigón**	
		Ladrillo de hormigón hueco acústico, Geroblok Tabique "DBBLOK", para revestir, de 49x6,5x19 cm, con un aislamiento a ruido aéreo de 38,5 dB(A).	
			120
06.01.02	m^3	**Agua**	
		Agua	
			0,072
06.01.03	T	**Mortero**	
		Mortero industrial para albañilería, de cemento, color gris, categoría M-7,5 (resistencia a compresión 7,5 N/mm²), suministrado en sacos, según UNE-EN 998-2.	
			0,108
06.01.04	m^3	**Pasta de yeso de construcción**	
		Pasta de yeso de construcción para proyectar mediante mezcladora-bombeadora B1, según UNE-EN 13279-1.	
			0,36
06.01.05	m	**Perfiles**	
		Perfiles de plástico y metal, estable a la acción de los sulfatos.	
			2,6
06.01.06	m^3	**Pasta de yeso de capa fina**	
		Pasta de yeso para aplicación en capa fina C6, según UNE-EN 13279-1.	
			0,04
06.01.07	m^2	**Tablas de madera**	
		Chapas de madera de 30 mm de espesor	
			6

1.7 Capítulo VII. Sistema alimentación caldera

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD
07.01.01	Ud	**Extractor para sinfín flexible**	
		Kit básico de extractor flexible para pellets, formado por tubo extractor de 1 m de longitud y motor de accionamiento de 0,55 kW, para alimentación monofásica a 230 V, para sistema de alimentación de caldera de biomasa.	
			1,0
07.01.02	m	**Transportador helicoidal**	
		Transportador helicoidal sinfín flexible, para sistema de alimentación de caldera de biomasa.	
			3,5
07.01.03	m	**Tubo conexión**	
		Tubo de conexión de extractor flexible para pellets, para sistema de alimentación de caldera de biomasa.	
			1,0
07.01.04	m	**Tubo de ampliación**	
		Tubo de ampliación de extractor flexible para pellets, para sistema de alimentación de caldera de biomasa.	
			1,5

2. CUADROS DE PRECIOS

2.1 Precios unitarios

2.1.1 Capítulo I. Cerramiento escalera

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO (€)	
01.01	m^2	Luna pulida incolora de 4 mm de espesor, colocada y fijada mediante sellado de juntas con silicona sintética incolora	**25,33**	Veinticinco euros con treinta y tres céntimos

2.1.2 Capítulo II. Válvulas termostáticas

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO (€)	
02.01	Ud	Kit formado por llave para radiador y cabezal termostático, de asiento, de paso en escuadra, con conexión roscada de 24x19 mm compatible con adaptadores para tubos multicapa y conexión de 1/2" de diámetro con el radiador, con adaptador para unión a compresión de tubo de 14 mm de diámetro y 2 mm de espesor con rosca 24x19 mm. Incluida su instalación en el radiador y comprobación de funcionamiento correcto.	**36,45**	Treinta y seis euros con cuarenta y cinco céntimos

2.1.3 Capítulo III. Caldera

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO (€)	
03.01	Ud	Caldera para la combustión de pellets, potencia nominal de 23,2 a 101 kW, módulo interno de ampliación para control de un depósito adicional de inercia, base de apoyo antivibraciones, motor introductor trifásico a 400 V para almacén intermedio de caldera Firematic, sistema de elevación de la temperatura de retorno por encima de 55°C, compuesto por válvula motorizada de 3 vías de 40 mm de diámetro y bomba de circulación, sistema de extracción de cenizas con transportador helicoidal sinfín flexible, conexión antivibración para conducto de humos de 235 mm de diámetro, limitador térmico de seguridad, tarado a 95°C, base de apoyo antivibraciones. Incluye el ensamblaje y conexionado interno de la caldera de biomasa, así como la supervisión y dirección para el procedimiento del mismo. Incluye también la puesta en marcha y la formación en el manejo de la caldera.	**30.552,54**	Treinta mil quinientos cincuenta y dos euros con cincuenta y cuatro céntimos

2.1.4 Capítulo IV. Chimenea

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO (€)	
04.01	m	Chimenea modular metálica, de doble pared, pared interior de acero inoxidable AISI 316L de 175 mm de diámetro y pared exterior de acero inoxidable AISI 304, con aislamiento entre paredes mediante manta de fibra cerámica de alta densidad de 25 mm de espesor, instalada en el interior del edificio, para caldera de pie con cámara de combustión atmosférica, de biomasa. Incluye su instalación y comprobación de correcto funcionamiento	**164,65**	Ciento sesenta y cuatro euros con sesenta y cinco céntimos

2.1.5 Capítulo V. Equipos auxiliares

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO (€)	
05.01	Ud	Acumulador de inercia, de acero negro, capacidad de 1000 l, altura 1840 mm y diámetro 950 mm. Incluye su instalación y comprobación de correcto funcionamiento	**2.687,67**	Dos mil seiscientos ochenta y siete euros con sesenta y siete céntimos

2.1.6 Capítulo VI. Construcción silo almacenamiento

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO (€)	
06.01	m^2	Silo de almacenamiento construido con partición interior para tabiquería, realizada mediante el sistema "DBBLOK", formada por una hoja de fábrica de 6,5 cm de espesor de ladrillo de hormigón hueco acústico, Geroblok Tabique "DBBLOK", para revestir, de 49x6,5x19 cm, recibida con mortero de cemento, industrial, M-7,5, revestida por ambas caras con 15 mm de yeso de construcción B1, proyectado, y acabado final con una capa de enlucido de yeso de aplicación en capa fina C6. Incluye además el montaje y construcción del suelo inclinado de madera, con un ángulo de 40º hacia el sinfín de alimentación.	**47,69**	Cuarenta y siete euros con sesenta y nueve céntimos

2.1.7 Capítulo VII. Sistema alimentación caldera

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO (€)	
07.01	Ud	Sistema de alimentación de pellets, para caldera de biomasa compuesto por kit básico de extractor flexible para pellets, formado por tubo extractor de 1 m de longitud y motor de accionamiento de 0,55 kW, para alimentación monofásica a 230 V, 1,5 m de tubo de ampliación de extractor flexible para pellets, 1 m de tubo de conexión de extractor flexible para pellets.	**1.535,98**	Mil quinientos treinta y cinco euros con noventa y ocho céntimos

2.2 Justificación de precios

2.2.1 Capítulo I. Cerramiento escalera

CÓDIGO	RENDIMIENTO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
01.01	**Luna pulida incolora de 4 mm de espesor, colocada y fijada mediante sellado de juntas con silicona sintética incolora (m^2)**					
01.01.01	1	m^2	Luna pulida incolora, 4 mm. Según UNE-EN 410 y UNE-EN 673.	13,21	13,21	
01.01.02	3,5	m	Sellado de juntas mediante la aplicación con pistola de silicona sintética incolora.	0,85	2,98	
01.01.03	1	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios	1,26	1,26	
01.01.04	0,20	h	Oficial 1ª cristalero	18,94	3,81	
01.01.05	0,20	h	Ayudante cristalero	17,75	3,57	
01.01.06	2	%	Costes indirectos	24,83	0,50	
				TOTAL PARTIDA		**25,33 €**

2.2.2 Capítulo II. Válvulas termostáticas

CÓDIGO	RENDIMIENTO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
02.01	**Kit formado por llave para radiador y cabezal termostático, de asiento, de paso en escuadra, con conexión roscada de 24x19 mm compatible con adaptadores para tubos multicapa y conexión de 1/2" de diámetro con el radiador, con adaptador para unión a compresión de tubo de 14 mm de diámetro y 2 mm de espesor con rosca 24x19 mm. Incluida su instalación en el radiador y comprobación de funcionamiento correcto (Ud)**					
02.01.01	1	Ud	Válvula termostática	28,28	28,28	
02.01.02	1	Ud	Adaptador	3,80	3,80	
02.01.03	0,10	Ud	Material auxiliar para instalaciones de calefacción y ACS	2,10	0,21	
02.01.04	0,10	h	Oficial 1ª calefactor	18,13	1,81	
02.01.05	0,10	h	Ayudante calefactor	16,40	1,64	
02.01.06	2	%	Costes indirectos	35,74	0,71	
				TOTAL PARTIDA		**36,45 €**

2.2.3 Capítulo III. Caldera

CÓDIGO	RENDIMIENTO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
03.01	**Caldera para la combustión de pellets, potencia nominal de 23,2 a 101 kW, módulo interno de ampliación para control de un depósito adicional de inercia, base de apoyo antivibraciones, motor introductor trifásico a 400 V para almacén intermedio de caldera Firematic, sistema de elevación de la temperatura de retorno por encima de 55°C, compuesto por válvula motorizada de 3 vías de 40 mm de diámetro y bomba de circulación, sistema de extracción de cenizas con transportador helicoidal sinfín flexible, conexión antivibración para conducto de humos de 235 mm de diámetro, limitador térmico de seguridad, tarado a 95°C, base de apoyo antivibraciones. Incluye el ensamblaje y conexionado interno de la caldera de biomasa, así como la supervisión y dirección para el procedimiento del mismo. Incluye también la puesta en marcha y la formación en el manejo de la caldera (Ud)**					
03.01.01	1	Ud	Caldera para la combustión de pellet*	20.525,70	20.525,70	
03.01.02	1	Ud	Modulo de control del depósito de inercia*	205,73	205,73	
03.01.03	1	Ud	Motor para almacén intermedio*	1.574,63	1.574,63	
03.01.04	1	Ud	Base antivibraciones*	140,40	140,40	
03.01.05	1	Ud	Limitador térmico*	79,95	79,95	
03.01.06	1	Ud	Sistema elevación temperatura retorno*	2.006,55	2.006,55	
03.01.07	1	Ud	Sistema extracción de cenizas*	2.386,80	2.386,80	
03.01.08	1	Ud	Conexión conducto de humos*	269,10	269,10	
03.01.09	1	Ud	Montaje de sistema de extracción de cenizas	151,13	151,13	
03.01.10	1	Ud	Supervisión y dirección de ensamblaje y conexionado interno	741,00	741,00	
03.01.11	1	Ud	Ensamblaje y conexionado interno.	1.316,25	1.316,25	
03.01.12	1	Ud	Puesta en marcha y formación en el manejo de caldera	349,05	349,05	
03.01.13	6	h	Oficial 1ª calefactor	18,13	108,78	
03.01.14	6	h	Ayudante calefactor	16,40	98,40	
03.01.15	2	%	Costes indirectos	29.953,47	0,71	
					TOTAL PARTIDA	**30.552,54€**

*Descripción detallada de cada componente en el apartado *1.3 Capítulo III. Caldera*, de este documento

2.2.4 Capítulo IV. Chimenea

CÓDIGO	RENDIMIENTO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.01	**Chimenea modular metálica, de doble pared, pared interior de acero inoxidable AISI 316L de 175 mm de diámetro y pared exterior de acero inoxidable AISI 304, con aislamiento entre paredes mediante manta de fibra cerámica de alta densidad de 25 mm de espesor, instalada en el interior del edificio, para caldera de pie con cámara de combustión atmosférica, de biomasa. Incluye su instalación y comprobación de correcto funcionamiento (m)**					
04.01.01	1	m	Chimenea de doble pared con aislamiento*	141,85	141,85	
04.01.02	1	Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de los tubos de doble pared, de 175 mm de diámetro interior.	6,45	6,45	
04.01.03	0,38	h	Oficial 1ª calefactor	18,13	6,89	
04.01.04	0,38	h	Ayudante calefactor	16,40	6,23	
04.01.05	2	%	Costes indirectos	161,42	3,23	
				TOTAL PARTIDA		**164,65 €**

*Descripción detallada de cada componente en el apartado *1.4 Capítulo IV. Chimenea*, de este documento

2.2.5 Capítulo V. Equipos auxiliares

CÓDIGO	RENDIMIENTO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
05.01	**Acumulador de inercia, de acero negro, capacidad de 1000 l, altura 1840 mm y diámetro 950 mm. Incluye su instalación y comprobación de correcto funcionamiento (Ud)**					
05.01.01	1	Ud	Acumulador de inercia, de acero negro, 970 l, altura 1840 mm, diámetro 950 mm, aislamiento de 50 mm de espesor con poliuretano de alta densidad, con termómetros.	2.196,00	2.196,00	
05.01.02	4	Ud	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 3".	96,59	386,36	
05.01.03	1	Ud	Material auxiliar para instalaciones de calefacción.	1,68	1,68	
05.01.04	1,475	h	Oficial 1ª calefactor	18,13	26,74	
05.01.05	1,475	h	Ayudante calefactor	16,40	24,19	
05.01.06	2	%	Costes indirectos	2.634,97	52,70	
					TOTAL PARTIDA	**2.687,67 €**

2.2.6 Capítulo VI. Construcción silo almacenamiento

CÓDIGO	RENDIMIENTO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
06.01	**Silo de almacenamiento construido con partición interior para tabiquería, realizada mediante el sistema "DBBLOK", formada por una hoja de fábrica de 6,5 cm de espesor de ladrillo de hormigón hueco acústico, Geroblok Tabique "DBBLOK", para revestir, de 49x6,5x19 cm, recibida con mortero de cemento, industrial, M-7,5, revestida por ambas caras con 15 mm de yeso de construcción B1, proyectado, y acabado final con una capa de enlucido de yeso de aplicación en capa fina C6. Incluye además el montaje y construcción del suelo inclinado de madera, con un ángulo de 40º hacia el sinfín de alimentación (m^2 de pared)**					
06.01.01	10	Ud	Ladrillo de hormigón hueco acústico, Geroblok Tabique "DBBLOK"*	0,37	3,70	
06.01.02	0,006	m^3	Agua	1,50	0,01	
06.01.03	0,009	T	Mortero industrial para albañilería*	33,15	0,30	
06.01.04	0,030	m^3	Pasta de yeso de construcción*	94,66	2,84	
06.01.05	0,215	m	Guardavivos de plástico y metal*	0,35	0,08	
06.01.06	0,003	m^3	Pasta de yeso para aplicación en capa fina C6*	88,58	0,27	
06.01.07	0,5	m^2	Chapas de madera de 30 mm de espesor	8	4	
06.01.08	0,229	h	Mezcladora-bombeadora para morteros y yesos proyectados, de 3 m^3/h.	7,96	1,82	
06.01.09	0,708	h	Oficial 1ª construcción en trabajos de albañilería.	17,54	12,42	
06.01.10	0,383	h	Peón ordinario construcción en trabajos de albañilería.	16,16	6,19	
06.01.11	0,590	h	Oficial 1ª yesero.	17,54	10,35	
06.01.12	0,295	h	Ayudante yesero.	16,43	4,85	
06.01.13	2	%	Costes indirectos	42,83	0,86	
					TOTAL PARTIDA	**47,69 €**

*Descripción detallada de cada componente en el apartado *1.6 Capítulo VI. Construcción silo almacenamiento*, de este documento

2.1.7 Capítulo VII. Sistema alimentación caldera

CÓDIGO	RENDIMIENTO	UNIDAD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
07.01	**Sistema de alimentación de pellets, para caldera de biomasa compuesto por kit básico de extractor flexible para pellets, formado por tubo extractor de 1 m de longitud y motor de accionamiento de 0,55 kW, para alimentación monofásica a 230 V, 1,5 m de tubo de ampliación de extractor flexible para pellets, 1 m de tubo de conexión de extractor flexible para pellets y 3,5 m de transportador helicoidal mediante sinfín flexible (Ud)**					
07.01.01	1	Ud	Kit básico de extractor flexible para pellets*	1.005,23	1.005,23	
07.01.02	3,5	m	Transportador helicoidal sinfín flexible*	42,90	150,15	
07.01.03	1	m	Tubo de conexión de extractor flexible para pellets*	36,08	36,08	
07.01.04	1,5	m	Tubo de ampliación de extractor flexible para pellets*	184,28	276,42	
07.01.05	1,1	h	Oficial 1ª calefactor.	18,13	19,94	
07.01.06	1,1	h	Ayudante calefactor.	16,40	18,04	
07.01.07	2	%	Costes indirectos	1.505,86	30,12	
					TOTAL PARTIDA	**1.535,98**

*Descripción detallada de cada componente en el apartado *1.7 Capítulo VII. Sistema alimentación caldera*, de este documento

Proyecto de sustitución de caldera de gasoil por caldera de biomasa en CIN Ochagavia

DOCUMENTO BÁSICO 6
PRESUPUESTO

MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Volumen 1 de 1

Para:
Sección de Sostenibilidad, Educación
Ambiental y Participación Pública
Gobierno de Navarra

Por:
David Yerro Lizarazu

ÍNDICE

1. PRESUPUESTOS PARCIALES 3
1.1 Capítulo I. Cerramiento escalera 3
1.2 Capítulo II. Válvulas termostáticas 3
1.3 Capítulo III. Caldera 4
1.4 Capítulo IV. Chimenea 4
1.5 Capítulo V. Equipos auxiliares 5
1.6 Capítulo VI. Construcción silo almacenamiento 5
1.7 Capítulo VII. Sistema alimentación caldera 5
1.8. Resumen de los presupuestos parciales 6

2. PRESUPUESTO GLOBAL 6

1. PRESUPUESTOS PARCIALES

1.1 Capítulo I. Cerramiento escalera

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
01.01	m^2	Luna pulida incolora de 4 mm de espesor, colocada y fijada mediante sellado de juntas con silicona sintética incolora	5	25,33	**126,64**

1.2 Capítulo II. Válvulas termostáticas

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
02.01	Ud	Kit formado por llave para radiador y cabezal termostático, de asiento, de paso en escuadra, con conexión roscada de 24x19 mm compatible con adaptadores para tubos multicapa y conexión de 1/2" de diámetro con el radiador, con adaptador para unión a compresión de tubo de 14 mm de diámetro y 2 mm de espesor con rosca 24x19 mm. Incluida su instalación en el radiador y comprobación de funcionamiento correcto.	4	36,45	**145,80**

1.3 Capítulo III. Caldera

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
03.01	Ud	Caldera para la combustión de pellets, potencia nominal de 23,2 a 101 kW, módulo interno de ampliación para control de un depósito adicional de inercia, base de apoyo antivibraciones, motor introductor trifásico a 400 V para almacén intermedio de caldera Firematic, sistema de elevación de la temperatura de retorno por encima de 55°C, compuesto por válvula motorizada de 3 vías de 40 mm de diámetro y bomba de circulación, sistema de extracción de cenizas con transportador helicoidal sinfín flexible, conexión antivibración para conducto de humos de 235 mm de diámetro, limitador térmico de seguridad, tarado a 95°C, base de apoyo antivibraciones. Incluye el ensamblaje y conexionado interno de la caldera de biomasa, así como la supervisión y dirección para el procedimiento del mismo. Incluye también la puesta en marcha y la formación en el manejo de la caldera.	1	30.552,54	**30.552,54**

1.4 Capítulo IV. Chimenea

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
04.01	m	Chimenea modular metálica, de doble pared, pared interior de acero inoxidable AISI 316L de 175 mm de diámetro y pared exterior de acero inoxidable AISI 304, con aislamiento entre paredes mediante manta de fibra cerámica de alta densidad de 25 mm de espesor, instalada en el interior del edificio, para caldera de pie con cámara de combustión atmosférica, de biomasa. Incluye su instalación y comprobación de correcto funcionamiento	7,10	164,65	**1.169,02**

1.5 Capítulo V. Equipos auxiliares

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
05.01	Ud	Acumulador de inercia, de acero negro, capacidad de 1000 l, altura 1840 mm y diámetro 950 mm. Incluye su instalación y comprobación de correcto funcionamiento	1	2.687,67	**2.687,67**

1.6 Capítulo VI. Construcción silo almacenamiento

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
06.01	m^2	Silo de almacenamiento construido con partición interior para tabiquería, realizada mediante el sistema "DBBLOK", formada por una hoja de fábrica de 6,5 cm de espesor de ladrillo de hormigón hueco acústico, Geroblok Tabique "DBBLOK", para revestir, de 49x6,5x19 cm, recibida con mortero de cemento, industrial, M-7,5, revestida por ambas caras con 15 mm de yeso de construcción B1, proyectado, y acabado final con una capa de enlucido de yeso de aplicación en capa fina C6. Incluye además el montaje y construcción del suelo inclinado de madera, con un ángulo de 40º hacia el sinfín de alimentación.	12	47,69	**572,28**

1.7 Capítulo VII. Sistema alimentación caldera

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
07.01	Ud	Sistema de alimentación de pellets, para caldera de biomasa compuesto por kit básico de extractor flexible para pellets, formado por tubo extractor de 1 m de longitud y motor de accionamiento de 0,55 kW, para alimentación monofásica a 230 V, 1,5 m de tubo de ampliación de extractor flexible para pellets, 1 m de tubo de conexión de extractor flexible para pellets.	1	1.535,98	**1.535,98**

1.8. Resumen de los presupuestos parciales

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE (€)	% PEM
CAP I	Cerramiento escalera	126,65	0,34
CAP II	Válvulas termostáticas	145,80	0,40
CAP III	Caldera	30.552,54	83,05
CAP IV	Chimenea	1.169,02	3,18
CAP V	Equipos auxiliares	2.687,67	7,31
CAP VI	Construcción silo almacenamiento	572,28	1,56
CAP VII	Sistema alimentación caldera	1.535,98	4,18
	TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	**36.789,94**	

Asciende el presupuesto general de ejecución material del proyecto "Sustitución de caldera de gasoil por caldera de biomasa" a la cantidad de 36.789,94 € (treinta y seis mil setecientos ochenta y nueve euros con noventa y cuatro céntimos)

2. PRESUPUESTO GLOBAL

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	36.789,94 €
9% GASTOS GENERALES	3.311,09 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	2..207,40 €
21% IVA	8.884,77 €
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	**51.193,19 €**

Asciende el presupuesto general de ejecución por contrata del proyecto "Sustitución de caldera de gasoil por caldera de biomasa" a la cantidad de 51.193,19 € (cincuenta y un mil ciento noventa y tres euros con diecinueve céntimos).

Proyecto de sustitución de caldera de gasoil por caldera de biomasa en CIN Ochagavia

DOCUMENTO BÁSICO 7
ANEXOS

MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Volumen 1 de 1

Para:
Sección de Sostenibilidad, Educación
Ambiental y Participación Pública
Gobierno de Navarra

Por:
David Yerro Lizarazu

ÍNDICE

ANEXO I: Estudio de alternativas

1. INTRODUCCION 4
2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS 4
   2.1 Componentes comunes 4
   2.2 Estudio de alternativas 5
3. RESULTADOS FINALES 6

ANEXO II: Valoración de las alternativas

1. INTRODUCCION 9
2. CRITERIOS DE VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS: INDICADORES 9
   2.1 Valoración del aspecto económico 9
   2.2 Valoración del aspecto medioambiental 9
   2.3 Valoración del aspecto social 10
   2.4 Valoración de la funcionalidad 10
3. CÁLCULO DE INDICADORES 11
   3.1 Alternativa 1: Pellet 11
   3.2 Alternativa 2: Astilla 14
   3.3. Alternativa 3: Mixto astilla-pellet 18
4. EVALUACIÓN FINAL 22
5. BIBLIOGRAFÍA 25

ANEXO III: Ficha técnica detallada de la caldera Herz Firematic

1. FICHA TÉCNICA DE LA CALDERA 26

ANEXO I

Estudio de alternativas

1. INTRODUCCION

El estudio de alternativas tratará de evaluar las diferentes opciones para la consecución de los objetivos del proyecto y su materialización. Cada una de las alternativas planteadas se describe en el apartado 4.2 Descripción de alternativas planteadas del Documento Básico 2: Memoria, y cada una de ellas va acompañada de un pequeño esquema explicativo que permita entender mejor la alternativa.

2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

2.1 Componentes comunes

Inicialmente, la primera alternativa de todas podría ser mantener la instalación actual y/o plantear medidas que la optimicen y mejoren la eficiencia de la instalación. En este sentido las principales medidas irían encaminadas a reducir las pérdidas de calor en el edificio, mediante diferentes sistemas que aumenten la eficiencia de la red de calefacción. Actualmente el edificio cuenta con un buen sistema de aislamiento en la cubierta y en la fachada, así como un buen sistema de ventanas con bajas pérdidas de calor. Por todo ello, se considera que el edificio ya está muy bien adaptado a tener la máxima eficiencia en su sistema de calefacción.

Sin embargo, hablando con los trabajadores del centro, se ha detectado una posible mejora en cuánto al aprovechamiento de la calefacción. Se trata de un edificio alto, con una escalera central comunicada con todos los pisos. A través de esta se va el calor de las zonas bajas a las zonas altas, y esto supone un consumo de gasóleo extra para calentar las zonas bajas. Uno de los requerimientos principales del cliente es que la instalación proyectada emplee biomasa como combustible.

Por ello, se considera que mantener la caldera actual no puede considerarse como una alternativa pero sí que se estudian estas **posibles medidas para reducir el consumo** y mejorar la eficiencia del sistema de calefacción, siendo estas medidas aplicables a cualquiera de las alternativas planteadas más adelante.

Además se consideran comunes otros dos elementos de cada una de las alternativas, la **caldera** a instalar y el **sistema de distribución del calor**.

Los proyectos similares consultados recomiendan tres marcas concretas de calderas de biomasa, debido a su fiabilidad, a su utilización en numerosos proyectos y debido a su buen funcionamiento. De estas tres marcas planteadas inicialmente, se decide elegir una debido a la cercanía de otros proyectos similares con la misma marca y que aseguran tener un buen servicio de mantenimiento y un distribuidor cercano. Además la marca, en los rangos de potencia que se requieren para la instalación, tiene una caldera que se adapta muy bien a los requerimientos del proyecto y que puede funcionar igual de bien para cualquiera de los combustibles que se van a analizar más adelante. Por todo ello, se considera la caldera de biomasa como un elemento común de cualquiera de las alternativas que se vayan a plantear posteriormente.

Como ya se ha dicho el otro elemento común de todas las alternativas será el sistema de distribución del calor, para lo cual se emplearán los radiadores ya existentes en el edificio.

2.2 Estudio de alternativas

Se podría decir que el proceso de estudiar las alternativas u opciones para desarrollar este proyecto pasa por unos pasos sucesivos de análisis de alternativas, con diferentes etapas.

En un primer lugar se han tenido en cuenta los siguientes condicionantes principales:

- Localización de la caldera
- Localización del silo

Del primero de ellos se deducen dos posibles alternativas, como son que la caldera se quedé en el lugar que ocupa actualmente en el primer piso y la otra opción es bajar la caldera a la planta baja del edificio, en el lugar que actualmente ocupa la estancia "Despacho 1" de acuerdo a la Figura 5 del apartado 3.1 Descripción general del edificio del Documento Básico 2: Memoria.
La opción de bajar la caldera a la planta baja resulta muy limitante en cuanto al espacio disponible en esta, ya que en el espacio central de la fachada donde se sitúa la caldera actual están los baños, y por tanto esto limitaría el poder bajar a la planta baja tanto la caldera como el silo del combustible. Se considera que no tendría ningún sentido bajar la caldera a la planta baja y establecer el silo en el primer piso por los problemas que esto generaría para el llenado del silo y la alimentación de la caldera. Por ello, de este primer análisis de alternativas se decide **mantener la caldera en la primera planta.**

Una vez decidido esto, aún se mantiene la alternativa de que el silo se sitúe en la planta baja (debajo de la caldera) o en la primera planta (junto a la caldera).

Una vez estudiadas estas dos condiciones y teniendo en cuenta la alternativa elegida en cuanto a la localización de la caldera, se han estudiado las siguientes características que podrá tener la instalación según la localización del silo:

- Sistema de alimentación de la caldera

Si se decide situar el silo en el primer piso, el sistema de alimentación de la caldera consistirá en un sinfín horizontal que lleve el combustible desde el silo a la caldera.

Si se decide situar el silo en la planta baja, el sistema de alimentación de la caldera consistirá en un sinfín vertical que lleve el combustible desde la planta baja hasta la caldera. Esto supone una complejidad técnica algo mayor, y no se han encontrado buenos resultados en cuanto a la funcionalidad de la caldera con este tipo de sistema de alimentación. Es por esto por lo que se decide no entrar a considerar alternativas que supongan la alimentación de la caldera directamente con un sinfín vertical. Por ello, de este segundo análisis se establece que **el silo se implantará en el primer piso**.

Ante esto de nuevo se abren otras dos situaciones, esta vez en cuanto a las alternativas posibles para el sistema de llenado del silo:

- Llenado con sistema neumático
- Llenado por volquete

Si se sitúa el silo en el primer piso y el sistema de llenado del silo es mediante una tubería neumática que eleve el biocombustible hasta el primer piso nos encontramos ante una restricción importante. Este tipo de sistemas de llenado únicamente lo poseen los productores específicos del biocombustible, y por tanto obligatoriamente el combustible tendrá que ser comprado. Esta situación ya nos concreta una alternativa completa para el proyecto, a la que se ha llamado **Alternativa 1: Pellet.**

Si se sitúa el silo en el primer piso, y se decide llenar por volquete, el llenado consistiría en volcar el contenido del camión o remolque que nos suministre el combustible en un sinfín horizontal situado en el exterior del edificio. Este sinfín horizontal empalmaría con un sinfín vertical interior, que elevaría el combustible hasta el primer piso. Esta alternativa supondría la **Alternativa 2**.

Esta alternativa 2 permitirá que el combustible sea tanto comprado como producido. Únicamente será necesario disponer de una caldera que permita utilizar como combustible tanto astilla como pellet. Se considera que diseñar una instalación algo más complicada como será la de llenado por volquete se hace con el fin de poder producir el biocombustible empleado, o por lo menos parte de él. En base a esto, esta alternativa se ramificará en dos opciones según el origen del combustible empleado, pudiendo ser producido (**Alternativa 2: Astilla producida**) o algo mixto donde parte del combustible será comprado y parte será producido (**Alternativa 3: Mixto astilla-pellet**).

3. RESULTADOS FINALES

El estudio de alternativas anterior lleva a la situación de plantear en el proyecto tres alternativas completas en cuanto a su aspecto técnico y teniendo en cuenta la instalación que requiere cada una de ellas. Dichas alternativas finales que se deberán valorar de acuerdo a los requerimientos y criterios deseados por el cliente se muestran en la Figura 1 (elementos comunes a todas las alternativas) y en la Figura 2.

MEJORAS INSTALACIÓN	SISTEMA DISTRIBUCIÓN CALOR	CALDERA	LOCALIZACIÓN CALDERA	LOCALIZACIÓN SILO
AISLAMIENTO HUECO ESCALERA CENTRAL VÁLVULAS TERMOSTÁTICAS RADIADORES TERCERA PLANTA	RADIADORES HIERRO INSTALACIÓN ACTUAL	HERZ Firematic 101 (23-101 kW)	PRIMERA PLANTA	PRIMERA PLANTA

Figura 1. Esquema de las partes que tienen en común las 3 alternativas planteadas

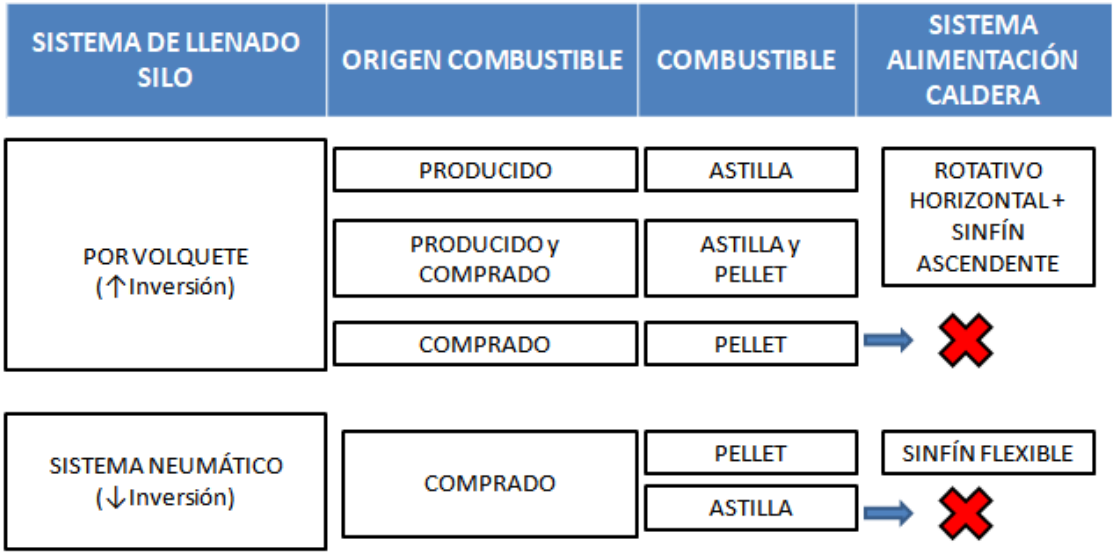


Figura 2. Esquema del análisis de alternativas realizado para la obtención de las 3 alternativas finales

ANEXO II

Valoración de las alternativas

1. INTRODUCCION

En este Anexo se definen los criterios de valoración de cada una de las alternativas en base a diferentes indicadores, se calculan dichos indicadores y se evalúan cada para finalmente ponderar cada uno de los aspectos valorados, y poder tomar así una decisión respecto a la alternativa elegida o solución adoptada.

2. CRITERIOS DE VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS: INDICADORES

El proyecto es un encargo de la sección de sostenibilidad del Gobierno de Navarra y por ello se considera importante valorar las alternativas desde un punto de vista sostenible, teniendo en cuenta y valorando los tres aspectos fundamentales de la sostenibilidad: economía, medio ambiente y sociedad. Además, también se tendrá en cuenta la funcionalidad de la alternativa, suponiendo que todas ellas son viables y realizables pero queriendo valorar aquellas con mejor funcionalidad y mayor comodidad para los usuarios y trabajadores del edificio.

Cada uno de estos aspectos se valorará con una serie de indicadores cuantitativos que podremos medir, y/o cualitativos, que consistirán en una descripción del aspecto que se está valorando. Los datos aportados por estos indicadores permitirán poner una nota ponderada de 0 a 10 a cada uno de los aspectos valorados, para tener cada una de las alternativas su propia nota en el aspecto económico, medio ambiental y social; así como respecto a su funcionalidad.

2.1 Valoración del aspecto económico

Los indicadores económicos que se van a evaluar en cada una de las alternativas serán los siguientes:

- Coste inicial de la alternativa (€): aquí además de la inversión que supone cada una de las alternativas se tendrán en cuenta posibles subvenciones que puedan percibirse en cada una de ellas, siendo el coste inicial la diferencia entre la inversión necesaria menos la subvención recibida.
- Costes combustible (€/año)
- Evolución y variación de precios del combustible (%): se pretende medir cómo de cambiante es el combustible que se va a emplear en cada una de las alternativas, valorándose positivamente aquellos combustibles que tengan la menor variación de precio posible o en los que el precio tienda a disminuir.
- Obra civil necesaria (0 a 10): en las tres alternativas es necesario en mayor o menor medida la realización de algún tipo de obra civil, tanto para tirar tabiques como para colocar nuevos y nuevas puertas de acceso a las diferentes salas que se creen en uno u otro caso. Resulta complicado cuantificar con datos o cifras exactas los costes de estas obras en cada caso, y por ello, teniendo en cuenta el mayor o menor volumen de obra que requiera cada alternativa se puntuará con una nota de 0 a 10.

2.2 Valoración del aspecto medioambiental

Los indicadores medioambientales que se van a evaluar para cada una de las alternativas planteadas serán los siguientes:

- Cantidad de combustible consumido (kg): este indicador va más orientado a comparar cual de las alternativas de cambio consumiría una mayor cantidad de recursos madereros.
- Distancia del origen del combustible (km): con este indicador trata de ponerse en valor, desde un punto de vista medioambiental, el impacto que genera el transporte de los combustibles desde puntos muy alejados del punto de consumo o bien el impacto positivo que supone la utilización de recursos locales donde el transporte es mínimo.
- Balance de emisiones de CO_2 (t/año): en este indicador se tendrá en cuenta el balance de emisiones de CO_2 a la atmósfera de cada uno de los combustibles.

2.3 Valoración del aspecto social

Los indicadores sociales que se van a evaluar para cada una de las alternativas planteadas serán los siguientes:

- Trabajo generado (Nº puestos de trabajo)
- Proyecto transferible: se trata de un indicador subjetivo, el cual pretende medir de 0 a 10 cómo de extrapolable y repetible es el proyecto en otros lugares o edificios.
- Imagen hacia la ciudadanía: se considera que al tratarse de un organismo y un edificio público, es importante valorar también la imagen y ejemplo que se está dando de cara al ciudadano, y es por ello por lo que se evaluará de forma explicativa cada una de las alternativas en este sentido. Al no tratarse de un indicador cuantitativo, de nuevo la valoración y puntuación será subjetiva y se pondrá una nota de 0 a 10 a cada alternativa, siendo mayor la puntuación para aquellas alternativas que mejor represente los pilares de la sostenibilidad.

2.4 Valoración de la funcionalidad

Los indicadores que se van a analizar para valorar este aspecto en cada alternativa son:

- Seguridad combustible: este indicador trata de valorar por un lado la seguridad en el abastecimiento del combustible pero además buscar evaluar que esta abastecimiento de combustible cumpla siempre con unos requisitos mínimos de calidad del combustible, asegurando un funcionamiento óptimo de la caldera durante todo el año. La forma de valorarlo será mediante una nota de 0 a 10 según el nivel de estandarización del combustible y la capacidad de determinar su calidad.
- Necesidad de maquinaria: se valorará con 0 (necesidad de maquinaria) o 10 (no necesidad de maquinaria) cada una de las alternativas.
- Espacio necesario (m^2): este indicador hará referencia al espacio necesario para el silo de almacenamiento y para guardar los diferentes elementos que fuera necesario guardar en el interior del edificio en cada alternativa. Se ha decidido valorar esto a petición expresa del cliente, debido a la escasez de espacio que actualmente hay en el edificio y por tanto busca valorar positivamente aquellas alternativas que requieran de un menor espacio.

La ponderación aplicada a cada una de las valoraciones mencionadas anteriormente han surgido de los requerimientos del cliente y de sus intereses, teniendo en cuenta su opinión a la hora de dar un mayor o menor peso a cada uno de los aspectos valorados. Con todo ello, se ha considerado que el **aspecto económico tendrá un peso del 30%, el aspecto medioambiental tendrá un peso del 30%, el aspecto social tendrá un peso del 30% y la funcionalidad de la alternativa tendrá un peso del 10%.**

En la Tabla 1 se muestra un resumen de lo descrito en este apartado, con cada uno de los indicadores a medir y el peso de cada uno de los aspectos mencionados.

Tabla 1. Resumen de los indicadores analizados en cada una de las alternativas

Indicadores	Unidad
ASPECTO ECONÓMICO (30%)	
Coste inicial (Inversión-Subvención)	€
Costes combustible	€/año
Variación precios combustible	%
Obra civil necesaria	0-10
ASPECTO MEDIOAMBIENTAL (30%)	
Cantidad de combustible consumido	kg
Distancia al origen del combustible	km
Balance emisiones CO_2	t CO_2/año
ASPECTO SOCIAL (30%)	
Empleo generado	Nº puestos de trabajo
Imagen hacia la ciudadanía	0-10
Proyecto ejemplarizante/transferible	0-10
FUNCIONALIDAD (10%)	
Seguridad y calidad combustible	0-10
Necesidad maquinaria	SI (0) NO (10)
Espacio necesario	m^2

3. CÁLCULO DE INDICADORES

3.1 Alternativa 1: Pellet

3.1.1 Evaluación económica

La evaluación económica de la alternativa se realiza calculando los diferentes indicadores económicos que más adelante se utilizarán para evaluarla y para comparar unas alternativas con otras. Dichos indicadores son:

- Coste inicial (€): se consideran los costes derivados de la adquisición e instalación de la caldera, así como del silo, de la instalación completa. Supone la inversión inicial que requiere la alternativa. Debido a la dificultad observada para obtener unos presupuestos de los fabricantes, se ha empleado el precio calculado por el generador de precios de CYPE para una caldera y un silo de características iguales a las empleadas en esta alternativa. La inversión inicial necesaria sería de 34.250 €, mostrándose en la Tabla 2 los costes derivados de cada parte.

Tabla 2. Costes por partes de la inversión inicial requerida en la alternativa 1
(Fuente: CYPE, 2018)

	Precio (€)
Instalación caldera biomasa 101 kW	32.000
Sinfín de 3,5 m para alimentación caldera	1.800
Construcción del silo con ladrillo de hormigón	450
TOTAL	**34.250**

El coste total aproximado de la inversión inicial requerida asciende a 34.250 €, pudiéndose descontar de aquí posibles ayudas y subvenciones para proyectos de energías renovables o renovación de calderas e instalaciones térmicas. Sin embargo hasta el momento desde el Gobierno de Navarra no se ha destinado ningún tipo de ayuda directa a este tipo de instalaciones, pero si se ha habilitado una deducción fiscal del 15% para las inversiones de este tipo en edificios.

- Costes combustible (€/año): el consumo anual de combustible proyectado es de 5.600 kg pellet/año. Según datos de la Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM) de 2017, el precio medio del pellet transportado en cisterna para llenado neumático fue de 0,231 €/kg transporte incluido para distancias medias de 200 km (mayores a las que se darían en este caso). Según este precio, el gasto anual medio en combustible para esta alternativa sería de 1.294 €/año.

- Evolución y variación precio (%): los datos considerados para calcular este indicador han sido los obtenidos según la AVEBIOM para los últimos 3 años. Los datos mencionados y la variación de precios calculada se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Informe de precios del pellet comprado a granel y transportado en cisterna neumática desde 2015 hasta 2017
(Fuente: AVEBIOM, 2018)

Año	Precio (€)
2015	0,245
2016	0,235
2017	0,231
Variación precios (%)	-2,8

- Obra civil necesaria (0-10): para esta alternativa la obra civil necesaria sería mínima, consistiendo únicamente en adaptar la puerta de la sala de calderas para que pudiera entrar la nueva caldera. Teniendo en cuenta las dimensiones de la caldera desmontada por partes, no sería necesario ampliar la actual puerta más de 15 cm. Por todo ello, se puntúa este indicador con una nota de 8 sobre 10.

3.1.2 Evaluación medioambiental

La evaluación medioambiental de la alternativa se realiza calculando los diferentes indicadores medioambientales que más adelante se utilizarán para evaluarla y para comparar unas alternativas con otras. Dichos indicadores son:

- Cantidad de combustible consumido (kg): según el cálculo anterior del consumo total de pellet al año de 5.000 kg. Teniendo en cuenta que los fabricantes producen el pellet a partir de restos de serrerías y carpinterías cercanas (dato aportado por los propios fabricantes), este consumo de pellet no supone una explotación del recurso forestal como tal y por tanto los kg de combustible maderero extraído se consideran 0.

- Distancia del origen del combustible (km): la distancia al origen del combustible se ha obtenido en este caso por contacto directo con los principales proveedores de pellet de la zona, obteniendo respuesta y manteniendo contacto únicamente con una de las empresas. En ella, el pellet producido se obtiene de restos de serrín de carpinterías y serrerías de Navarra y País Vasco y además cuenta con el distintivo PEFC de calidad y sostenibilidad en la explotación forestal. La empresa en concreto está situada a 31 km del edificio por lo que las distancias de transporte del pellet también serían mínimas.

- Balance de emisiones de CO_2 (t/año): el balance de emisiones de CO_2 derivado de la combustión del pellet es neutro, es decir, todo el CO_2 emitido a la atmósfera en la combustión ha sido previamente fijado por los árboles y restos vegetales que se queman.

3.1.3 Evaluación social

La evaluación social de la alternativa se realiza analizando los diferentes indicadores sociales que más adelante se utilizarán para evaluarla y para comparar unas alternativas con otras. Dichos indicadores son:

- Trabajo generado (Nº puestos de trabajo): esta alternativa no generará ningún puesto de trabajo extra como tal, ya que supone la adquisición del pellet a una empresa productora que ya está produciendo y distribuyendo pellet en Navarra. En este sentido si que contribuirá a mantener los puestos de trabajo de dicha empresa, pero no generará puestos de trabajo de forma directa.

- Proyecto transferible (0 a 10): se trata de un proyecto relativamente sencillo de aplicar y que a la vez supone mejoras económicas y medioambientales, sin ningún perjuicio en el aspecto social. Además puede servir de ejemplo, ya que es una base que se puede aplicar en prácticamente cualquier edificio ajustándose a cada caso concreto de necesidades térmicas y disponibilidad de espacios. Por todo ello, este indicador se puntúa con la nota de 9 sobre 10.

- Imagen hacia la ciudadanía (0 a 10): la alternativa puede suponer una imagen muy positiva de cara al ciudadano, ya que muestra las diferentes ventajas que tiene la utilización de biomasa como combustible y también muestra la sencillez de la instalación. Sin embargo, también es cierto que la biomasa empleada no es del todo de origen local y es adquirida de fuera, por ello el indicador se puntúa con una nota de 7 sobre 10.

3.1.4 Evaluación de la funcionalidad

La evaluación de la funcionalidad de la alternativa se realiza analizando diferentes indicadores de diversos aspectos, que más adelante se utilizarán para evaluarla y para comparar unas alternativas con otras. Dichos indicadores son:

- Seguridad combustible (0 a 10): esta alternativa presenta la ventaja de que el combustible es suministrado por un fabricante certificado, cuyos productos pasan una serie de controles de

calidad y por tanto el combustible empleado siempre va a tener unos estándares mínimos de calidad, importantes para el correcto funcionamiento de la caldera. Por todo ello, este indicador se puntúa con un nota de 10 sobre 10.

- Necesidad de maquinaria (SI/NO): al adquirirse el combustible a una empresa productora, tanto el CIN, como sus trabajadores, como el cliente se desentienden del proceso de producción del biocombustible y no se requiere ningún tipo de maquinaria extra (ni adquirida ni alquilada). Esto supone una importante facilidad en lo relativo a la gestión del CIN y a los procesos de contratación de la maquinaria, y por ello se puntúa este indicador con una nota de 10 sobre 10

- Espacio necesario (m^2): al tratarse de un sistema de llenado mediante manguera neumática, el único espacio necesario dentro del CIN será el ocupado por el silo de almacenamiento, que en este caso es de 3,9 m^2.

En la Tabla 4 se agrupan de forma conjunta los diferentes indicadores que se van a emplear en la comparación y valoración de alternativas.

Tabla 4. Indicadores calculados para la alternativa 1

ASPECTO ECONÓMICO	
Coste inicial (€)	34.250
Costes combustible (€/año)	1.294
Evolución y variación de precios (%)	-2,8
Obra civil necesaria (0-10)	8
ASPECTO MEDIOAMBIENTAL	
Combustible consumido (kg)	0
Distancia origen-consumo (km)	0-150
Balance emisiones CO2 (t/año)	Neutro
ASPECTO SOCIAL	
Trabajo generado (nº puestos)	0
Proyecto transferible (0-10)	9
Imagen ciudadanía (0-10)	7
FUNCIONALIDAD	
Seguridad combustible (0-10)	10
Necesidad maquinaria (SI/NO)	NO
Espacio necesario (m^2)	3,9

3.2 Alternativa 2: Astilla

3.2.1 Evaluación económica

La evaluación económica de la alternativa se realiza calculando los diferentes indicadores económicos que más adelante se utilizarán para evaluarla y para comparar unas alternativas con otras. Dichos indicadores son:

- Coste inicial (€): se consideran los costes derivados de la adquisición e instalación de la caldera, así como del silo, de la instalación completa. Supone la inversión inicial que requiere la alternativa. Debido a la dificultad observada para obtener unos presupuestos de los

fabricantes, se ha empleado el precio calculado por el generador de precios de CYPE para una caldera y un silo de características muy similares a las empleadas en esta alternativa. La inversión inicial necesaria sería de 53.250 €, mostrándose en la Tabla 5 los costes derivados de cada parte.

Tabla 5. Costes por partes de la inversión inicial requerida en la alternativa 2 (Fuente: CYPE, 2018)

	Precio (€)
Instalación caldera biomasa 101 kW	32.000
Sistema de alimentación de la caldera (rotativo + sinfín ascendente)	7.800
Sistema llenado silo	12.900
Construcción del silo con ladrillo de hormigón	550
TOTAL	**53.250**

El coste total aproximado de la inversión inicial requerida asciende a 53.250 €, pudiéndose descontar de aquí posibles ayudas y subvenciones para proyectos de energías renovables o renovación de calderas e instalaciones térmicas. Sin embargo hasta el momento desde el Gobierno de Navarra no se ha destinado ningún tipo de ayuda directa a este tipo de instalaciones, pero si se ha habilitado una deducción fiscal del 15% para las inversiones de este tipo en edificios.

- Costes combustible (€/año): el consumo anual de combustible proyectado es de 7.000 kg astilla/año. El precio medio de la madera para trituración en fábrica en Navarra es de 38 €/m^3, por lo que será este el precio considerado en nuestro caso para la compra de la madera (Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España, 2014). Dada la importancia de los montes comunales en esta zona, el valor presentado proviene de la media de los precios de lotes pertenecientes a montes comunales vendidos en subastas "a riesgo y ventura" realizadas en ayuntamientos. El precio mencionado ha sido transformados a euros/m^3 aplicando el coeficiente medio 1 m^3 igual a 0,95 t, independientemente de las especies y de los días que hayan tardado desde su corta hasta su traslado a fábrica. Si tenemos esto en cuenta, el coste que supone la adquisición de la madera para obtener 7.000 kg de astilla (7,4 m^3 de madera) es de 281,2 €

$$7,4\ m^3\ madera \cdot 38\ €/m^3 = 281,2\ €$$

Además, según datos medios obtenidos por bibliografía, el coste medio del proceso completo de astillado y carga de la astilla en contenedores o remolques puede considerarse de 22 €/m^3 (Marcos, F., 2001). Es necesario astillar 7,4 m^3 de madera, lo que según estos datos supone un coste total de 162,8 €. Este precio considera el proceso de corta y desrame realizado por personas, la saca de los troncos hasta la pista y el astillado en pista forestal.

$$7,4\ m^3\ madera \cdot 22\ €/m^3 = 162,8\ €$$

Con todo ello, el coste anual del combustible que se va a emplear en la instalación será de 444 €.

- Evolución y variación precio (%): para esta alternativa, este indicador resulta prácticamente nulo ya que el combustible es autoproducido y por tanto no se verá afectado por las posibles variaciones en el mercado de los biocombustibles ya que la adquisición de la madera se realizará de forma local.

- Obra civil necesaria (0 a 10): en este caso la obra civil necesaria sería algo más compleja o de mayor envergadura ya que el silo ocupa una mayor superficie dentro del edificio y por tanto la entrada a la sala de calderas deberá realizarse por otra puerta nueva, no por la actual. Por ello requiere una obra para tirar las paredes interiores actuales y construir una nueva puerta por la cual acceder a la sala de calderas. Por todo ello se puntúa este indicador para esta alternativa con una nota de 5 sobre 10.

3.2.2 Evaluación medioambiental

La evaluación medioambiental de la alternativa se realiza calculando los diferentes indicadores medioambientales que más adelante se utilizarán para evaluarla y para comparar unas alternativas con otras. Dichos indicadores son:

- Cantidad de combustible consumido (kg): según el cálculo anterior del consumo total de astilla al año de 7.000 kg, supone la extracción de un volumen total de 7,4 m^3 de madera al año, lo que teniendo en cuenta la disponibilidad de madera en la zona descrita en el apartado 2.3.2 Disponibilidad de biocombustible local (Documento Básico 2: Memoria), no supone ningún impacto negativo ni perjudicial para los recursos forestales de la zona.

- Distancia del origen del combustible (km): para esta alternativa la distancia al origen es 0, ya que la madera empleada para la producción de astilla se obtendría de los montes locales de la zona.

- Balance de emisiones de CO_2 (t/año): el balance de emisiones de CO_2 derivado de la combustión de astilla es neutro, es decir, todo el CO_2 emitido a la atmósfera en la combustión ha sido previamente fijado por los árboles y restos vegetales que se queman.

3.2.3 Evaluación social

La evaluación social de la alternativa se realiza analizando los diferentes indicadores sociales que más adelante se utilizarán para evaluarla y para comparar unas alternativas con otras. Dichos indicadores son:

- Trabajo generado (Nº puestos de trabajo): esta alternativa generará puestos de trabajo en la zona, como mínimo para las labores de corta y saca de la madera así como para las labores de transporte de la madera y de la astilla hasta el edificio. También generará o aumentará el trabajo de aquellas personas encargadas de la maquinaria forestal que realice el astillado. Todo ello puede contribuir a la conservación de las zonas rurales y de su población, así como al mantenimiento de aspectos culturales y sociales de la zona en cuestión (zona del Pirineo, con importantes recursos y tradición forestal). Se estima que todas estas labores generarán entre 1 y 5 puestos de trabajo directos, pudiendo ser estos temporales.

- Proyecto transferible (0 a 10): se trata de un proyecto relativamente sencillo de aplicar y que a la vez supone mejoras económicas, medioambientales y sociales. Además puede servir de ejemplo, ya que es una base que se puede aplicar en muchos casos, aunque sí que es cierto

que puede presentar problemas en determinados edificios con escasez de espacio, tanto para el silo como para el llenado de este, y además requiere de una inversión inicial importante lo que puede dificultar su ejecución en edificios particulares o privados. Por todo ello se puntúa este indicador con la nota de 6 sobre 10.

- Imagen hacia la ciudadanía (0 a 10): la alternativa puede suponer una imagen muy positiva de cara al ciudadano, ya que muestra las diferentes ventajas que tiene la utilización de biomasa como combustible. Además, en este caso la imagen resulta mucho más positiva que en las otras alternativas ya que la totalidad del combustible es producido con recursos locales y con el trabajo de la gente de la zona, favoreciendo la economía local. Por todo ello, este indicador se puntúa con la nota de 9 sobre 10.

3.2.4 Evaluación de la funcionalidad

La evaluación de la funcionalidad de la alternativa se realiza analizando diferentes indicadores de diversos aspectos, que más adelante se utilizarán para evaluarla y para comparar unas alternativas con otras. Dichos indicadores son:

- Seguridad combustible (0 a 10): en este caso la totalidad del combustible es producido por el propio centro a partir de recursos forestales locales, lo que supone una mayor heterogeneidad en el combustible y una menor estandarización de este. En algunos casos puede que el combustible llegue a ser de menor calidad al recomendado por el fabricante de la caldera y esto puede dar problemas de abastecimiento de combustible o requerir de tratamiento previo del mismo. Por todo ello en este aspecto se puntúa la alternativa con un 5 sobre 10.

- Necesidad de maquinaria (SI/NO): en este caso se necesita maquinaria para las labores de corta, saca y astillado de la madera. Debido a la poca cantidad de madera a astillar puede resultar más recomendable alquilar este trabajo a empresas externas que adquirir una astilladora propia, pero requerirá dedicar un cierto tiempo por parte del CIN o del cliente para gestionar estos trabajos y que el combustible obtenido sea de la calidad deseada.

- Espacio necesario (m^2): esta alternativa, además de requerir un silo de mayores dimensiones, requiere de una superficie del edificio para guardar el sinfín horizontal exterior en el que se descarga la astilla por volquete. Este sinfín tiene una longitud de 2 m y una anchura de 1-1,5 m por lo que es un espacio considerable teniendo en cuenta el poco espacio disponible en el CIN actualmente. En total la superficie necesaria en el interior rondaría los 10 m^2 (6 m^2 para el silo y 4 m^2 para el sinfín horizontal)

En la Tabla 6 se agrupan de forma conjunta los diferentes indicadores que se van a emplear en la comparación y valoración de alternativas.

Tabla 6. Indicadores calculados para la alternativa 2

ASPECTO ECONÓMICO	
Coste inicial (€)	53.250
Costes combustible (€/año)	444
Evolución y variación de precios (%)	-
Obra civil necesaria (0-10)	5
ASPECTO MEDIOAMBIENTAL	
Combustible consumido (kg)	7.000
Distancia origen-consumo (km)	0
Balance emisiones CO2 (t/año)	Neutro
ASPECTO SOCIAL	
Trabajo generado (nº puestos)	1-5
Proyecto transferible (0-10)	6
Imagen ciudadanía (0-10)	9
FUNCIONALIDAD	
Seguridad combustible (0-10)	5
Necesidad maquinaria (SI/NO)	SI
Espacio necesario (m^2)	10

3.3. Alternativa 3: Mixto astilla-pellet

3.3.1 Evaluación económica

La evaluación económica de la alternativa se realiza calculando los diferentes indicadores económicos que más adelante se utilizarán para evaluarla y para comparar unas alternativas con otras. Dichos indicadores son:

- Coste inicial (€): se consideran los costes derivados de la adquisición e instalación de la caldera, así como del silo, de la instalación completa. Supone la inversión inicial que requiere la alternativa. Debido a la dificultad observada para obtener unos presupuestos de los fabricantes, se ha empleado el precio calculado por el generador de precios de CYPE para una caldera y un silo de características muy similares a las empleadas en esta alternativa. La inversión inicial necesaria sería de 52.950 €, mostrándose en la Tabla 7 los costes derivados de cada parte.

Tabla 7. Costes por partes de la inversión inicial requerida en la alternativa 3 (Fuente: CYPE, 2018)

	Precio (€)
Instalación caldera biomasa 101 kW	32.000
Sistema de alimentación de la caldera (rotativo + sinfín ascendente)	7.720
Sistema llenado silo	12.900
Construcción del silo con ladrillo de hormigón	330
TOTAL	**52.950**

El coste total aproximado de la inversión inicial requerida asciende a 52.950 €, pudiéndose descontar de aquí posibles ayudas y subvenciones para proyectos de energías renovables o

renovación de calderas e instalaciones térmicas. Sin embargo hasta el momento desde el Gobierno de Navarra no se ha destinado ningún tipo de ayuda directa a este tipo de instalaciones, pero si se ha habilitado una deducción fiscal del 15% para las inversiones de este tipo en edificios.

- Costes combustible (€/año): el consumo anual de combustible proyectado es de 1.500 kg astilla/año y 3.900 kg pellet/año. El precio medio de la madera para trituración en fábrica en Navarra es de 38 €/m^3, por lo que será este el precio considerado en nuestro caso para la compra de la madera (Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España, 2014). Dada la importancia de los montes comunales en esta zona, el valor presentado proviene de la media de los precios de lotes pertenecientes a montes comunales vendidos en subastas "a riesgo y ventura" realizadas en ayuntamientos. El precio mencionado ha sido transformados a euros/m^3 aplicando el coeficiente medio 1 m^3 igual a 0,95 t, independientemente de las especies y de los días que hayan tardado desde su corta hasta su traslado a fábrica. Si tenemos esto en cuenta, el coste que supone la adquisición de la madera para obtener 1.500 kg de astilla (1,7 m^3 de madera) es de 64,6 €

$$1,7\ m^3\ madera \cdot 38\ €/m^3 = 64,6\ €$$

Además, según datos medios obtenidos por bibliografía, el coste medio del proceso completo de astillado y carga de la astilla en contenedores o remolques puede considerarse de 22 €/m^3 (Marcos, F., 2001). Es necesario astillar 1,7 m^3 de madera, lo que según estos datos supone un coste total de 37,4 €. Este precio considera el proceso de corta y desrame realizado por personas, la saca de los troncos hasta la pista y el astillado en pista forestal.

$$1,7\ m^3\ madera \cdot 22\ €/m^3 = 37,4\ €$$

Con todo ello, el coste anual de la astilla que se va a emplear en la instalación será de 102 €.

Para calcular el coste del pellet consumido se emplean datos de la Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM) de 2017, según la cual el precio medio del pellet transportado en cisterna para llenado neumático fue de 0,221 €/kg transporte incluido para distancias medias de 200 km (mayores a las que se darían en este caso). Según este precio, los 3.900 kg de pellet consumidos al año en esta alternativa suponen un coste de 861,9 €.

El coste total del combustible empleado durante todo el año en esta alternativa es de 963,9 €.

- Evolución y variación precio (%): para esta alternativa se puede considerar la variación de precios estudiada para el pellet durante los últimos tres años, mostrada en la Tabla 3 del apartado *3.1.1 Evaluación económica de la alternativa 1*, de este documento. Sin embargo, también hay que tener en cuenta que esta alternativa está adaptada para la utilización de únicamente astilla como combustible por lo que si esta variación de precios fuera demasiado alta o inestable, cabría la posibilidad de pasar a producir la totalidad del combustible con recursos locales. De esta forma el impacto o la dependencia del mercado es menor.

- Obra civil necesaria (0 a 10): la obra necesaria para esta alternativa de nuevo consistiría en tirar el tabique interior de la sala de calderas y construir una nueva puerta que diera a la zona de exposiciones del CIN, por la que poder acceder a la nueva sala de calderas, ya que el silo de almacenamiento ocuparía hasta parte de la puerta actual y no podría accederse a la sala de calderas por ahí. Por ello, la puntuación que se ha dado a este indicador para esta alternativa es de 5 sobre 10.

3.3.2 Evaluación medioambiental

La evaluación medioambiental de la alternativa se realiza calculando los diferentes indicadores medioambientales que más adelante se utilizarán para evaluarla y para comparar unas alternativas con otras. Dichos indicadores son:

- Cantidad de combustible consumido (kg): según lo calculado en Cálculo II: Consumos de biocombustible y dimensionamiento de silos, del Documento Básico 2: Cálculos, el consumo total de astilla y pellet al año es de 1.500 y 3.900 kg respectivamente. Esta cantidad de astilla supone la extracción de un volumen total de 1,7 m^3 de madera al año, lo que teniendo en cuenta la disponibilidad de madera en la zona descrita en el apartado *2.3.2 Disponibilidad de biocombustible local* (Documento Básico 2: Memoria) no supone ningún impacto negativo ni perjudicial para los recursos forestales de la zona.

- Distancia del origen del combustible (km): para esta alternativa la distancia al origen es 0 durante la época en la que se emplea astilla como combustible, ya que la madera empleada para la producción de astilla se obtendría de los montes locales de la zona. En otros momentos del año la distancia del origen del combustible es algo mayor, aunque siempre será producido con recursos de Navarra y País Vasco (según datos aportados por los proveedores de pellet con los que se ha contactado).

- Balance de emisiones de CO_2 (t/año): el balance de emisiones de CO_2 derivado de la combustión de astilla y pellet es neutro, es decir, todo el CO_2 emitido a la atmósfera en la combustión ha sido previamente fijado por los árboles y restos vegetales que se queman.

3.3.3 Evaluación social

La evaluación social de la alternativa se realiza analizando los diferentes indicadores sociales que más adelante se utilizarán para evaluarla y para comparar unas alternativas con otras. Dichos indicadores son:

- Trabajo generado (nº puestos de trabajo): esta alternativa generará puestos de trabajo en la zona, como mínimo para las labores de corta y saca de la madera así como para las labores de transporte de la madera y de la astilla hasta el edificio. También generará o aumentará el trabajo de aquellas personas encargadas de la maquinaria forestal que realice el astillado. Todo ello puede contribuir a la conservación de las zonas rurales y de su población, así como al mantenimiento de aspectos culturales y sociales de la zona en cuestión (zona del Pirineo, con importantes recursos y tradición forestal). Sin embargo, debido a la poca cantidad de astilla empleada se considera este trabajo generado como residual o de muy poca importancia, considerando de forma orientativa que únicamente se podría llegar a crear en conjunto 1 puesto de trabajo, y de forma temporal.

- Proyecto transferible (0 a 10): se trata de un proyecto relativamente sencillo de aplicar y que a la vez supone mejoras económicas, medioambientales y sociales. Además puede servir de ejemplo, ya que es una base que se puede aplicar en muchos casos, aunque sí que es cierto que puede presentar problemas en determinados edificios con escasez de espacio, tanto para el silo como para el llenado de este. Además requiere de una inversión inicial importante lo que puede dificultar su ejecución en edificios particulares o privados. Por todo ello se puntúa este indicador con la nota de 6 sobre 10.

- Imagen hacia la ciudadanía (0 a 10): la alternativa puede suponer una imagen muy positiva de cara al ciudadano, ya que muestra las diferentes ventajas que tiene la utilización de biomasa como combustible. Además, en este caso el proyecto emplea dos de los tipos de biomasa más empleados por lo que permite al ciudadano ver y conocer dos formas de emplear la biomasa como combustible. Por todo ello este indicador se puntúa con una nota de 8 sobre 10.

3.3.4 Evaluación de la funcionalidad

La evaluación de la funcionalidad de la alternativa se realiza analizando diferentes indicadores de diversos aspectos, que más adelante se utilizarán para evaluarla y para comparar unas alternativas con otras. Dichos indicadores son:

- Seguridad combustible (0 a 10): en este caso durante una época del año si que se utilizaría un combustible estandarizado y con garantías de calidad, pero durante la época en la que se emplearía astilla como combustible de nuevo serían necesarias labores de muestreo y análisis de calidad del combustible, pudiéndose dar casos de heterogeneidad o de un combustible que no sea del todo óptimo para su combustión. Por ello la puntuación dada a este indicador es de 6 sobre 10.

- Necesidad de maquinaria (SI/NO): en este caso se requeriría el uso de maquinaria para el astillado de la madera empleada, pero en unas cantidades tan pequeñas que no resulta rentable adquirir una astilladora propia, y lo recomendado es encargar el astillado de la madera a empresas externas o particulares de la zona.

- Espacio necesario (m^2): esta alternativa requerirá un silo de 4 m^2 y el espacio necesario para el sinfín horizontal será de otros 4 m^2 aproximadamente, por lo que ocupa un espacio total en el interior del CIN de 8 m^2.

En la Tabla 8 se agrupan de forma conjunta los diferentes indicadores que se van a emplear en la comparación y valoración de alternativas.

Tabla 8. Indicadores calculados para la alternativa 3

ASPECTO ECONÓMICO	
Coste inicial (€)	52.950
Costes combustible (€/año)	963,9
Evolución y variación de precios (%)	-2,8
Obra civil necesaria (0-10)	5
ASPECTO MEDIOAMBIENTAL	
Combustible consumido (kg)	1.500 kg astilla 3.900 kg pellet
Distancia origen-consumo (km)	0
Balance emisiones CO2 (t/año)	Neutro
ASPECTO SOCIAL	
Trabajo generado (nº puestos)	1
Proyecto transferible (0-10)	6
Imagen ciudadanía (0-10)	8
FUNCIONALIDAD	
Seguridad combustible (0-10)	6
Necesidad maquinaria (SI/NO)	SI
Espacio necesario (m^2)	8

4. EVALUACIÓN FINAL

El cálculo de los diferentes indicadores de cada una de las alternativas permite su comparación y la obtención de los resultados finales tras la valoración de cada indicador y la ponderación de cada uno de los aspectos. Estos resultados finales obtenidos para las tres alternativas se muestran de forma agrupada en la Tabla 9.

Tabla 9. Resultados de la evaluación y ponderación de indicadores para elegir la solución adoptada

	ALTERNATIVA 1: PELLET		ALTERNATIVA 2: ASTILLA		ALTERNATIVA 3: MIXTO	
ECONÓMICO (30%)	**7**		**6,8**		**5,8**	
Coste inicial (€)	34.250	8	53.250	4	52.950	4
Coste combustible (€/año)	1.294	6	444	9	963,9	7
Variación precios (%)	-2,8	6	-	9	-2,8*	7
Obra civil necesaria (0 a 10)	8	8	5	5	5	5
MEDIOAMBIENTAL (30%)	**9**		**9**		**9**	
Combustible consumido (kg)	0	10	7.000	8	1.500 kg astilla 3.900 kg pellet	9
Distancia origen (km)	0-150	7	0	9	0*	8
Balance emisiones CO_2 (t/año)	Neutro	10	Neutro	10	Neutro	10
SOCIAL (30%)	**6**		**7,3**		**6,7**	
Trabajo generado (nº puestos)	0	2	1-5	7	1	6
Proyecto transferible (0 a 10)	9	9	6	6	6	6
Imagen ciudadanía (0 a 10)	7	7	9	9	8	8
FUNCIONALIDAD (10%)	**10**		**4,3**		**5**	
Seguridad combustible (0 a 10)	10	10	5	5	6	6
Necesidad de maquinaria (SI/NO)	NO	10	SI	4	SI	4
Espacio interior ocupado (m^2)	3,9	10	10	4	8	5
TOTAL	**7,6**		**7,4**		**6,9**	

5. BIBLIOGRAFÍA

Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa, AVEBIOM (2017) *La información sobre el uso de la biomasa accesible en la Web*. Madrid. 2017. Recuperado el 19 de marzo de 2018. Sitio web: http://www.observatoriobiomasa.es/#onb

Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España (2014). *Observatorio de precios de productos forestales*. Octubre 2014. Madrid. pp 1-33.

CYPE Ingenieros (2018) Generador de precios España. Software para arquitectura, Ingeniería y Construcción. Recuperado el 10 de febrero de 2018. Sitio web: http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/

Marcos, F. (2001) Biocombustibles sólidos de origen forestal. AENOR. Madrid.

ANEXO III

Ficha técnica detallada caldera Herz Firematic

Calefacción con astilla y pellets

SU PARTNER DE CONFIANZA
Herz desde 1896
Presente en el mercado más de 110 años

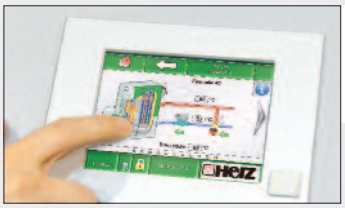
firematic
20 - 60 kW

firematic
80 - 499 kW

Herz®

HERZ& TERMOSUN

Ventajas y detalles...

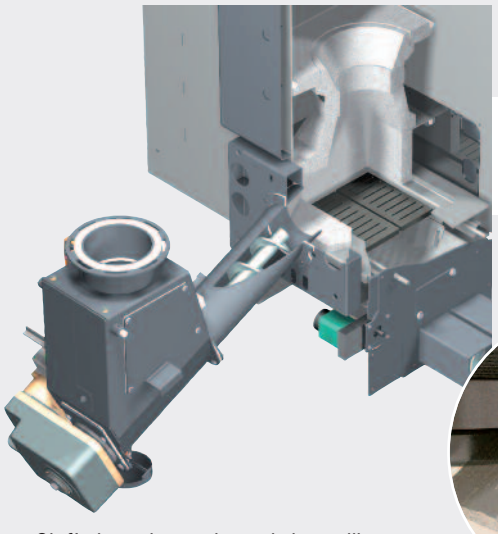


T-CONTROL, regulación fácil con pantalla táctil.

Regulación de serie para:

– Depósito de inercia
– Regulación de la temperatura de retorno (bomba y válvula mezcladora)
– Calentamiento de agua sanitaria según necesidades
– Circuitos de calefacción (bomba y válvula mezcladora)
– Protección antihielo

- Diseño de pantalla y menús sencillos.
- Ampliación hasta 55 módulos (circuitos calefacción, solar, segunda inercia, etc.).

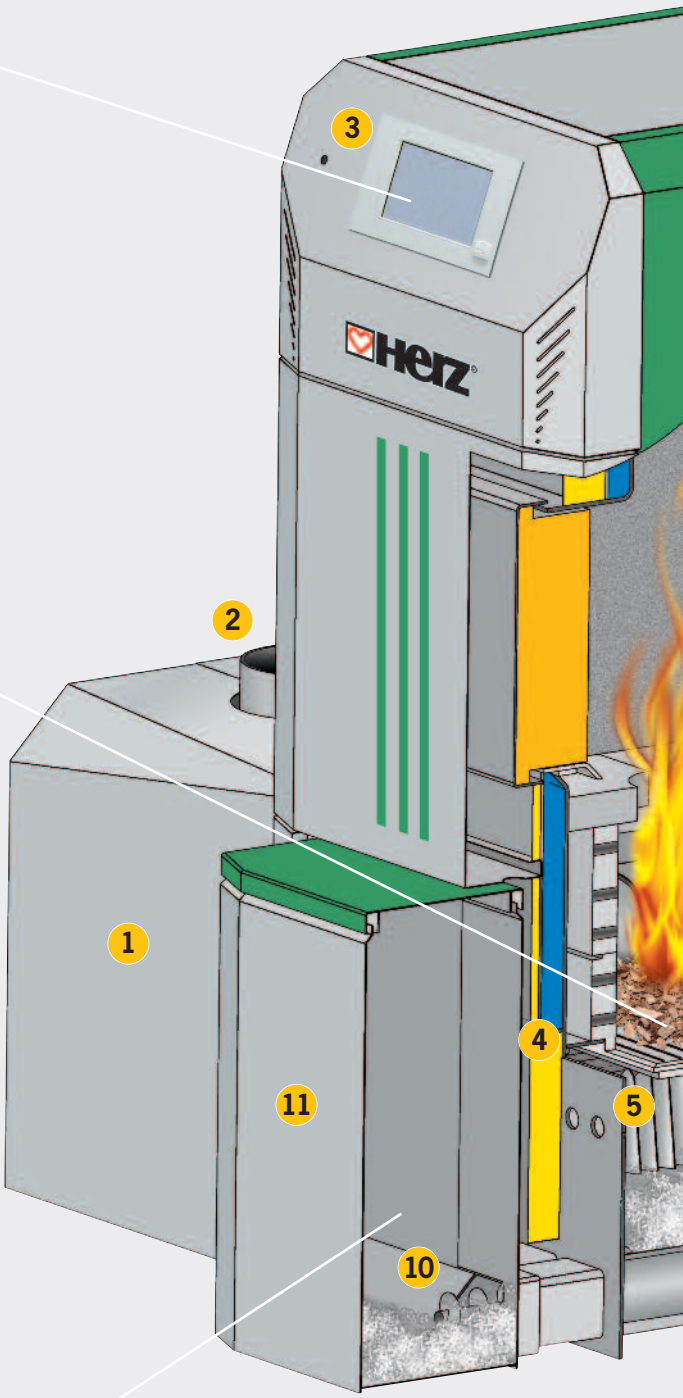


Introductor lateral y parrilla.

- Sinfín introductor lateral de astillas o pellets a la cámara de combustión.
- Limpieza automática de la parrilla mediante introducción en una contramatriz.
- Óptimo caudal de aire gracias a la limpieza automática de la parrilla de combustión.
- No requiere ningún tipo de limpieza manual.

Extracción automática de cenizas.

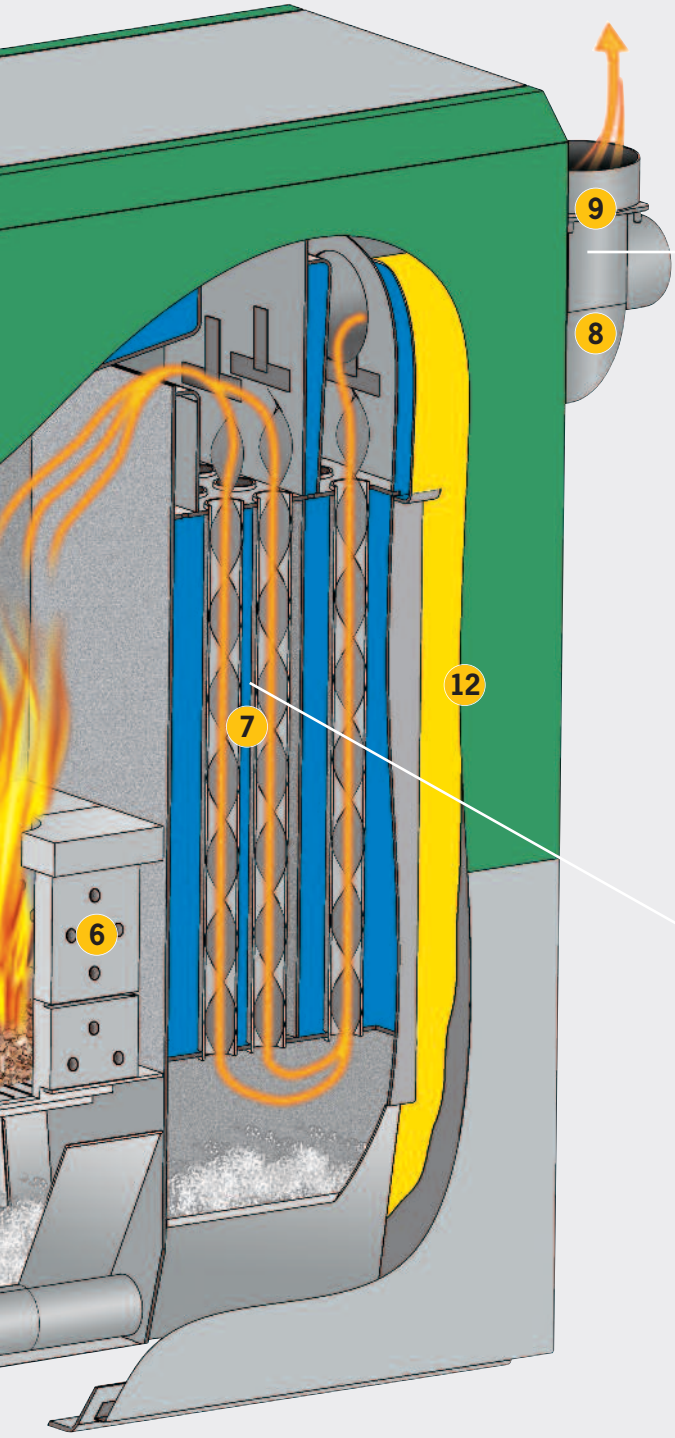
- Mediante los 2 sinfines, las cenizas de combustión e intercambio son transportadas al contenedor de cenizas.
- El contenedor con sistema de ruedas permite un fácil vaciado de las cenizas.



1 El almacén intermedio dispone de control de nivel mediante infrarrojos. (Evita la necesidad de sistemas mecánicos).

2. RSE (Dispositivo protección de retorno de llama).
SLE (Dispositivo extintor automático; sistema con aspersores).

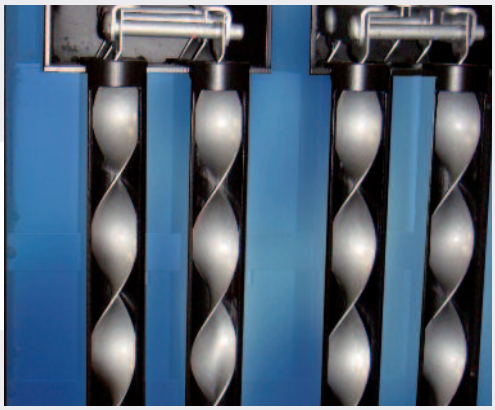
3. T-CONTROL unidad de control central.



Combustión que ahorra energía mediante la sonda lambda.

- Gracias a la sonda lambda, que supervisa de forma permanente los valores de los gases y reacciona a las distintas calidades de combustible, se obtienen siempre valores de combustión perfectos y valores de emisiones muy reducidos.
- La sonda lambda controla la impulsión de aire primario y secundario, y consigue una combustión más limpia, incluso en funcionamiento a carga parcial.
- El resultado es un consumo de combustible más reducido y unos niveles de emisiones muy bajos, incluso con distintas calidades de combustible.

Limpieza automática del intercambiador térmico.



- Los intercambiadores se limpian automáticamente mediante un sistema de tubuladores integrados. El sistema de limpieza se activa incluso durante el funcionamiento de la calefacción y, por tanto, se mantienen limpios sin necesidad de intervención manual.
- Alto y constante nivel de eficiencia y bajo consumo de combustible gracias a la limpieza de la superfície de los intercambiadores.
- Las cenizas volátiles que se producen se transportan a través de un sinfín al depósito de cenizas frontal.

4. Encendido automático con ventilador de aire caliente.

5. Parrilla móvil para limpieza completa.

6. Cámara de combustión con 2 zonas.

7. Intercambiador con turbuladores con limpieza automática.

8. Control con sonda lambda para supervisión automática de gases y combustión.

9. Ventilador de aspiración que regula la velocidad y controla la instalación para un funcionamiento óptimo y seguro.

10. Sinfín de extracción de cenizas de combustión y de intercambiadores.

11. Cajón frontal de cenizas.

12. Aislamiento térmico de alta eficiencia garantizando mínimas pérdidas de calor.

Ventajas y detalles...

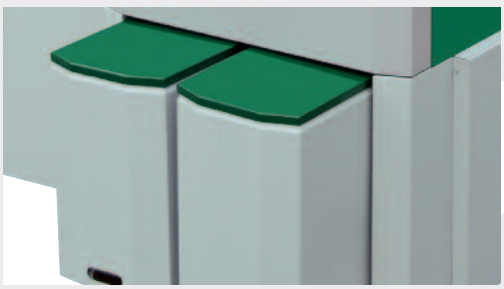
HERZ T-CONTROL con pantalla táctil.

Unidad de control central

- Regulación de serie:
  – Depósito de inercia
  – Regulación de la temperatura de retorno (bomba y válvula mezcladora)
  – Calentamiento de agua sanitaria según necesidades
  – 1 circuito de calefacción (bomba y válvula mezcladora)
  – Protección antihielo
- Diseño de pantalla y menús sencillos.
- Ampliación hasta 55 módulos (circuitos calefacción, solar, segunda inercia, etc.).

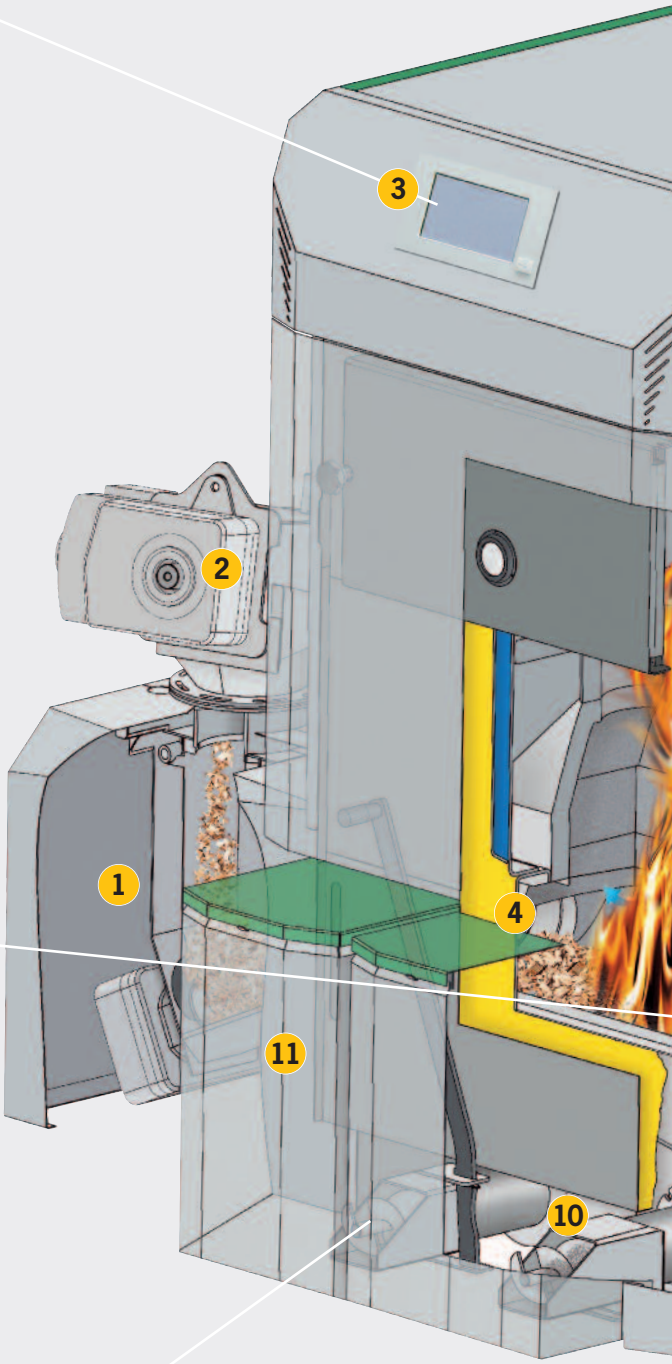
Introductor lateral a parrilla móvil de combustión

- Introductor lateral para astillas o pellets en la cámara de combustión (sinfín para firematic 20-101, sinfín doble para firematic 130-499).
- Con el movimiento de la parrilla de combustión se consigue una limpieza de los elementos de la parrilla. Estos elementos están fabricados con materiales de fundición de alta calidad. Con esta limpieza de parrilla se mantiene un caudal de aire óptimo a través de los elementos de la parrilla y garantiza una combustión óptima.
- La retirada de las cenizas de la cámara de combustión se realiza de forma automática mediante la basculación del último tramo de la parrilla. El tornillo sinfín, situado en la parte inferior del tramo de parrilla basculante, transporta la ceniza directamente al contenedor de ceniza.
- No hay necesidad de limpieza manual.



Extracción automática de cenizas.

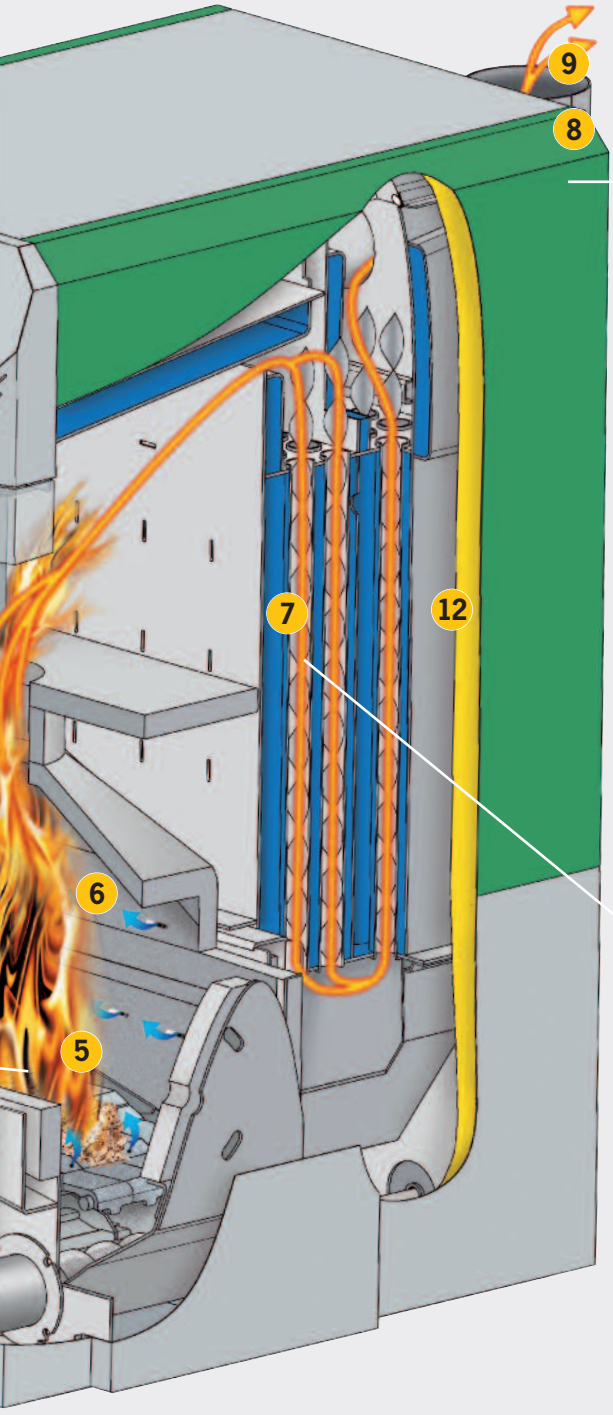
- Mediante los dos tornillos sinfín, las cenizas de combustión y los volátiles se transportan automáticamente a los 2 depósitos de cenizas frontales.
- Los depósitos extraíbles disponen de ruedas, lo que permite vaciar las cenizas fácilmente.



1 El almacén intermedio dispone de control de nivel mediante infrarrojos. (Evita la necesidad de sistemas mecánicos).

2. RSE (Dispositivo protección de retorno de llama).
SLE (Dispositivo extintor automático; sistema con aspersores).

3. T-CONTROL
unidad control central.



Combustión que ahorra energía mediante la sonda lambda.

- Gracias a la sonda lambda, que supervisa de forma permanente los valores de gases y reacciona a las distintas calidades de combustible, se obtienen siempre valores de combustión perfectos y valores de emisiones muy reducidos.
- La sonda lambda controla la impulsión de aire primario y secundario, y consigue una combustión más limpia, incluso en funcionamiento a carga parcial.
- El resultado es un consumo de combustible más reducido y unos niveles de emisiones muy bajos, incluso, con distintas calidades de combustible.

Limpieza automática del intercambiador térmico.

- Los intercambiadores se limpian automáticamente mediante un sistema de turbuladores integrados. El sistema de limpieza se activa incluso durante el funcionamiento de la calefacción y, por lo tanto, se mantienen limpios sin necesidad de intervención manual.
- Los intercambiadores limpios aseguran un rendimiento elevado y constante sin necesidad de intervención de combustible.
- Las cenizas volátiles que se producen se transportan a través de un sinfín al depósito de cenizas frontal.

4. Encendido automático con ventilador de aire caliente.

5. Parrilla móvil con limpieza automática.

6. Cámara de combustión dividida en dos zonas.

7. Intercambiador con turbuladores y limpieza automática.

8. Control con sonda lambda para supervisión automática de gases y combustión.

9. Ventilador de aspiración que regula la velocidad y controla la instalación para un funcionamiento óptimo y seguro.

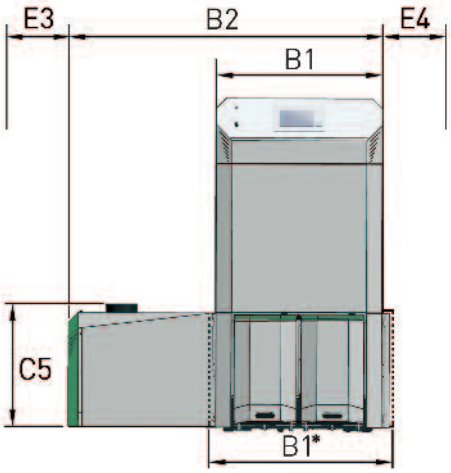
10. Tornillos sinfín para evacuación de cenizas de combustión y volátiles.

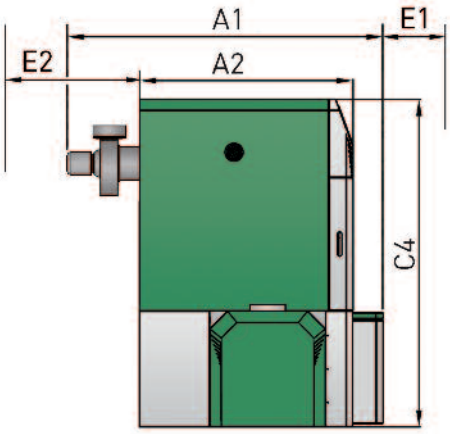
11. Dos depósitos de cenizas frontales.

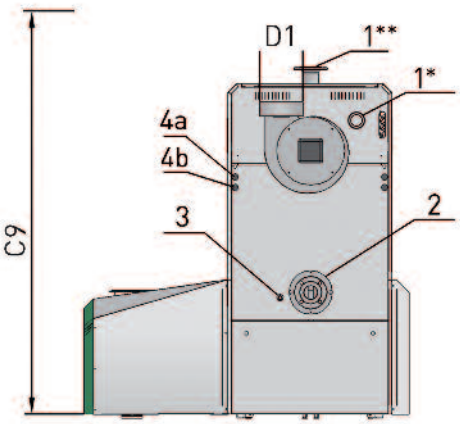
12. Aislamiento térmico de alta eficiencia garantizando mínimas pérdidas de calor.

Dimensiones y datos **técnicos firematic 80-499**

firematic 80-301

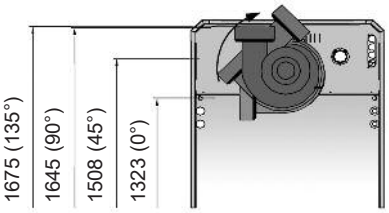




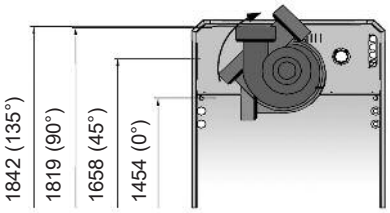


* firematic 80-201 ** firematic 249-301

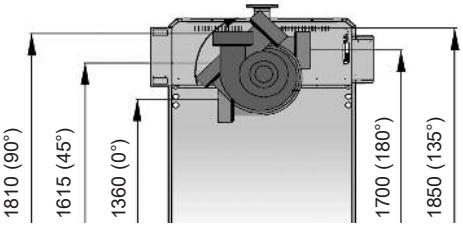
firematic 80-101



firematic 130-201



firematic 249-301



firematic 80-149

Datos técnicos		80	100	101	130	149	151	180
Rango de potencia astillas (kW) **Rango de potencia pellets (kW)**		**23,2-80** **23,2-80**	**23,2-99** **23,2-99**	**23,2-101** **23,2-101**	**36,7-130** **35,9-130**	**36,7-149** **35,9-149**	**36,7-151** **35,9-151**	**36,7-180** **35,9-183**
Dimensiones (mm)								
A1	Longitud - total	1709	1709	1709	2071	2071	2071	2071
A2	Longitud – frontal	1178	1178	1178	1494	1494	1494	1494
B1	Ancho	846	846	846	980	980	980	980
B1*	Ancho (con eliminación de componentes)	800	800	800	950	950	950	950
B1*	Ancho (sin eliminación de componentes)	907	907	907	1024	1024	1024	1024
B2	Ancho - con alimentación	1636	1636	1636	1888	1888	1888	1888
C4	Altura	1690	1690	1690	1818	1818	1818	1818
C5	Altura superior - Zona alimentación RSE	646	646	646	765	765	765	765
C9	Altura mín. recomendada sala de calderas	2300	2300	2300	2400	2400	2400	2400
D1	Diámetro chimenea	180	180	180	200	200	200	200
E1	Espacio de mantenimiento parte frontal	800	800	800	1000	1000	1000	1000
E2	Espacio de mantenimiento parte trasera	450	450	450	600	600	600	600
E3	Espacio mín. de mantenimiento lado izquierdo	300	300	300	300	300	300	300
E4	Espacio mín. de mantenimiento lado derecho	700	700	700	700	700	700	700
Datos técnicos								
Peso caldera	kg	1032	1032	1032	1370	1370	1370	1370
Rendimiento η_F	%	>94	>94	>94	>94	>95	>95	>94
Máx. presión de trabajo	bar	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Máx. temperatura de trabajo permitidar	°C	95	95	95	95	95	95	95
Contenido de agua	l	179	179	179	254	254	254	254
Caudal de gases a potencia nominal: Astillas (pellets)	kg/s	0,046 (0,046)	0,057 (0,059)	0,057 (0,059)	0,076 (0,079)	0,089 (0,087)	0,089 (0,087)	0,110 (0,105)
Caudal de gases a potencia parcial: Astillas (pellets)	kg/s	0,015 (0,016)	0,015 (0,016)	0,015 (0,016)	0,023 (0,022)	0,023 (0,022)	0,023 (0,022)	0,023 (0,022)

astillas M40 (máx. contenido en agua 40%) según:
firematic 20-499: – EN 14961-4: Clases A1, A2, B1
tamaño partícula P16B, P31,5 o P45A
– ÖNORM M7133: G30-G50

pellets según:
firematic 20-60: – EN 14961-2: Clase A1
– Swisspellet, DINplus, ENplus or ÖNORM M7135
firematic 80-499: – EN 14961-2: Clase A1, A2
– Swisspellet, DINplus, ENplus o ÖNORM M7135

firematic 80-101:
1... Impulsión, 2" DI 2... Retorno, 2" DI
3... Conexión de llenado/vaciado, 1/2" DI
4a... Entrada int. calor seguridad, 1/2" DI
4b... Salida int. calor seguridad, 1/2" DI

DI...diámetro interior

HERZ firematic 20-101

Hoja de especificaciones

Vers. 2.5

firematic	20	35	45	60	80	100	101
Peso de la caldera [kg]	517		620		1032		
Volumen de cenizas en la cámara de combustión[l]	-		-		-		
Volumen de cenizas en la cámara de combustión [l]	23		38		50		
Volumen de cenizas en el cuerpo intercambiador de calor [l]]	23		23		50		
Tiro mín./máx. admisible [mbar]	0,05/0,1		0,05/0,1		0,05/0,1		
Sopre presión de trabajo mín./máx. [bar]	1,5/3		1,5/3		1,5/3		
Temperatura máxima de impulsión [°C]	95		95		95		
Temperatura máx. de seguridad - STL (°C)	95		95		95		
Contenido de agua [l]	80		116		179		
Conexión eléctrica [V,Hz,A] / Potencia [kW]	~230,50,16/2,6		~230,50,16/2,6		~230,50,16/2,6		
Agitador - Conexión eléctrica [V]	1x230 (option: 3x400)		1x230 (option: 3x400)		3 x 400		
Pérdida de caudal para dt=35K [mbar] **	-		-		-		
Pérdida de caudal para dt=20K [mbar] *	5,4 (-)	10,8 (13,4)	2,2 (2,4)	4,1 (4,5)	5,7 (5,7)	8,8 (8,8)	8,8 (8,8)
Pérdida de caudal para dt=10K [mbar] *	20,6 (-)	39,9 (51,9)	7,5 (8,5)	15,3 (16,3)	22,4 (22,4)	34,6 (34,6)	34,6 (34,6)
Caudal mínimo dt=18K [kg/h] **	955 (-)	1672 (1911)	2150 (2293)	3105 (3344)	3822 (3822)	4729 (4729)	4825 (4825)
Caudal dt=15K [kg/h] *	1433 (-)	2006 (2293)	2580 (2752)	3726 (4013)	4586 (4586)	5675 (5675)	5790 (5790)
Consumo eléctrico, a potencia nominal [kW] *	0,214 (-)	0,266 (0,141)	0,215 (0,138)	0,285 (0,196)	0,318 (0,145)	0,386 (0,166)	0,386 (0,166)
Consumo eléctrico, a potencia parcial [kW] *	0,097 (-)	0,097 (0,083)	0,097 (0,105)	0,097 (0,105)	0,106 (0,072)	0,106 (0,072)	0,106 (0,072)
Superficie intercambiador [m2]	1,02		1,76		3,16		
Superficie parrilla [m2]	0,0289		0,0484		0,174		
Volumen de la cámara de combustión [m³]	0,0689		0,1101		0,183		
Cantidad necesaria de agua - Int. térmico de seg. [l/h]	-		-		-		
Inter. de calor-Nº de pasos/Conductos [Cantidad]	2 / 2x4;1x4		2 / 1x6;2x6		2 / 2x6;2x6		
Superficie del intercambio de calor [m²]	0,091		0,12		0,33		
Temperatura de apertura de la válvula de seguridad (°C)	95		95		95		
Número de válvulas de seguridad	1		1		1		
Volumen mínimo recomendado depósito de inercia [l]	800		1000		1000		
Emisiones - Potencia nominal	**Astillas (Pellets)**						
Temperatura gases [°C]	~110 (-)	~140 (~155)	~110 (~110)	~140 (~150)	~115 (~110)	~125 (~130)	~125 (130)
Caudal de gases [kg/s] **	0,014 (-)	0,023 (0,027)	0,026 (0,024)	0,035 (0,036)	0,046 (0,046)	0,057 (0,059)	0,057 (0,059)
Caudal de gases [Nm³/h] ** (0°C / 1013 mbar / 13%O2)	37,3 (-)	62,3 (79)	72,4 (71)	97,3 (107)	128 (129)	157 (162)	157 (162)
Caudal de gases [*** Bm³/h] **	52,4 (-)	94,3 (124)	101,5 (99)	147,2 (165)	182 (180)	229 (240)	229 (240)
CO2 contenido [Vol. %] *	12,5 (-)	12,9 (12,2)	13,9 (15,5)	14,8 (15,6)	13,00 (13,70)	13,5 (13,4)	13,5 (13,4)
Rendimiento [%] *	93,3 (-)	92,0 (91,0)	94,0 (95,2)	93,4 (93,2)	92,6 (92,7)	92,5 (92,7)	92,5 (92,7)
Emisiones - Potencia parcial	**Astillas (Pellets)**						
Temperatura gases [°C]	~85 (-)	~85 (~85)	~85 (~85)	~85 (~ 85)	~85 (~85)	~85 (~85)	~85 (~85)
Caudal de gases [kg/s] **	0,004 (-)	0,004 (0,009)	0,008 (0,009)	0,008 (0,009)	0,015 (0,016)	0,015 (0,016)	0,015 (0,016)
Caudal de gases [Nm³/h] ** (0°C / 1013 mbar / 13%O2)	11,4 (-)	11,3 (25)	22,3 (28)	22,3 (28)	41 (43)	41 (43)	41 (43)
Caudal de gases [*** Bm³/h] **	14,9 (-)	14,8 (32)	29,3 (34)	29,3 (35)	54 (56)	54 (56)	54 (54)
CO2 contenido [Vol. %] *	12,0 (-)	12,0 (9,4)	12,8 (11,7)	12,8 (11,7)	11,5 (11,6)	11,5 (11,6)	11,5 (11,6)
Rendimiento [%] *	91,0 (-)	91,0 (90,8)	94,3 (90,3)	94,3 (90,3)	92,4 (93,3)	92,4(93,3)	92,4 (93,3)
Homologaciones							
Número de referencia (homologación)	- (-)	- (147/12)	- (148/12)	- (149/12)	- (-)	- (-)	- (-)
Número aprobación	32-0129/T3 (-)	32-0129/T3 (006/13)	32-0129/T4 (007/13)	32-0129/T4 (008/13)	32-0129/T1 (32-0129/T1)	32-0129/T1 (32-0129/T1)	32-0129/T1 (32-0129/T1)
Homologador	SZU (-)	SZU (BLT)	SZU (BLT)	BLT (BLT)	SZU (SZU)	SZU (SZU)	SZU (SZU)
**Datos de mediciones del informe de homologación **Calculado con los valores del comb. del informe de homologación ***Metros cúbicos con los valores del combustible del informe de homologación*							
Potencia eléctrica							
Ventilador extractor de humo [kW]	0,072	0,072	0,072	0,12	0,12	0,12	0,12
Vent. de t.-Sección transv. de cab. el.[mm²] / Nº de hilos para cable	1 / 3+3	1 / 3+3	1 / 3+3	1 / 3+3	1 / 3+3	1 / 3+3	1 / 3+3
Vaciador sinfín [kW]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,37	0,37	0,37
Vaciador sinfín-Secc.n transv. de cab. el.[mm²]/Nº hilos para cable	0,75 / 3+2	0,75 / 3+2	0,75 / 3+2	0,75 / 3+2	0,75 / 3+2	0,75 / 3+2	0,75 / 3+2
Parrilla basculante [kW]	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
Parilla basc.-Sección transv. de cab. el.[mm²]/Nº hilos para cable	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3
Motor de parrilla de avance [kW]	-	-	-	-	0,065	0,065	0,065
Motor d. par.-Sección transv. de cab. el.[mm²]/Nº hilos para cable	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3
Limpieza del intercambiador térmico [kW]	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
Limp. del interc. t.-Sección transv. de cab. el./Nº hilos para cable	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3
Motor del sinfín de descarga de cenizas [kW]	0,065	0,065	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Motor sinf. desc. de c.-Sec. trans. de cab. el./Nº. hilos para cable	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3
Ventilador de encendido [kW]	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Ventilador encendido-Sección trans. de cab. el./Nº hilos para cable	1,5 / 3	1,5 / 3	1,5 / 3	1,5 / 3	1,5 / 3	1,5 / 3	1,5 / 3

Datos técnicos

Combustibles aceptados:
Astilla: Calidades A1, A2, B1,
Tamaño de partícula P16B, P31,5, P45A según EN14961-1/4, Densidad (BD) >150[1] o (BD)>200[2]; G30- G50, W 15-40 según ÖNORM M 7133.
Potencia nominal con astilla M25(W25), o
Valor calorífico (Q)>3.5kWh/kg.
Pellets: Calidades A1,A2* según EN 14961-2, ENplus, ÖNORM M 7135, DIN plus, Swiss Pellets.
A2* con firematic 80-301 [1]
Madera blanda, [2] Madera dura

Reservado el derecho a modificar los datos!

fm 20-35: 1…Impulsión (DI 1") , 2…Retorno (DI 1") , 3...Llenado/Vaciado (DI 1/2"), 4a...Entrada - Intercambiador térmico de seguridad (1/2" DI), 4b -Salida- Intercamb. t. de seg.(1/2" DI)
fm 45-60: 1…Impulsión (DI 6/4") ,2…Retorno (DI 6/4") ,3...Llenado/Vaciado (DI 1/2"),4a...Entrada - Intercambiador térmico de seguridad (1/2" DI), 4b -Salida-Intercamb. t. de seg.(1/2" DI)
fm 80-101: 1…Impulsión (DI 2") , 2…Retorno (DI2") , 3...Llenado/Vaciado (DI 3/4"), 4a...Entrada - Intercambiador térmico de seguridad (1/2" DI), 4b -Salida- Intercamb. t. de seg.(1/2" DI)

HERZ Energietechnik GesmbH
Herzstraße 1• A-7423 Pinkafeld
e-mail: office-energie@herz.eu • www.herz.eu

Esta impresión corresponde al documento firmado electrónicamente por Elena Martínez Franco (Enginyer Industrial) y certificado por el mismo medio por el Col·legi Oficial d'Enginyers Industrials de Catalunya el dia 14. 05. 2015 con el número G-83937