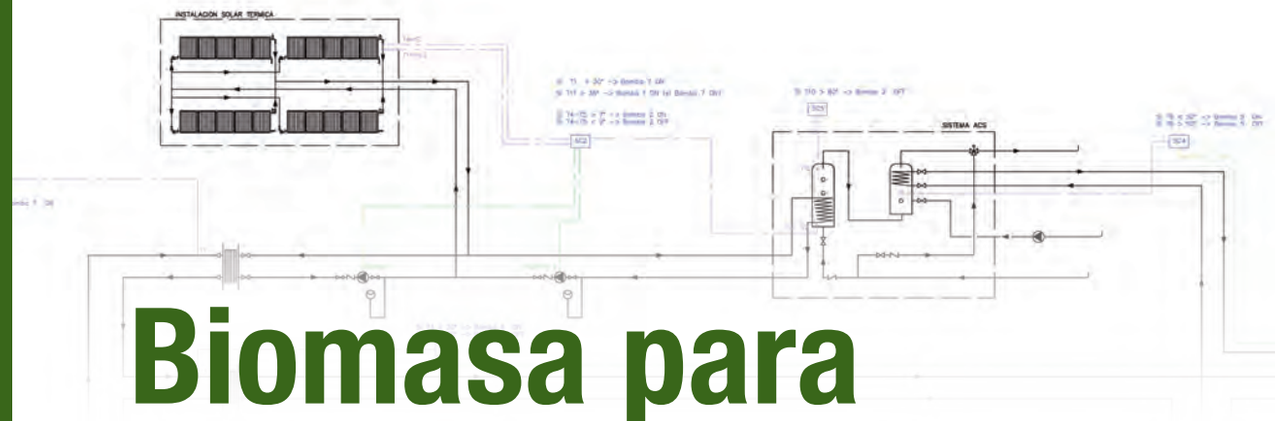
Agencia Extremeña de la Energía

Acciones Gratuitas Cofinanciadas por el FSE



Biomasa para Proyectistas

Curso Técnico de Sistemas de Biomasa y Sistemas Híbridos

Agencia Extremeña de la Energía

Agencia Extremeña de la Energía

Acciones Gratuitas Cofinanciadas por el FSE

Biomasa para Instaladores

Curso Técnico de Cálculo e Instalación de Equipos

Agencia Extremeña de la Energía

PRÓLOGO

Desde la Agencia Extremeña de la Energía, dentro del Programa Emplea Verde 2007-2013 y en coordinación con La Fundación Biodiversidad, se lanza el Proyecto FORMATE-BIO destinado a dar formación a trabajadores de Pymes y trabajadores agrarios que se encuentran involucrados en la cadena de valor de la biomasa. El proyecto tiene como objetivo la formación específica sobre cada una de sus potenciales áreas de mejora dentro de las empresas en las que se encuentran.

Dentro de la producción de energías con nuevas fuentes, algunas son ya suficientemente conocidas y otras no tanto. De ahí la labor por parte de la Agencia Extremeña de la Energía de dar a conocer la biomasa como fuente de Energía en la región.

La biomasa, entendida como el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma, es un tipo de energía con amplio espectro de posibles materias primas.

El objeto de este documento es presentar información práctica dirigida principalmente a ingenieros y directores de proyectos de calderas de biomasa. Se pretende que el contenido de esta guía sirva como herramienta de buenas prácticas en las instalaciones térmicas con biomasa, facilitando la puesta en marcha de nuevas instalaciones y el desarrollo de técnicas propias entre las empresas fabricantes de calderas de biomasa y las empresas instaladoras y mantenedoras autorizadas por el RITE.

AGENCIA EXTREMEÑA DE LA ENERGÍA

Biomas

proyec

sa par

ctistas

1. LA BIOMASA 6
1.1. Tipos de biomasa 7
2. SISTEMAS HABITUALES CON BIOMASA 9
2.1. Sistemas de almacenamiento y alimentación. 9
2.2. Generadores de calor. 12
3. DESPIECE DE CALDERAS DE BIOMASA 17
3.1. Sistemas de seguridad 21
3.2. Sistemas de retirada de cenizas 22
3.3. Solidificación de cenizas 22
4. CHIMENEAS 23
5. ESQUEMAS HIDRAÚLICOS 26
5.1. Instalación de calefacción y producción de ACS con control de la temperatura de retorno 26
5.2. Instalación de calefacción con suelo radiante 26
5.3. Instalación de suelo radiante y ACS 26
5.4. Otro tipo de instalaciones 26
6. INSTALACIONES HÍBRIDAS SOLAR-BIOMASA. 27
7. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. 28
7.1. Planificación del suministro 28
7.2. Puesta en marcha de la instalación 28
7.3. Control de funcionamiento 31
7.4. Tareas de mantenimiento 32
7.5. Manipulación de las cenizas 35
8. CÁLCULOS. 37
8.1. Conceptos básicos 37
8.2. Cálculo climatización 40
8.2.1. Perdidas de calor por ventilación e infiltraciones 40
8.2.2. Perdidas de suplementarias 41
8.2.3. Cálculo de la carga térmica de calefacción 42

INDICE

8.3. Cálculo de ACS en edificios de viviendas 43
8.3.1. Temperaturas 43
8.3.2. Consumo 43
8.3.3. Simultaneidad 45
8.3.4. Tiempo 46
8.3.4. Volumen de acumulación 46
8.3.5. Dimensionamiento de sistema de producción de ACS por acumulación 46
8.3.6. Dimensionamiento de sistema semi-instantáneos 48
8.4. Dimensionado y selección de la caldera 49
8.5. Cálculo del acumulador de inercia 50
8.4.1. ¿Para qué un acumulador de inercia? 50
8.4.2. Cálculo del volumen del acumulador de inercia 50
9. SALA DE CALDERAS 52
9.1. Dimensionamiento de la sala de calderas 52
9.2. Ventilación de la sala de calderas. 53
10. MUESTRAS DE INSTALACIONES EN EXTREMADURA. 55
10.1. Balneario “El Raposo” 55
10.2. Residencia de Ancianos en Carrascalejo (Cáceres) 56
ANEXO 1: ESQUEMAS HIDRAÚLICOS 57
1.Instalación de calefacción y producción de ACS con control de la temperatura de retorno 57
2.Instalación de calefacción de suelo radiante 58
3.Instalación de suelo radiante y ACS 59
4.Instalación con caldera doble 60
5.Instalación combinada solar-biomasa para calefacción 61
6.Instalación combinada solar-biomasa para calefacción y ACS 62
Bibliografía y referencias 64

1. LA BIOMASA

¿Qué es?

Definimos **biomasa** como cualquier tipo de combustible sólido, líquido o gaseoso, no fósil, compuesto por materia vegetal o animal, o producido a partir de la misma mediante procesos físicos y químicos, susceptibles de ser utilizado en aplicaciones energéticas.

Establecemos la siguiente clasificación de los distintos tipos de biomasa:

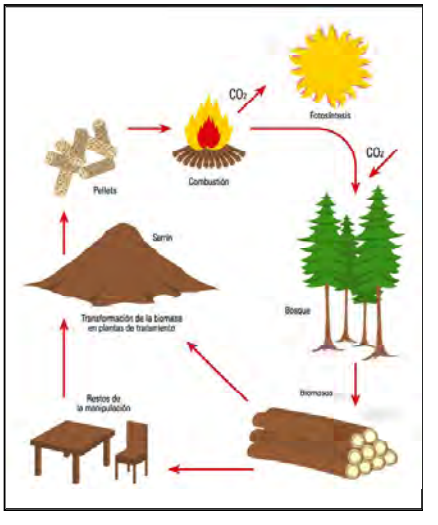
Biomasa natural: procedente de forma espontánea en la naturaleza (generalmente de masas forestales).

Biomasa residual: se incluyen todas aquellas materias primas que se generan en las actividades de producción, transformación y consumo. Se incluyen residuos agrícolas herbáceos, leñosos, residuos industriales agroalimentarios, residuos forestales, residuos generados en las industrias de transformación de la madera, residuos ganaderos, aguas residuales y residuos sólidos urbanos (RSU).

Biomasa producida: que es la cultivada con el propósito de obtener biomasa transformable en combustible.

¿Por qué?

La ventaja de la biomasa es su balance neutro en emisiones de CO_2. Al quemar la biomasa para obtener energía se libera CO_2 a la atmósfera, pero hay que tener en cuenta que durante el crecimiento de la materia orgánica vegetal se absorbe CO_2. De esta forma el ciclo se cierra y el nivel de emisión de CO_2 en la atmósfera se mantiene constante, de forma que la energía de biomasa no contribuye a generar el cambio climático.



También al emplear la biomasa como combustible se eliminan residuos, deshechos, aguas residuales y purines que son fuente de contaminación del subsuelo y de las aguas subterráneas y en otros casos, se prevendrían incendios.

Otra ventaja de la energía renovable obtenida de la biomasa es que se produce y consume en un ámbito local y puede mejorar las economías rurales. Con la recogida, transporte y tratamiento de la biomasa para obtener energía se desarrolla un sector industrial que aporta innumerables ventajas para zonas rurales.

¿Para qué?

Las aplicaciones de la biomasa son térmicas y para la producción de electricidad. Las aplicaciones térmicas con producción de calor y agua caliente sanitaria son las más comunes dentro del sector doméstico. Ésta puede alimentar un sistema de climatización del mismo modo que si se realizara con cualquier combustible convencional fósil.

La producción térmica puede realizarse mediante:

- Estufas, normalmente de pélets o leña, que calientan una única estancia.
- Calderas de baja potencia para viviendas unifamiliares o construcciones de tamaño reducido.
- Calderas diseñadas para un bloque de viviendas, que actúan como calefacción centralizada.
- Centrales térmicas que calientan varios edificios o instalaciones (*district heating*).

1.1. Tipos de biomasa

En la actualidad existen una gran variedad de biomasas susceptibles de ser utilizadas como combustibles. Los más empleados son:

- Pélets, producidos de forma residual
- Astillas, provenientes de industrias de la primera o segunda transformación de la madera o de tratamientos silvícolas o forestales (podas, clareos, etc.).
- Residuos agroindustriales, como cáscara de frutos secos, huesos de aceituna, etc.
- Leña, que puede obtenerse en el mercado o ser producida por el propio usuario.

- Fig. 1: Distintos tipos de Biomasa

A la hora de elegir el tipo de biomasa más apropiada para la instalación debemos considerar las siguientes propiedades y ventajas e inconvenientes:

	PCI		Humedad
	(kJ/kg)	(kWh/kg)	b.h. (%)
Pélets	17.000-19.000	4,7-5,3	<15
Astillas	10.000-16.000	2,8-4,4	<40
Huesos de aceituna	18.000-19.000	5,0-5,3	7-12
Cáscara de frutos secos	16.000-19.000	4,4-5,3	8-15
Leña	14.400-19.000	4,0-5,3	<20

- Tabla 1: Características de los distintos tipos de biomasas
Fuente: Norma UNE/TS 14961 e IDAE.

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

• Tabla 2: Ventajas e inconvenientes de los distintos tipos de biomasas

Las biomasas de pequeña granulometría, como pélets, astillas y huesos de aceituna, se distribuyen en distintos formatos:

- **A granel**: la biomasa se alimenta directamente desde el camión de suministro al depósito de almacenaje, gracias a una cisterna con bomba neumática o a un volquete, con o sin bomba neumática.

- **En bolsas de varios tamaños**: Bolsas pequeñas (15 ó 25 kg) para estufas y calderas pequeñas y bolsas grandes o *big bags* (1 m^3) para sistemas de almacenamiento con silo.

2. SISTEMAS HABITUALES CON BIOMASA

Dentro de una instalación térmica con biomasa podemos diferenciar dos partes fundamentales: el **sistema de almacenamiento y alimentación del combustible** y el **generador de calor**.

2.1. Sistemas de almacenamiento y alimentación.

Los sistemas tradicionales de almacenamiento de combustibles sólidos, sobre todo para estufas de baja potencia, se han basado en la manipulación y transporte de manera manual, llevando el combustible hasta la caldera y depositado éste sobre la parrilla del quemador.

Para las calderas, podía contarse con un sistema automatizado mediante distintas formas de transporte que depositen el combustible en la caldera.

El sistema de almacenamiento deberá diseñarse en función del modo de distribución suministro, espacio disponible, necesidad anual, disposición de la sala de calderas, etc. Éste puede ser de tipo prefabricado o de obra.

Los almacenamientos de tipo prefabricado se utilizan para biocombustibles de pequeña granulometría (por ejemplo, pélets, astillas o huesos de aceituna). Algunos tipos son:

- **Tolva integrada:** sistemas de almacenamiento integrados en la propia caldera o sistema de generación. Suelen aplicarse a pequeñas potencias (hasta 40 kW), con capacidades de hasta 2.400 kg.
- **Tolva exterior:** para capacidades de hasta 3.000 kg. Se sitúan dentro o fuera del edificio, en las proximidades de la sala de calderas. Pueden disponer de llenado y alimentación mediante sistema neumático o tornillo sin fin.
- **Silo flexible:** fabricado en lona o polipropileno que conforma un recinto flexible soportado por una estructura. Puede situarse en el interior como en el exterior del edificio y tiene una capacidad de 2.000-5.000 kg. Pueden disponer de llenado y alimentación mediante sistema neumático o tornillo sin fin.
- **Depósitos subterráneos:** fabricados para este fin, con una resistencia a la corrosión adecuada. Pueden estar fabricados en plástico.

Los almacenamientos de **obra** son salas de nueva construcción o salas existentes adaptadas para su uso como silo de biomasa. En su elección y diseño debe prestarse especial atención a evitar la presencia de humedad, ya que la biomasa aumenta su volumen con ésta y pierde propiedades. Los almacenamientos de obra pueden clasificarse:

- **Con suelo inclinado de dos lados:** en ellos se colocan dos falsos suelos inclinados para que el combustible almacenado se deslice por gravedad hasta el tornillo si fin que transporta el combustible.
- **Con suelo inclinado de un lado:** adecuado para silos cuadrados. Si el ángulo de inclinación es pequeño, puede ser necesaria la incorporación de rascadores para suministrar combustible de manera continua al sistema de alimentación.
- **Con suelo horizontal:** adecuado cuando hay poco espacio disponible. Hace necesaria la inclusión de rascadores giratorios u horizontales.

Para **dimensionar el silo** deberemos seguir el siguiente procedimiento:

$$V_{CD}=C_d/\rho$$
$$V_{CA}=V_{CD} * \textit{Autonomía (días)}$$

Se estima que el combustible ocupa 2/3 del silo debido a los huecos:

$$V_S = \frac{V_{CA}}{\frac{2}{3}}$$
$$A = \frac{V_S}{h}$$

Donde:

V_{CD} es el volumen de combustible diario (m^3/día)
C_d es el consumo diario de combustible (m^3/día)
ρ es la densidad aparente del combustible (kg/m^3)
V_{CA} es el volumen de combustible anual (m^3/año)
V_S es el volumen del silo (m^3)
A es el área del silo

En el caso concreto de los pélets, los huesos de aceituna y las astillas de madera es más factible la indicación de dimensiones orientativas gracias a su mayor grado de estandarización. Para obtener una primera aproximación sobre el volumen del silo necesario para cubrir la demanda de energía térmica para una temporada o una semana. Los datos se reflejan en la siguiente tabla siendo éstos el mínimo exigido por el RITE para almacenamientos de edificios de nueva construcción.

Tipo de biomasa	Densidad aparente (kg/m^3)	Poder calorífico inferior (kJ/kg)	Volumen de combustible (m^3/kW)	Volumen del silo (m^3/kW)			
				Suelo inclinado de 1 ó 2 lados		Suelo horizontal	
				Por temporada	Por semana	Por temporada	Por semana
Pélets de madera o huesos de aceituna	650	18.000	0,30	0,48	0,023	0,40	0,019
Astillas de madera	250	13.000	1,10	1,77	0,084	1,44	0,069

Nota: se considera una temporada de invierno = 1.500 horas.

• Tabla 3: Volumen de almacenamiento necesario por kW de potencia instalada. Fuente: IDAE

Como ratio estimado, para 1 kW de potencia instalada son necesarios alrededor de 200-250 kg de pélets o huesos de aceitunas anuales, que equivalen a unos 900 kWh.

Independientemente del tipo de almacenamiento, los sistemas de carga de estos pueden clasificarse en:

- **Sistema semiautomático:** se basa en la recarga del silo de forma manual (por ejemplo, mediante bolsas).
- **Sistema de descarga directa:** mediante camiones o volquetes que recargan directamente el silo a través de una trampilla.
- **Sistema automático:** emplea dos mangueras flexibles, una de succión y otra de llenado, para la recarga del silo a distancias de hasta 40 m. El sistema crea una pequeña depresión en la manguera de succión mientras la manguera de llenado rellena el silo.

El **sistema de alimentación** desde el silo hasta la caldera puede efectuarse por uno de los sistemas siguientes:

- **Sistema manual:** empleado en sistemas de pequeña potencia, tipo tolva o integrado. Los pélets se introducen por una tolva superior.
- **Tornillo sin fin:** sistema mecánico para conducir el combustible a lo largo de su longitud hasta la propia caldera. Puede ser de tipo flexible o en codo.
- **Sistema neumático:** una bomba succiona el combustible desde el silo y lo bombea hasta la caldera. Permite distancias de hasta 15 m.

• Fig. 2: Tornillo sin fin en codo.

• Fig. 3: Silo flexible con sistema de alimentación neumatico.

Los requisitos indispensables para los sistemas de almacenamiento de biocombustibles sólidos vienen descritos detalladamente en el **Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE-2007)** en la **IT 1.3.4.1.14** en la cual se establecen las condiciones de seguridad y almacenamiento de los biocombustibles sólidos:

1. Las instalaciones alimentadas con biocombustibles sólidos deben incluir un lugar de almacenamiento dentro o fuera del edificio, destinado exclusivamente para este uso.
2. Cuando el almacenamiento esté fuera del edificio podrá construirse en superficie o subterráneo, pudiendo utilizarse también contenedores específicos de biocombustible, debiendo prever un sistema adecuado de transporte.
3. En edificios nuevos la capacidad mínima de almacenamiento del biocombustible será la suficiente para cubrir el consumo de dos semanas.
4. Se debe prever un procedimiento de vaciado del almacenamiento de biocombustible para el caso de que sea necesario, para la realización de trabajos de mantenimiento o reparación o en situaciones de riesgo de incendio.

5. En edificios nuevos el almacenamiento de biocombustible sólido y la sala de máquinas deben situarse en locales distintos y con las aperturas para el transporte desde el almacenamiento a los generadores de calor dotadas con los elementos adecuados para evitar la propagación de incendios de una a otra.
6. En instalaciones térmicas existentes que se reformen, en donde no pueda realizarse una visión en dos locales distintos, el depósito de almacenamiento estará situado a una distancia de la caldera superior a 0,7 m y deberá existir entre el generador de calor y el almacenamiento una pared con resistencia al fuego de acuerdo con la reglamentación vigente de protección contra incendios.
7. Las paredes, suelo y techo del almacenamiento no permitirán filtraciones de humedad, impermeabilizándolas en caso necesario.
8. Las paredes y puertas del almacén deben ser capaces de soportar la presión del biocombustible. Así mismo, la resistencia al fuego de los elementos delimitadores y estructurales del almacenamiento de biocombustible será la que determine la reglamentación de protección contra incendios vigente.
9. No serán permitidas las instalaciones eléctricas dentro del almacén.
10. Cuando se realice un sistema neumático para el transporte de la biomasa, este deberá contar con una toma de tierra.
11. Cuando se utilicen sistemas neumáticos de llenado del almacenamiento debe:
    a. Instalarse en la zona e impacto un sistema de protección de la pared contra la abrasión derivada del golpeteo de los biocombustibles y para evitar su desintegración por impacto;
    b. Diseñarse dos aberturas, una de conexión a la manguera de llenado y otra de salida de aire para evitar sobrepresiones y para permitir la aspiración del polvo impulsado durante la operación de llenado. Podrán utilizarse soluciones distintas a la expuesta de acuerdo con las circunstancias específicas, siempre que sea debidamente justificadas.
12. Cuando se utilicen sistemas de llenado del almacenamiento mediante descarga directa a través de compuertas a nivel de suelo, éstas deben constar de los elementos necesarios de seguridad para evitar caídas dentro del almacenamiento.

2.2. Generadores de calor.

En general, los generadores de calor con biomasa se pueden clasificar en:

- **Estufa:** aparato que produce y emite calor destinado a calentar de forma directa un local. Las estufas se dividen:
    - Hogares abiertos
    - Hogares cerrados
    - Estufas de madera
    - Estufas de pellet
- **Caldera:** Elemento donde se produce un intercambio de calor producido a un fluido calo portador (generalmente agua). Las calderas a su vez se pueden clasificar en:
    - Calderas de leña de calefacción central
    - Calderas de pellets centralizadas
    - Calderas de astillas
    - Calderas mixtas

a) Hogares abiertos

Los hogares abiertos son conocidos habitualmente como “chimeneas”.

Son los sistemas menos eficientes para aprovechar el calor:

- 20% del calor se aprovecha por radiación.
- 80% del calor se pierde por la chimenea.

Solo se utilizan por motivos estéticos.

b) Estufas de madera

Se denominan a los generadores de calor que tienen el hogar tras una puerta de cristal refractario. Se venden como cassettes con cámara de aire, cenicero y recuperador de calor. Su rango de potencia es de 5-10 kW y los rendimientos son inferiores al 40%.

Al controlarse la entrada de aire de combustión se produce una mayor temperatura en el hogar.

En algunos casos tienen sistemas de convección del aire caliente.

c) Estufas de madera

Estas estufas cuentan con un ventilador para regular su potencia térmica entre 2 y 15 kW. Emiten la mayor parte de calor por radiación.

d) Estufas de pélets

Similares a las anteriores en instalación, funcionamiento y conexión a la chimenea.

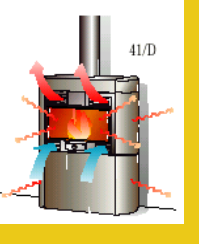
Técnicamente distintas por su sistema automático de alimentación de combustible (tolva). Su autonomía es de hasta 2 días y la rango de potencias es hasta 11 kW. Pueden regularse electrónicamente hasta el 30% de su potencia máxima sin aumento de emisiones.

La retirada de ceniza es **semiautomática.**

El quemador debe verificarse diariamente, eliminando cenizas y escorias. Cada 1500 kg de combustible revisar todas las partes mecánicas.

• Fig. 4: Hogar abierto.

• Fig. 5: Hogar cerrado.



• Fig. 6: Estufa madera.

Fig. 7: Estufa de pélets.

Problemas	Soluciones
El quemador no está bien encajado	• Comprobar y limpiar el asiento del quemador
Muy alto nivel de cenizas	• Limpiar el quemador y el cenicero. • Comprobar la calidad de los pellets.
La ventana no se limpia sola	• Comprobar y limpiar el lavador de aire
Los pellets no se cargan	• El tornillo esta todavía vacío, operar a max. Capacidad del tornillo. • El sinfín está atascado, limpiar tolva y tornillo con un aspirador. • El motor del sin fin no actúa, posible avería del motor.

• Tabla 3. Soluciones para problemas en una estufa de pélets

e) Calderas de leña de calefacción central

Calderas que pueden cubrir las necesidades de calefacción de un edificio. Queman troncos de 25 a 100cm.

El fuego de baja temperatura produce una **primera combustión** liberando gases inflamables.

En la **segunda combustión** estos gases se queman en una cámara cerámica.

Los gases calientes pasan después por los intercambiadores y bajan su temperatura a 200ºC antes de salir por la chimenea.

El rango de potencia térmica de este tipo de calderas es de 5-150 kW y podemos llegar a rendimientos de hasta 90% (las modernas incluso más).

• Fig. 9: Caldera de leña de calefacción central.

f) Calderas de pélets centralizadas

Este tipo de generadores de calor se utilizan para calefacción central de edificios.

Existen distintos tipos los cuales se diferencian por su forma de alimentar al quemador:

- Carga por el fondo
- Carga lateral
- Carga superior

En las calderas con **carga por el fondo** el sistema de control fuera de la caldera y el quemador dentro de la caldera

En las calderas **con carga lateral o retorta** los pellets se cargan desde el lateral a un recipiente de acero o de ladrillo refractario y el aire primario por debajo de los pellets.

Éstas tienen una rápida velocidad de respuesta a cambios de control.

El inconveniente que podemos encontrar es que producen más cenizas y riesgo de incendio por contacto directo pellets–fuego.

En las calderas **con carga superior** los pellets caen por gravedad.

• Fig. 10: Carga por el fondo, lateral y superior de las calderas de pélets centralizadas

El fuego se produce con aire primario y secundario en el quemador, lo que provoca una combustión completa de gases y pélets. Las cenizas producidas caen por gravedad al cenicero.
En este sistema no hay apenas riesgo de incendio

El rango de potencia térmica de las calderas de pélets centralizadas es de 5 – 50 kW y rendimientos de hasta 90-95%.

Dentro de los generadores de calor de pélets centralizados encontramos las **calderas de condensación.** Éstas son calderas de alto rendimiento (110% PCI), basado en el aprovechamiento del vapor de agua que se produce en los gases de combustión y lo devuelve en estado líquido.

Esta recuperación de la energía reduce considerablemente la temperatura de los gases de combustión de 150 hasta los 65°C limitando así las emisiones de gases contaminantes.

El nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, aprobado desde el pasado 1 de marzo de 2008 fomenta la instalación de estas calderas eficientes.

g) Calderas de astillas

Este tipo de calderas son automáticas como las de pellets y de funcionamiento parecido, pero son más robustas y grandes. Se adaptan a la carga (100- 30%) por dispositivos electrónicos que actúan sobre la ignición y su limpieza completamente automática.

El rango de potencias va desde 35 kW hasta varios MW.

Por lo general este tipo de calderas no son rentables para uso domestico (baja demanda) debido a los costes de la caldera y las necesidades de almacenamiento de las astillas.

• Fig. 11: Caldera de astillas.

Hasta 100 kW tienen requisitos para salida de gases y aporte de aire similar a las de leña.

Si la potencia está ajustada a la demanda, la caldera quema de forma continua y regula su potencia con ventiladores de tiro inducido.

h) Calderas mixtas

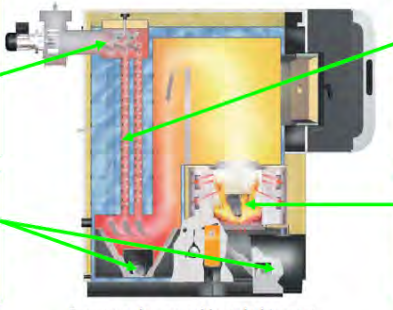
Pueden utilizar distintos tipos de combustible: astilla, leña o serrín.

Son similares a las calderas de leña pero con la alimentación adaptada. Muy adecuadas en zonas donde se generan residuos de madera con cantidad suficiente como para ser utilizados como combustible.

• Fig. 12: Caldera mixta.

3. DESPIECE DE CALDERAS DE BIOMASA

Este sería el esquema de una caldera de biomasa:

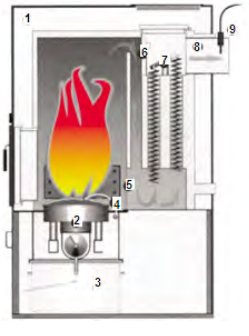


Esquema de una caldera de biomasa

Atendiendo al **quemador** podemos diferenciar dos grupos significativos:

- Calderas con quemador integrado (compactas)
- Calderas con un cuerpo estándar que se combina con diferentes tipos de quemadores (caso de calderas de gasoil que se transforman en calderas de biomasa), entre las que se distinguen principalmente:
    - Alimentación superior.
    - Alimentación inferior.
    - Alimentación horizontal.
    - Parrillas fijas.
    - Parrillas móviles.

Las calderas compactas de biomasa se han diseñado específicamente para su uso en calefacción doméstica, en viviendas unifamiliares o edificaciones. Incluyen sistemas de encendido y limpieza automáticos, que facilitan el manejo del usuario. Normalmente estos equipos son de potencia de baja a media (hasta 150 KW). En la figura 13 se muestra el esquema general de estos equipos.

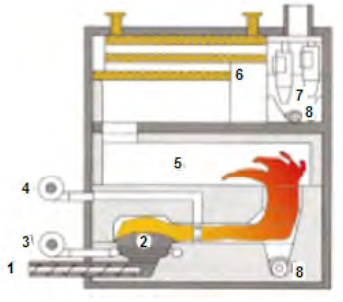


• Fig. 13. Esquema de equipo compacto.

1. Caldera. 2. Alimentador inferior. 3. Cenicero. 4. Protección contra desbordamiento. 5. Limpieza de partículas. 6. Intercambiador de calor. 7. Rascadores. 8. Chimenea. 9. Sonda.

En el caso de disponer de un cuerpo de caldera más quemador, se puede diferenciar cuatro tipos:

Alimentación inferior (de crisol o afloración): Estas calderas disponen de un sistema de alimentación por afloramiento en la zona inferior. Un tornillo sinfín transporta la biomasa a través de un conducto hasta el quemador, y la empuja al plato de combustión, como se puede observar en la figura 14.



• Fig. 14. Caldera con alimentación inferior

1.Tornillo de alimentación. 2. Biomasa. 3. Aire primario. 4. Aire secundario. 5. Hogar. 6. Intercambiador. 7. Ciclón. 8. Cenicero.

Presentan buen rendimiento con biomasas de alta calidad, es decir, poco húmedas y con bajo contenido de cenizas, como pueden ser las astillas secas, los pélets y algunos residuos agroindustriales. La combustión es lenta, estable y controlada, pues la velocidad de entrada del aire primario es pequeña (entra junto con el combustible) y la alimentación de combustible está controlada.

Alimentación superior: Como se ve en la figura 15, los pélets caen al lecho de la combustión mediante un conducto. Se consigue de este modo separar las zonas de almacenamiento de las de combustión. Sin embargo, la caída del combustible sobre el lecho de la combustión genera una combustión inestable y ocasiona una mayor liberación de polvo e inquemados que en otros tipos de alimentación.

• Fig. 15. Alimentación superior

Alimentación horizontal: son muy similares a los sistemas de alimentación inferior, con la única variación del lecho de combustión. En este caso, la llama del quemador puede dirigirse horizontalmente o hacia arriba como se muestra en la figura 16.

• Fig. 16. Alimentación horizontal.

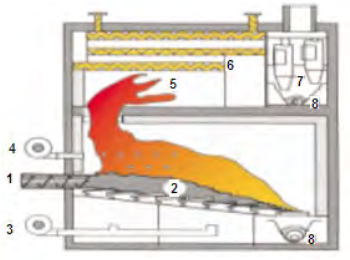
De parrillas fijas: las calderas con sistemas de combustión en cascada disponen de varias etapas sucesivas para la combustión de la biomasa, y tienen una parrilla de configuración similar a una escalera, que favorece la eficiencia y la reducción de los inquemados, como muestra la figura 17. Este sistema en calderas de tamaño medio, con combustibles de calidad media y alta, como pueden ser los residuos de almazara o los pélets.

Los pélets o biocombustible se introducen mediante un sistema de alimentación automático en la parrilla superior. Desde aquí descienden a las parrillas inferiores por gravedad. La distribución del combustible no está tan controlada como en los sistemas de parrillas móviles (en calderas de mayor potencia), ocasionando una compleja optimización del rendimiento del combustible y de la emisión de inquemados.

En cambio, se aprecia un menor deterioro y un sencillo mantenimiento pues cuentan con menor número de piezas móviles.

• Fig. 17. Alimentación de parrillas fijas

De parrilla móvil: Este sistema se aplica en calderas de mayor tamaño, que permiten utilizar biomasa de calidad inferior y composición variable, con mayor contenido en humedad y cenizas. Este diseño se utiliza generalmente en calderas con una potencia superior a 500 KW, que normalmente utilizan como combustible astillas, corte, residuos agrícolas e, incluso, mezclas de composición variables. En la Figura 18 se observa el esquema básico de este tipo de generadores.



• Fig. 18. Caldera con parrilla móvil.

1.Tornillo de alimentación. 2. Parrilla. 3. Aire primario. 4. Aire secundario. 5. Intercambiador. 6. Tubos de intercambio. 7. Ciclón. 8. Cenicero.

El problema más típico que se puede producir en el quemador es la acumulación de combustible, que se encuentra habitualmente a medio quemar.

Esto puede ser debido a las siguientes causas:

- Acumulación de cenizas que no se han evacuado correctamente.
- Bloqueos en la entrada de aire por suciedad.
- Fallos de encendido, típicamente producidos por suciedad.
- Destrucción de la cámara de combustión:
    - o Metálica: Por cristalización u oxidación.
    - o Cerámica: Se deshace o se rompe.
- Por problemas mecánicos o eléctricos en los actuadores.

El **intercambiador** está formado por un conjunto de tubos verticales. Su función es la transferencia de calor entre los humos y el agua. El rendimiento en esta transferencia de calor puede ser debido al aumento de suciedad.

Si el intercambiador es horizontal la limpieza se realiza a mano. Por el contrario, si éste es vertical, casi todas las calderas tienen sistemas automáticos de limpieza mediante sistemas de turbuladores integrados.

La ceniza se recoge junto al quemador.

• Fig. 19. Limpieza automática del intercambiador de calor.

El sistema de regulación es una placa base que regula las entradas y salidas del sistema. Éste controla la temperatura del depósito de ACS y del depósito de inercia.

Algunas calderas incluyen **sonda Lambda.** Ésta supervisa de forma permanente los valores de gases y reacciona a las distintas calidades de combustible controlando la impulsión de aire primario y secundario para controlar una combustión más limpia, incluso un funcionamiento a carga parcial.

Existen distintas posibilidades de automatización en una caldera de biomasa:

- Alimentación automática.
- Encendido automático: resistencia eléctrica o una corriente de aire caliente.
- Limpieza automática del intercambiador de calor.
- Extracción automática de cenizas.
- Módulo de telegestión: para controlar su funcionamiento de manera remota.

3.1. Sistemas de seguridad:

Las calderas de biomasa por su naturaleza, deben disponer de algún sistema de seguridad específico para ellas, recogido en la siguiente tabla:

Elemento	Función
Interruptor de flujo	Detener la circulación del fluido en el interior de la caldera
Dispositivo de interrupción de funcionamiento del sistema de combustión	Interrumpir la combustión en el caso de alcanzarse temperaturas superiores a las de diseño a de existir retroceso de los productos e la combustión o de llama.
Dispositivo contra el retroceso de llama	Evitar el retroceso de la llama de la caldera hacia el silo de almacenamiento de la biomasa
Sistema de eliminación del calor residual	Eliminar el calor adicional producido por la biomasa ya introducida en la caldera cuando se interrumpe la combustión
Una válvula de seguridad	Desviar el agua a sumidero en el caso de sobrepasarse en más de 1 bar la presión de trabajo del agua

• Tabla 4: Dispositivos de seguridad de la caldera. Fuente: RITE

En cuanto a los **dispositivos contra el retroceso de llama** de la caldera hacia el silo de almacenamiento de la biomasa, existen varios sistemas entre los que destacan:

- Compuerta de cierre estanca contra el retroceso de la combustión, que interrumpe la entrada de combustible a la caldera.
- Rociador de extinción de emergencia, que tenga la capacidad para inundar el tubo de transporte del combustible en el caso de que se produzca el retroceso de llama. Se recomienda que este sistema aporte un caudal mínimo de 15 l/h de agua. Este sistema sólo se instala en calderas con grandes potencias.
- Sistemas que garanticen la depresión en la zona de combustión

En cuanto a los sistemas de **eliminación del calor residual**, las instalaciones de biomasa tienen mayor inercia que las de gas o gasóleo a seguir generando calor cuando tenga lugar un corte eléctrico. Esto se debe a que la biomasa introducida en la caldera continuará quemándose y por lo tanto, se sigue produciendo calor con una inercia considerable, difícilmente controlable a corto plazo. Por consiguiente, las calderas de biomasa pueden encontrarse en condiciones especialmente críticas; estas condiciones son básicamente dos:

1. Interrupción del suministro eléctrico.
2. Avería de la bomba de circulación de la caldera.

En esas circunstancias, se produce un bloqueo casi total de la circulación del agua en la caldera y se interrumpe la aportación del calor producido por la combustión de la biomasa. Por consiguiente, la temperatura del agua puede subir hasta alcanzar y superar los 100° C. Con temperaturas más altas a la de ebullición, la producción de vapor provoca un fuerte aumento de la presión del sistema. A falta de dispositivos de seguridad adecuados se puede llegar rápidamente a una situación de peligro.

El sistema de eliminación del calor residual debe garantizar la liberación de este calor adicional producido en la caldera cuando se interrumpe el funcionamiento del sistema de combustión. Para la evacuación del calor residual, en una caldera cargada de combustible, la solución es instalar un sistema de acumulación en el tubo de equilibrio del colector (agua o material de cambio de fase).

Hay varias alternativas para la eliminación de este calor:

- Un recipiente de expansión abierto que pueda liberar el vapor si la temperatura del agua alcanza los 100ºC dentro de la caldera.
- Un intercambiador de calor de seguridad en la caldera, refrigerado por una corriente de agua cuando la temperatura en el interior de la caldera aumente demasiado.
- Un depósito de acumulación o de inercia, siempre y cuando la circulación natural tenga capacidad de enfriar la caldera.

Las bombas que impulsan el agua de calefacción por el orificio no deben estar controladas mediante sistemas electrónicos incluidos en la caldera, de modo que puedan seguir funcionando hasta que se haya eliminado el calor residual en el caso de un corte eléctrico en la caldera.

3.2. Sistemas de retirada de cenizas:

En el caso de disponer la caldera de extracción de cenizas automático, después de la eliminación continua del plato del quemador, la ceniza es transportada de modo totalmente automático por un tornillo sinfín desde la cámara de combustión a una caja de cenizas. Algunos de estos contenedores están equipados con ruedas y un asa extensible para facilitar su transporte. En los sistemas pequeños, la extracción de cenizas es manual.

Estos sistemas pueden tener problemas debido al bloqueo de objetos extraños o bloques cristalizados que pueden obstruir el tornillo sinfín. También pueden ser debidos a problemas mecánicos en moto reductores o que el contenedor de recogida de cenizas se encuentre lleno.

3.3. Solidificación de cenizas:

Son elementos sólidos, normalmente cristalizados por la temperatura, que se incrustan en los quemadores de biomasa. A veces para quitarlos hace falta martillo y escarpa.

Dependiendo del tipo y origen de la biomasa es frecuente que tenga ciertas cantidades de elementos minerales, típicamente arena o tierra. Éstos en el quemador se funden y vitrifican, quedando pegados.

Para evitar la solidificación de cenizas se debe ser cuidadoso en todo el proceso de recolección de biomasa para mantenerla limpia. También se recomienda elegir quemadores que eviten o minimicen este problema con su diseño y sistema de limpieza.

4. CHIMENEAS

Entendemos por **conductos de humos** aquellos por cuyo interior circulan los productos de la combustión, siendo su forma, dimensiones y materiales, los adecuados para el contacto con los gases. Por **chimenea** entendemos el conjunto formado por los conductos de humos, envolvente de los mismos, aislantes, estructura y accesorios.

La fuerza que hace posible la evacuación del caudal de humos, venciendo la resistencia que ofrece el conducto, es el **tiro**, que es la fuerza ascensional causada por la diferencia de densidades debida a la diferencia de temperatura de los humos entre la base de la chimenea y la boca de la misma. El tiro en chimenea es directamente proporcional a esta diferencia de temperaturas y a la altura de la chimenea, por tanto cuanto más calientes estén los humos y más altura tenga la chimenea, mayor tiro existirá.

Esta depresión que crea la chimenea en su base, sin fuerzas añadidas exteriores, es conocida como **tiro natural**, en contraposición al **tiro forzado**, en donde los humos son desplazados gracias a la fuerza de impulsión generado por un ventilador.

El tiro disponible en la chimenea debe ser el necesario para expulsar los gases de combustión producidos en la caldera, venciendo la pérdida de carga del circuito de humos. Para valorar este circuito de humos deberemos tener en cuenta el tipo de caldera instalada, distinguiendo entre calderas en depresión y calderas en sobrepresión.

Las emisiones atmosféricas 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 única diferencia con una chimenea de un sistema de combustible líquido o gaseoso es el diámetro necesario. En el caso de biomasa hay que prever un volumen de gases ligeramente superior, debido a que la humedad que contiene la biomasa se evapora en la caldera y da lugar a vapor de agua que sale mezclando con los productos de combustión, aumentando así el volumen de los gases.

La evacuación de los productos de la combustión en las instalaciones térmicas se debe realizar por la cubierta del edificio de acuerdo a los siguientes casos y con las siguientes normas generales:

a) Los edificios de viviendas de nuevas construcción en los que no se prevea una instalación térmica central ni individual, dispondrán de una preinstalación para la evacuación individualizada de los productos de combustión, mediante un conducto conforme con la normativa europea, que desemboque por cubierta y que permita conectar en su caso calderas de cámara de combustión estanca tipo C (norma UNE-CEN/TR 1749 IN).

b) En los edificios de nueva construcción en los que se prevea una instalación térmica, la evacuación de los productos de combustión del generador se realizará por un conducto por la cubierta del edificio, en el caso de instalación centralizada, o mediante un conducto igual al previsto en el apartado anterior, en el caso de instalación individualizada.

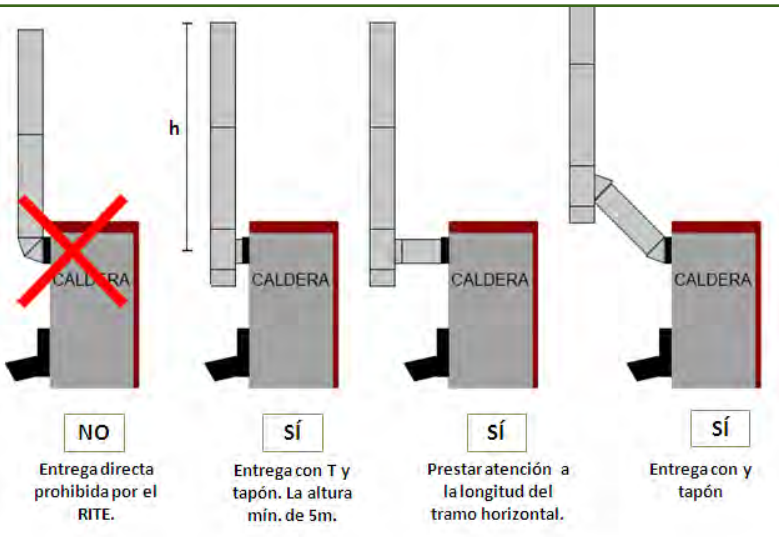
c) En las instalaciones térmicas que se reformen cambiándose sus generadores y que ya dispongan de un conducto de evacuación a cubierta, éste será el empleado para la evacuación, siempre que sea adecuado al nuevo generador objeto de la reforma y de conformidad con las condiciones establecidas en el reglamento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

d) En las instalaciones térmicas exigentes que se reformen cambiándose sus generadores que no dispongan de conducto de evacuación a cubierta o éste no sea el adecuado al nuevo generador objeto de la reforma, la evacuación se realizará por la cubierta del edificio mediante un nuevo conducto adecuado.

Además habrá que cumplirse las siguientes exigencias:

- Quede prohibida la unificación del uso de los conductos de evacuación de los productos de combustión con otras instalaciones de evacuación.
- Las calderas de potencia térmica nominal mayor de 400 kW, que tengan la misma configuración para la evacuación de los productos de la combustión, podrán tener el conducto de evacuación común a varias de ellas, siempre y cuando la suma de la potencia sea igual o menor a 400 kW. De estar instaladas en cascada, el ramal auxiliar, antes de su conexión al conducto común, tendrá un tramo vertical ascendente de altura igual o mayor que 0,2 m.
- En ningún caso se podrán conectar a un mismo conducto de humos calderas que empleen combustibles diferentes.
- Es válido el dimensionamiento de las chimeneas de acuerdo a lo indicado en las normas UNE-EN 13384-1, UNE-EN 13384-2 o UNE 1233001, según el caso.
- En el dimensionamiento se analizará el comportamiento de la chimenea en las diferentes condiciones de carga; además, si la caldera funciona a lo largo de todo el año, se comprobará su funcionamiento en las condiciones extremas de invierno y verano.
- El tramo horizontal del sistema de evacuación, con pendiente hacia la caldera, será lo más corto posible.
- Se dispondrá de un registro en la parte inferior del conducto de evacuación que permita la eliminación de residuos sólidos y líquidos.
- La chimenea será de material resistente a la acción agresiva de los productos de la combustión y a la temperatura, con la estanquidad adecuada al tipo de generador empleado. En el caso de chimeneas metálicas la designación según la Norma UNE-EN 1856-1 o UNE-EN 1856-2 de la chimenea elegida en cada caso y para cada aplicación será de acuerdo a lo establecido en la Norma UNE 123001.
- Para la evacuación de los productos de la combustión de calderas que incorporan extractor, la sección de la chimenea, su material y longitud serán los certificados por el fabricante de la caldera. El sistema de evacuación de estas calderas tendrá el certificado CE conjuntamente con la caldera y podrá ser de pared simple, siempre que quede fuera del alcance de las personas, y podrá estar construido con tubos de materiales plásticos, rígidos o flexibles, que sean resistentes a la temperatura de los productos de combustión y a la acción agresiva del condensado. Se cuidarán con particular esmero las juntas de estanquidad del sistema, por quedar en sobrepresión con respecto al ambiente.
- En ningún caso el diseño de la terminación de la chimenea obstaculizará la libre difusión en la atmósfera de los productos de la combustión.

En la IT 1.3.4.1.3.2 en el apartado 8) dice “Se dispondrá un registro en la parte inferior del conducto de evacuación que permita la eliminación de residuos sólidos y líquidos”.



• Fig. 20. Consejos básicos sobre chimeneas.

En caso de grandes longitudes de chimenea (más de 7 metros) se recomienda instalar reguladores de tiro que minimicen las variaciones de depresión producidas por las variaciones de temperaturas en la chimenea. Se recomienda también utilizar chimeneas de doble pared para evitar condensaciones.

5. ESQUEMAS HIDRAÚLICOS

En este capítulo se tienen recopilados esquemas tipo de calefacción y ACS describiendo su principio de funcionamiento, así como los requisitos funcionales de los componentes incluidos.

5.1. Instalación de calefacción y producción de ACS con control de la temperatura de retorno:

Cuando en la instalación se tiene un circuito con radiadores de fundición y con tubos de gran tamaño con mucho volumen de agua y con generación de ACS sería recomendable incorporar una válvula mezcladora de tres vías.

La válvula mezcladora sirve para evitar que la temperatura de retorno de la caldera sea inferior a 55ºC, evitando así problemas de corrosión por condensación de agua y ácidos en el interior de la caldera y acumulación de suciedad. **Este tipo de esquema es el recomendable en el mayor número de instalaciones con biomasa**. (Ver esquema en ANEXO I: 1. Instalación de calefacción y producción de ACS con control de la temperatura de retorno)

5.2. Instalación de calefacción con suelo radiante:

Este tipo de instalación cuanta con caldera únicamente para suelo radiante, sin ACS ni radiadores. Como se puede apreciar en este tipo de circuitos también se cuanta con una válvula mezcladora de tres vías, para controlar la temperatura de impulsión y la temperatura de retorno, y con un depósito de inercia. (Ver esquema en ANEXO I: 2. Instalación de calefacción con suelo radiante).

5.3. Instalación de suelo radiante y ACS:

En este tipo instalación se tiene una caldera para suelo radiante y ACS sin radiadores. También se cuenta con una válvula mezcladora de tres vías para el control de la temperatura de impulsión y de retorno de la instalación, y con un depósito de inercia. (Ver esquema en ANEXO I: 3. Instalación de suelo radiante y producción de ACS).

5.4. Otro tipo de instalaciones:

Existen numerosas configuraciones de instalaciones con caldera o calderas de biomasa en función de la demanda térmica que se quiera, del espacio disponible o el tipo de uso del edificio. Las más importantes pueden ser:

- **Caldera doble:** este tipo de instalación es adecuado para sumar potencia de dos calderas. Contaremos con un colector de ida y de retorno y así podremos tener en funcionamiento una o dos calderas según la demanda. Con esto optimizaremos el funcionamiento de ambas ya que éstas estarán a plena carga. Este tipo de instalación es recomendable para instalaciones que requieran de gran potencia en momentos determinados y que tengan un funcionamiento no homogéneo a lo largo del año. Se puede disponer de más de dos calderas. (ver esquema ANEXO I: 4. Instalación con doble caldera).
- **Caldera de biomasa en paralelo con una de gas/gasóleo:** el funcionamiento es similar al anterior. Este tipo de instalaciones se recomienda cuando se tenga una caldera de gas o gasóleo y se quiera sustituir por una de biomasa. Lo conveniente sería dejar la antigua caldera como apoyo a la nueva caldera en momentos punta. Así la potencia de la caldera de biomasa necesaria sería menor y por consiguiente, los costes de compra serían menores.
- **Caldera de biomasa para piscina:** En este tipo de instalaciones se contaría también con una válvula mezcladora de tres vías para controlar la temperatura de retorno de la instalación y con un intercambiador. En serie con el termostato de agua que accione la caldera habrá un contacto auxiliar en el contactor de la bomba de la piscina para que sólo funcione la caldera si la bomba funciona.

6. INSTALACIONES HÍBRIDAS SOLAR-BIOMASA.

Las calderas de biomasa pueden combinarse con instalaciones de energía solar térmica para producción de ACS y/o calefacción. Este tipo de instalaciones presenta una serie de ventajas:

- El sistema solar permite parar la instalación de biomasa en verano, reduciendo tiempos de funcionamiento del equipo.
- El acumulador solar puede utilizarse para equilibrar variaciones de carga de la caldera de biomasa en invierno.
- El sistema solar puede aportar energía tanto para ACS como calefacción, calentamiento de piscinas y climatización.

La instalación cuenta un sistema de energía solar térmica con caldera de biomasa para el servicio de calefacción. El sistema solar precalienta el agua de retorno procedente de la instalación. Una vez precalentada, el agua es enviada a un depósito de inercia, donde su temperatura es elevada hasta la necesaria para la instalación, mediante caldera de biomasa. La válvula de tres vías actúa en función de la temperatura del depósito salar; si este es superior a la consigna, se envía el agua de retorno directamente al depósito de inercia. (Ver esquema en ANEXO I: 5. Instalación combinada solar-biomasa para calefacción)

La instalación de la figura 6 DEL ANEXO I reproduce básicamente el mismo esquema anterior, con la salvedad de que la salida del depósito de inercia derivan dos circuitos, uno de calefacción y otro de ACS con un sistema de intercambio incorporado. El circuito secundario de ACS (de consumo) puede incorporar un acumulador con resistencia, una caldera mixta, etc. (Ver esquema en ANEXO I: 6. Instalación combinada solar-biomasa para calefacción y ACS)

7. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

7.1. Planificación del suministro:

Suministro de biomasa.

Cuando el silo es suficiente para toda la temporada se recomienda que la compra del combustible se realice generalmente en verano por mejor precio y condiciones de humedad.

Cuando el silo se carga varias veces por temporada éste deberá suplir como mínimo las necesidades de calefacción y ACS de dos semanas a plena carga (Obligación de la **I.T. 1.3.4.1.1.4 Almacenamiento de biocombustibles sólidos (RITE)**)

Para ello se calculará la autonomía y se avisará con suficiente antelación al suministrador.

Se realizaran de todas formas inspecciones visuales semanales.

Suministro de electricidad.

Con respecto a la distribución de electricidad a la instalación, hay que asegurar que la potencia contratada sea la adecuada al incremento debido a motores de la instalación.

Los motores eléctricos pueden ser monofásicos o trifásicos. En el caso de tener suministro monofásico monofásico, existen equipos que la transforman en trifásica y viceversa.

7.2. Puesta en marcha de la instalación:

La IT.2 tiene por objeto establecer el procedimiento a seguir para efectuar las pruebas de puesta en servicio de una instalación térmica.

Equipos

Se tomará nota de los datos de funcionamiento de los equipos y aparatos, que pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación. Se registrarán los datos nominales de funcionamiento que figuren en el proyecto o memoria técnica y los datos reales de funcionamiento.

Pruebas de estanqueidad de redes de tuberías de agua.

- Preparación y limpieza de redes de tuberías

  Todas las redes de circulación de fluidos portadores deben ser probadas hidrostáticamente, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o material aislante.

  Antes de realizar las pruebas de estanqueidad y de efectuar el llenado definitivo, las redes de tuberías de agua deben ser limpiadas internamente para eliminar los residuos procedentes del montaje.

  Las pruebas de estanqueidad requerirán el cierre de los terminales abiertos. Deberá comprobarse que los aparatos y accesorios que queden incluidos en la sección de la red que se pretende probar puedan soportar la presión a la que se va a someter. De no ser así, tales aparatos y accesorios deben quedar excluidos, cerrando válvulas y sustituyéndolos por tapones.

Para ello, una vez completada la instalación, la limpieza podrá efectuarse llenándola y vaciándola el número de veces que sea necesario, con agua o con una solución acuosa de un producto detergente, con dispersantes compatibles con los materiales empleados en el circuito, cuya concentración será establecida por el fabricante.

El uso de productos detergentes no estará permitido para redes de tuberías destinadas a la distribución de agua para usos sanitarios.

Tras el llenado, se pondrán en funcionamiento las bombas y se dejará circular el agua durante el tiempo que indique el fabricante del compuesto dispersante. Posteriormente, se vaciará totalmente la red y se enjuagará con agua procedente de agua procedente del dispositivo de alimentación.
En el caso de redes cerradas, destinadas a la circulación de fluidos con temperatura de funcionamiento menor que 100ºC, se medirá el pH del agua del circuito. Si el pH resultara menor de 7,5 se repetirá la operación de limpieza y enjuague tantas veces como sea necesario. A continuación se pondrá en funcionamiento la instalación con sus aparatos de tratamiento.

- Prueba preliminar de estanqueidad

  Esta prueba se efectuará a baja presión, para detectar fallos de la red y evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica; se empleará el mismo fluido transportado o, generalmente, agua a presión de llenado.

  La prueba preliminar tendrá una duración suficiente para verificar la estanqueidad de todas las uniones.

- Prueba de resistencia mecánica

  Esta prueba se realizará a continuación de la prueba preliminar: una vez llenada la red con el fluido de prueba se someterá a las uniones un esfuerzo por la aplicación de la presión de prueba. En el caso de circuitos cerrados de agua caliente hasta una temperatura máxima de servicio de 100ºC, la presión de prueba será equivalente a una vez y media la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un máximo de 6 bar, para circuitos de agua caliente sanitaria, la presión de prueba será la equivalente a dos veces la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 6 bar.

  Para circuitos primarios de las instalaciones de energía solar, la presión de la prueba será la de una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 3 bar, comprobándose el funcionamiento de las líneas de seguridad.

  Los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones quedarán excluidos de la prueba.

  La prueba hidráulica de resistencia mecánica tendrá la duración suficiente para verificar visualmente la resistencia estructural de los equipos y tuberías sometidos a la misma.

- Reparación de fugas

  La reparación de fugas detectadas se realizará desmontando la junta, accesorio o selección donde haya originado la fuga y sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo.

Una vez reparadas las anomalías, se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El procedimiento se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta que la red sea estanca.

Pruebas de libre dilatación.

Una vez que las pruebas anteriores de las redes de tuberías hayan resultado satisfactorias y se haya comprobado hidrostáticamente el ajuste de los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con generadores de calor se llevarán hasta la temperatura de tarado de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática. En el caso de instalaciones con captadores solares se llevará a la temperatura de estancamiento.

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

Pruebas de recepción de redes de conductos de aire.

La limpieza del interior de las redes de conductos de aire se efectuará una vez se haya completado el montaje de la red y de la unidad de tratamiento de aire, pero antes de conectar las unidades terminales y de montar los elementos de acabado.

En la redes de conductos se cumplirá con las condiciones que precise la norma UNE 100012.

Antes de que la red de conductos se haga inaccesible por la instalación de aislamiento térmico o el cierre de las obras de albañilería o falsos techos, se realizarán pruebas de resistencia mecánica y de estanqueidad para establecer si se ajustan al servicio requerido, de acuerdo con lo establecido en el proyecto o memoria técnica.

Para la realización de las pruebas de las aberturas de los conductos, donde irán conectados los elementos de difusión de aire o las unidades terminales, deben cerrarse rígidamente y quedar perfectamente selladas.

Las redes de conducto deben someterse a pruebas de resistencia estructural y estanqueidad.

El caudal de fuga admitido se ajustará a lo indicado en el proyecto o memoria técnica de acuerdo con la clase de estanqueidad elegida.

Pruebas de estanqueidad en chimeneas

La estanqueidad de los conductos de evacuación de humos se ensayará según las instrucciones de su fabricante.

Pruebas finales

Se consideran válidas las pruebas finales que se realicen siguiendo las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599.

Con respecto a la eficiencia energética, la empresa instaladora realizará y documentará la comprobación del funcionamiento de la instalación en las condiciones de régimen (I.T.2.4).

Se comprobará:

- La eficiencia energética de los equipos de generación de calor y frío en las condiciones de trabajo. El rendimiento del generador de calor no debe ser inferior en más de 5 unidades del límite inferior del rango marcado para la categoría indicada en el etiquetado energético del equipo de acuerdo con la normativa vigente.
- Los intercambiadores de calor, climatizadores y demás equipos en los que se efectúe una transferencia térmica.
- La eficiencia y aportación energética de la producción de los sistemas de generación de energía de origen renovable.
- El funcionamiento de los elementos de regulación y control.
- Las temperaturas y los saltos térmicos de todos los circuitos de generación, distribución y las unidades terminales en las condiciones de régimen.
- Que los consumos energéticos se hallan dentro de los márgenes previstos en el proyecto o memoria técnica.
- El funcionamiento y el consumo de los motores eléctricos en las condiciones reales de trabajo.
- Las pérdidas térmicas de distribución de la instalación hidráulica.

7.3. Control de funcionamiento:

Según la IT 3.7, el programa de funcionamiento será adecuado a las características técnicas de la instalación concreta con el fin de dar el servicio demandado con el mínimo consumo energético.

En el caso de instalaciones de potencia térmica nominal mayor de 70 kW comprenderá los siguientes aspectos:

- Horario y puesta en marcha y parada de la instalación.
- Orden de puesta en marcha y parada de los equipos.
- Programa de modificación del régimen de funcionamiento.
- Programa de paradas intermedias del conjunto o parte de equipos.
- Programa y régimen especial para los fines de semana y para condiciones especiales de uso del edificio o de condiciones exteriores excepcionales.

Actualmente, existen varios tipos y unidades de control de los parámetros de la caldera. El control adapta la potencia de la caldera automáticamente y de forma continua desde el estado de disponibilidad hasta el de plena carga en función del calor necesario. El concepto de regulación garantiza unas condiciones óptimas de combustión, pocas emisiones y la máxima rentabilidad.

Además de la regulación de la combustión, existe la posibilidad de que la caldera cuente con un sistema de regulación de la gestión del calor, tanto para casas unifamiliares como para redes de calefacción.

Una caldera puede contar con las plataformas de regulación que a continuación se detallan:

- Placa base: contiene todas las salidas/entradas de la regulación de la caldera, incluidos los sensores y conexiones para cableado externo. La placa base contiene también el control para un depósito de ACS y un depósito de inercia con dos sensores de temperatura.
- Mando de control de la caldera: utilizado para manejar y regular la caldera, así como para la gestión del calor. Además, existe la posibilidad de que la unidad de control pueda utilizarse para la visualización de datos, como termómetro interior, mando a distancia…
- Unidad analógica de control remoto: normalmente se utiliza para manejar con sencillez un circuito de calor, con sensor de temperatura ambiente.
- Unidad de control remoto digital: en la mayoría de los casos permite manejar uno o más circuitos de calefacción con sensores interiores, así como configurar y monitorizar la gestión del circuito de calefacción, el depósito de ACS y el de inercia.
- Módulo de ampliación del circuito de calefacción: para el control de un máximo de 2 circuitos de calefacción, un depósito de ACS y un depósito de inercia. El manejo y la monitorización se hacen a través del mando de control de la caldera, o bien, opcionalmente, a través de unidades de control remoto digitales.

Existe la posibilidad de supervisar y controlar activamente el sistema de calefacción a través del teléfono móvil. Las prestaciones de este sistema van desde mensajes de alarma en texto, hasta el control activo de la instalación. Además se puede llevar a cabo una consulta de los estados de operación en los que se encuentra la caldera, los circuitos de calor, el depósito de ACS, el de inercia…

También existe la posibilidad de llevar a cabo una monitorización remota y el mando remoto desde el ordenador. Para ello se tiene la posibilidad de instalar el ordenador directamente in situ o en cualquier otro lugar utilizando la conexión módem.

7.4. Tareas de mantenimiento:

Una condición previa para optimizar la operación y el mantenimiento de la instalación es la elección correcta de la potencia de la caldera. Un correcto dimensionamiento de las condiciones óptimas de operación y reduce las exigencias de gestión de las cenizas, limpieza de la caldera y el número de averías debidas a demandas de potencia demasiado bajas (IT. 3.3). Las operaciones de mantenimiento las debe hacer una empresa de mantenimiento autorizada. La siguiente tabla indica las tareas de mantenimiento preventivo para biomasa, incluyendo algunas operaciones generales recogidas en el RITE.

Operación	Periodicidad	
	≤ 70 kW	> 70 kW
Revisión de los datos de timbrado de la caldera	T	T
Medición del pH del agua de la caldera	T	T
Verificación de la válvula de seguridad	T	T
Revisión del vaso de expansión	T	T
Revisión de los sistemas de tratamiento de agua (si procede)	T	T
Comprobación del material refractario (si procede)		2t

Comprobación de la presión de agua en circuitos y en la caldera	T	M
Comprobación de estanqueidad de circuitos de tuberías y en el hogar	--	T
Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de calor	T	T
Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno de aire	T	T
Verificación del estado, disponibilidad y timbrado de los elementos de prevención de incendios	T	T
Revisión del estado del aislamiento térmico	T	T
Revisión del sistema de control automático de encendido y apagado	T	2t
Comprobación del estado de almacenamiento del biocombustible sólido (por el usuario)	S	M
Apertura y cierre del contenedor plegable en instalaciones de biocombustible sólido (por el usuario)	T	T
Limpieza y retirada de cenizas en instalaciones de biocombustible sólido (por el usuario)	M	M
Control visual de la caldera de biomasa (por el usuario)	S	M
Comprobación y limpieza, si procede, de la cámara de combustión, conductos de humos y chimeneas en calderas de biomasa	T	2t
Comprobación del reglaje y actuación del termostato de trabajo	T	T
Comprobación de reglaje y actuación de seguridad por temperatura	T	M
Verificación del sistema de ignición del biocombustible	T	T
Verificación del extractor de gases de la combustión	T	T
Verificación de actuación de los circuitos de seguridad y enclavamiento	T	T
Limpieza de la cúpula de postcombustión	T	M
Control de piezas de desgaste (cuando proceda) o por indicaciones del fabricante	T	M
Control de las placas de empuje (cuando proceda)	T	M
Controlar las instalaciones de seguridad contra el retroceso de la combustión (cuando proceda)	T	M
Controlar la limpieza de los remanentes de la combustión	T	M
Limpieza y control de la tapa de seguridad contra el retroceso de la combustión	T	M
Lubricar todos los rodamientos y cadenas	T	M
Medición de los gases de combustión y creación de un acta de medición (a partir del 01-10-2006)	T	M
Limpieza y comprobación de la junta de estanqueidad de la puerta	T	M
Limpieza y comprobación del sinfín de alimentación del biocombustible y de extracción de ceniza	T	M
Limpieza y comprobación del estado del cableado y de los sensores	T	M
Verificación y apriete de las conexiones eléctricas	T	T
Verificación y ajuste de la protección térmica del motor del ventilador	T	T
Verificación de las conexiones de la puesta a tierra de la caldera y de los sistemas eléctricos para el transporte del biocombustible	T	T
Verificación de los pilotos de señalización y sustitución si procede	T	T
Verificación de interruptores, contactores, relés y protecciones eléctricas	T	T
Verificación del estado y funcionamiento de la ventilación en la sala de calderas	T	T

S: una vez cada semana, M: una vez al mes, la primera al inicio de la temporada
T: una vez por temporada (año); 2t: dos veces por temporada (año), una al inicio de la misma y otra a la mitad del periodo de uso, siempre que haya una diferencia mínima de dos meses entre ambas.

• Tabla 4. Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad (Fuente: IDAE y RITE)

Además del programa preventivo, el RITE establece un programa de gestión energética (IT 3.4.1) donde la empresa mantenedora autorizada realizará un análisis y evaluación periódica del rendimiento de los equipos generadores de calor en función de su potencia térmica nominal instalada.

Medidas del generador de calor	Periodicidad		
	20 kW<P<70 kW	70 kW<P≤1.000 kW	P>1.000 kW
Temperatura o presión del fluido portador en entrada y salida del generador de calor	2A	3M	M
Temperatura ambiente del local o sala de máquinas	2A	3M	M
Temperatura de los gases de combustión	2A	3M	M
Índice de opacidad de los humos combustible sólidos o líquidos y de contenido en partículas sólidas en combustibles sólidos	2A	3M	M
Tiro en la caja de humos de la caldera	2A	3M	M

M: una vez al mes, la primera al inicio de la temporada; 3M: cada tres meses, la primera al inicio de la temporada; 2A: cada dos años

• Tabla 5. Programa de gestión energética (Fuente: RITE)

Además de las operaciones de mantenimiento (preventivo y gestión energética), las calderas de biomasa están sujetas a inspecciones periódicas de eficiencia energética, como establece la IT 4.1.

Serán inspeccionados los generadores de calor de potencia térmica nominal instalada igual o mayor que 20 kW.

La inspección del generador de calor comprenderá los siguientes pasos:

- Análisis y evaluación del rendimiento.
- En las sucesivas inspecciones o medidas el rendimiento tendrá un valor no inferior a 2 unidades con respecto al determinado en puesta de servicio.
- Inspección en el registro oficial de las operaciones de mantenimiento que se establecen en la IT.3, relacionadas con la generación de calor y de energía solar térmica, para verificar su realización periódica, así como el cumplimiento y adecuación del “Manual de Uso y Mantenimiento” a la instalación existente.
- La inspección incluirá la instalación de energía solar, caso de existir, y comprenderá la evaluación de la contribución solar mínima en la producción de agua caliente sanitaria y calefacción solar.

Se realizará una inspección completa de la instalación térmica cuando ésta tenga más de 15 años de antigüedad, contados a partir de la fecha de emisión del primer certificado de la instalación, y la potencia térmica nominal instalada sea mayor de 20 kW. Esta inspección comprenderá como mínimo, las siguientes actuaciones:

- Inspección de todo sistema relacionado con la exigencia de eficiencia energética regulada por el RITE.
- Inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento que se establece en la IT.3, para la instalación térmica completa y comprobación del cumplimiento y la adecuación del "Manual de Uso y Mantenimiento" a la instalación.
- Elaboración de un dictamen con el fin de asesorar al titular de la instalación, proponiéndole mejoras o modificaciones de su instalación, para mejorar su eficiencia energética y contemplar la incorporación de energía solar. Las medidas técnicas estarán justificadas en base a su rentabilidad energética, medioambiental y económica.

La periodicidad de las inspecciones de eficiencia energética se resume en la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal	Periodos de inspección
$20 \leq P \leq 70$	Cada 5 años
$P > 70$	Cada 4 años

• Tabla 6. Inspecciones (Fuente: RITE)

7.5. Manipulación de las cenizas:

A diferencia del gas natural y gasóleo, la combustión de la biomasa genera cenizas. Por ello es necesario un dispositivo de extracción de las mismas. Las cenizas de madera no son peligrosas y frecuentemente se utilizan como fertilizantes. En ambientes urbanos pueden tirarse a la basura. En cualquier caso, debe cumplirse la normativa local al respecto.

Uno de los aspectos a tener en cuenta es la temperatura de fusión de las cenizas. Si el horno donde se produce la combustión alcanza temperaturas elevadas y el biocombustible disponible produce unas cenizas con temperatura de fusión reducida, éstas pueden llegar a fundirse. Si esto ocurre, el flujo de aire primario puede quedar limitado (y la calidad de la combustión) y la extracción de cenizas puede sufrir bloqueos o poca efectividad.

En el caso de los residuos agroindustriales la variedad de orígenes y tipos de residuos hace imposible dar unos valores medios para los componentes de sus cenizas. En la mayoría de los casos estas podrán ser utilizadas como fertilizantes o tiradas a la basura junto con el resto de residuos orgánicos. Se recomienda que, antes de tomar una decisión, se consulte al proveedor de biomasa y se pidan los datos referentes a la composición de la misma.

En la siguiente tabla se muestran los principales componentes de las cenizas de astillas de madera:

Componente	SiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O
(% sobre peso)	24,5	46,6	4,8	6,9	0,5	3,8

• Tabla 7. Composición de las cenizas de astillas de madera

Las calderas de biomasa poseen diferentes sistemas de evacuación de cenizas en función del diseño de la caldera. El mecanismo más común para la retirada de cenizas consiste en dos tornillos sinfín que transportan la ceniza de manera automática de la cámara de combustión al contenedor de cenizas. Allí se comprimen y hace que el manejo sea aún más confortable. En las calderas más modernas existe un control electrónico del llenado del cajón de cenizas, que puede llegar a desactivar la caldera en el caso de que no se produzca la retirada de las cenizas.

En aquellas calderas que, debido a su tamaño o al biocombustible utilizado, se genera gran cantidad de cenizas, existe la posibilidad de conducirlas a un contenedor de mayor capacidad y prolongar así los intervalos de vaciado. Este sistema también puede ser útil para instalaciones con una baja producción de cenizas donde se desee ampliar los intervalos de recogida de las mismas.

Pueden darse casos en los que se acumule una gran cantidad de cenizas siendo necesaria la contratación de un servicio de retirada de cenizas, a través de la empresa instaladora y/o responsable del mantenimiento.

8. CÁLCULOS.

8.1. Conceptos básicos

El cálculo adecuado de la carga térmica del edificio al inicio del proyecto tiene una influencia considerable tanto económicamente como en el adecuado funcionamiento del sistema.

Si el sistema de calefacción con biomasa sustituye a un sistema de calefacción de un edificio existente, la demanda anterior de combustible es la mejor base para el cálculo de la demanda y también de la potencia requerida, aunque ello no elimina la necesidad de hacer un nuevo cálculo de cargas para obtener el valor real de la potencia requerida y no de la potencia consumida.

La peculiaridad que diferencia los sistemas con biomasa del resto de sistemas es que habrá que hacer los cálculos, en la medida de lo posible, para que la caldera funcione permanentemente. Por lo tanto, aquí no vale sobredimensionar este y se tendrán que instalar elementos, como acumuladores de inercia, que permitan que permitan al sistema adecuar sus ciclos a los largos ciclos de la cardera.

Si además de abastecer de calefacción al edificio queremos producción de agua caliente, es importante utilizar estratificación en el depósito de inercia para asegurar apoyo al sistema de agua caliente sanitaria.

El dimensionamiento y selección de los distintos equipos de la instalación, tales como emisores, generador, depósitos acumuladores, acumulador de inercia, etc. pasa por conocer cuál es la demanda térmica. Esta demanda, en las instalaciones de calefacción y ACS, se compone de dos cargas a determinar: **carga o demanda térmica de calefacción y carga o demanda térmica de consumo de ACS.**

La **carga térmica de calefacción** se corresponde con las necesidades de calefacción, en términos de potencia calorífica, de la instalación, considerando la suma de demandas individuales de cada una de las estancias a calefactar. Los métodos de cálculo habituales consideran como carga térmica de calefacción la potencia necesaria para compensar las pérdidas de calor siguientes:

- **Pérdidas de calor por transmisión:** debidas a la transmisión de calor por cerramientos (muros, paredes, ventanas, puertas, etc.). Estas pérdidas son función de la temperatura interior de la estancia, de la temperatura exterior (a efectos de cálculo se considera la mínima de la zona), de la superficie de transmisión y del coeficiente de transmisión del cerramiento. Deberemos por tanto conocer los datos climatológicos de la zona, así como los distintos materiales empleados en los cerramientos.
- **Pérdidas de calor por infiltraciones de aire:** se corresponden a las pérdidas de calor debidas a rendijas o a renovaciones de aire en la estancia. Dependen de múltiples factores, como la diferencia de temperaturas entre la estancia y el exterior, de la superficie de entrada de aire, el número de renovaciones de aire, etc.
- **Factores suplementarios:** las pérdidas de calor indicadas se suplementan con factores adicionales debido a la orientación de la estancia, intermitencia de la instalación, etc.

El **consumo de ACS**, en términos de potencia calorífica, se corresponde con la energía térmica necesaria para satisfacer las necesidades de agua caliente sanitaria de la instalación. Las necesidades de ACS de la instalación se determinan a partir de los siguientes datos:

- Número de usuarios.
- Tipo de instalación y coeficiente de simultaneidad.
- Temperatura del agua de consumo.
- Temperatura de agua de red en la zona en cuestión.

Los **cerramientos** son los elementos del edificio que componen la envolvente del mismo y lo separan del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios o locales colindantes.

Los tipos de cerramientos considerados a efectos de cálculo son los siguientes:

- Cerramientos en contacto con el aire exterior: se incluyen aquí cerramientos opacos en contacto con el ambiente exterior, tales como muros de fachada, cubiertas y suelos.
- Cerramientos en contacto con el terreno: se incluyen aquí los suelos, los muros y cubiertas en contacto con el terreno.
- Particiones interiores en contacto con espacios no calefactados: se incluyen aquí los muros, paredes, suelos y techos en contacto con otros locales o edificios no calefactados.
- Huecos y lucernarios: los huecos son los elementos semitransparentes de la envolvente del edificio tales como ventanas y puestas. Los lucernarios son huecos situados en la cubierta.

Las pérdidas de calor por transmisión en cerramientos se determinan mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Q_T = U \cdot S \cdot \Delta t}$$

Donde:

Q_T; cantidad de calor transmitida a través del cerramiento (W)
U; transmitancia térmica (W/m^2K)

La **transmitancia térmica (U)** es la cantidad de calor que deja pasar el cerramiento por unidad de superficie ($1m^2$), cuando la diferencia de temperaturas entre ambas es de 1K (o 1ºC). Es una propiedad intrínseca del material o materiales que componen el cerramiento.

Para el cálculo de la transmitacia térmica (U) del cerramiento se empleará la metodología descrita en el apéndice E del documento Básico HE1 del CTE.

Las **temperaturas** a considerar en el **cálculo** de pérdidas por transmisión a través de cerramientos son:

- Temperatura interior: corresponde al valor de la temperatura interior de diseño del local o espacio a calefactar.
- Temperatura exterior: correspondiente al valor de la temperatura del ambiente exterior, del terreno o de espacios colindantes no habitables o no calefactados, según el tipo de cerramiento que se trate.

El valor de la **temperatura interior (t_i)** para régimen de calefacción se fijará en base a lo establecido por la **IT 1.1.4.1.2.1** RITE 2007, según:

No superior a 21ºC para edificios y locales destinados a uso administrativo, comercial o de pública concurrencia (Entre 21 y 23ºC para edificios y locales destinados a otros usos).

Los valores de **temperatura exterior (t_e)** a considerar varían en función del tipo de cerramiento, debiendo tomarse:

- Cerramientos en contacto con el aire exterior: se tomará la temperatura exterior para las capitales de provincia. Estas temperaturas se corresponden con las incluidas en la norma UNE 100.001 e históricos de datos climáticos de temperaturas mínimas para el mes de enero.
- Cerramientos en contacto con terreno: la temperatura exterior del terrenos depende de la temperatura ambiente exterior, pudiendo tomarse los valores siguientes de modo orientativo:

	Temperatura exterior (t_e)									
	10	8	6	4	2	0	-2	-4	-6	-8
Terreno bajo piso	16	14	12	12	12	10	9	9	9	6
Terreno a lo largo de tabique exterior	12	10	8	8	8	6	4	4	4	0

• Tabla 8. Temperatura de terreno (ºC)

- Cerramientos en contacto con espacios no habitados o no calefactados: para aquellos cerramientos que no estén en contacto con el exterior, sino con otros locales no habitables o no calefactados, las temperaturas exteriores de cálculo pueden tomarse de modo orientativo en la siguiente tabla:

	Temperatura exterior (t_e)				
	8	4	0	-4	-8
Locales rodeados de otros sin calefacción	14	12	10	8	5
Sótanos	15	13	11	10	7
Ático con forjado plano y cubierta inclinada o terraza con cámara	15	13	10	8	5
Ático con forjado inclinado o terraza son cámara	12	10	8	5	0

• Tabla 9. Temperatura exteriores para cerramientos en contacto con locales no habitables o no calefactados (ºC).

8.2. Cálculo climatización

8.2.1. Perdidas de calor por ventilación e infiltraciones:

De modo genérico, para el cálculo de las pérdidas de calor por **ventilación** deberá considerarse la cantidad de aire nuevo introducido en el local debido a ventilaciones o entradas de aire parásitas, así como la temperatura de entrada de este volumen de aire y la temperatura ambiente exterior:

$$Q_v = Q_a \cdot C_e \cdot P_e \cdot \Delta t$$

Donde:

Q_v; pérdidas de calor por ventilación e infiltraciones (W)
Q_a; caudal de aire nuevo introducido (m^3)
C_e; calor específico del aire (0,279 W/kg K)
P_e; peso específico del aire (1,24 kg/m^3)
Δt; diferencia de temperaturas entre el aire interior y exterior (t_i y t_e) (K)

El volumen de aire nuevo introducido (Q_a) viene determinado principalmente por el caudal de ventilación aplicado en el local. Los caudales de ventilación mínimos exigidos quedan recogidos en el **DB HS 3 (IT 1.1.4.2.1-1 RITE 2007**).

Los requisitos de caudales de ventilación mínimos exigidos recogidos en el DB HS 3 son los reflejados en la tabla adjunta, considerando los aspectos siguientes:

- El número de ocupantes se considera igual a uno en cada dormitorio individual y a dos en cada dormitorio doble.
- El número de ocupantes en cada comedor y en cada sala de estar será la suma de los contabilizados para todos los dormitorios de la vivienda correspondiente.
- En los locales de las viviendas destinadas a varios usos se considerará el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor.

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

(1)En las cocinas con sistema de cocción por combustión o dotadas de calderas no estancas este caudal se incrementa en 8 L/s.
(2)Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina.

• Tabla 10. Caudales de ventilación mínimos exigidos según DB HS-3.

Para aquellos locales en donde se desconozca o no sea de aplicación un caudal de ventilación, puede optarse por calcular las pérdidas en base al número de renovaciones de aire previstas, según la fórmula:

$$Q_v = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta t$$

Donde:

V; volumen del local, correspondiente a la cantidad de aire de renovación (m^3).

n; número de renovaciones de aire por hora previstas. Puede tomarse 1 en general, 1,5 para baños y cocinas y 0,5 para grandes locales.

Las pérdidas de calor por infiltraciones de aire son debidas a entradas de aire parásitas, por rendijas en puertas, ventanas, etc. No suelen considerarse de modo adicional a las pérdidas por ventilación. La fórmula aplicada es:

$$Q_I = C_e \cdot P_e \cdot R \cdot I \cdot \Delta t$$

Donde:

R; longitud en m de las rendijas de puertas, ventanas, etc. en la fachada que más tenga.

I; infiltraciones de aire en m^3/h por m de rendija. Se considera 2,5 como valor habitual y 4 para locales con carpintería en mal estado o con mucho viento.

8.2.2. Perdidas de suplementarias:

Al margen de las pérdidas de calor por transmisión, ventilación e infiltraciones, existen una serie de posibles factores adicionales que pueden incrementar las pérdidas de calor en el local. Entre estos factores adicionales se encuentran:

Orientación: siendo la norte la orientación más favorable a efectos de calefacción, y que será necesario suplementar a efectos de carga térmica.

Intermitencia: si la instalación se apaga o trabaja a régimen reducido durante determinadas horas, la temperatura desciende, siendo necesario un incremento de potencia adicional para restablecer las condiciones normales de régimen.

Los factores (F) en concepto de suplemento que pueden tomarse son:

Concepto	Factor (F)
Orientación	
Por orientación N	0,1
Por orientación NE y NO	0,05
Intermitencia	
Por reducción de la temperatura nocturna	0,05
Por parada de 8 a 9 h	0,1
Por parada de más de 10 h	0,25

• **Tabla 11. Suplementos por orientación e intermitencia.**

8.2.3. Cálculo de la carga térmica de calefacción:

La carga térmica total de calefacción (Q_C) será la obtenida de la suma de las pérdidas de calor por transmisión en cerramientos, más las pérdidas por ventilación e infiltraciones, suplementado el total con el factor F obtenido por orientación e intermitencia.

$$Q_C = (Q_T + Q_V + Q_I) \cdot (1 + F)$$

Se incluye a continuación una propuesta de hoja de cálculo para la determinación de la carga de calefacción en un local o estancia individual:

CÁLCULO DE CARGAS DE CALEFACCIÓN					
Condiciones de la instalación					
Localidad					
T interior (t_i)					ºC
T ambiente exterior (t_e) $\triangle t$ ($t_i - t_e$)				ºC	K
T terreno bajo piso (t_e) Δt ($t_i - t_e$)				ºC	K
T terreno largo tabique exterior (t_e) Δt ($t_i - t_e$)				ºC	K
T exterior locales no calefactados (t_e) Δt ($t_i - t_e$)				ºC	K
Pérdidas de calor por transmisión (Q_T)					
Tipo de cerramiento	U (W/m²K)	S (m²)		$\triangle t$ (K)	QT = U S $\triangle t$ (W)
Total pérdidas de calor por transmisión (Q_T)					W
Pérdidas de calor por infiltracion (Q_V)					
		Q_a (m³)	Δt (K)		$Q_v = 0{,}345\ Q_a \Delta t$ (W)
Por caudal de aire					W
		V (m³)	n	Δt (K)	$Q_v = 0{,}345\ V\ n\ \Delta t$ (W)
Por renovaciones					W
Pérdidas de calo por ventilación (Q_I)					
R (m)	I (m³/h)	$\triangle t$ (K)		$Q_I = 0{,}345\ R\ I\ \Delta t$ (W)	
Pérdidas de calor totales (Q)					
$Q_C = Q_T + Q_V + Q_I$					W
Pérdidas suplementarias (F)					
Factor por orientación (F)					
Factor por intermitencia (F)					
Total factor (F)					
Carga térmica de calefacción (Q_C)					
$Q_C = (Q_T + Q_V + Q_I) \cdot (1 + F)$					W

• **Tabla 12. Hoja de cálculo de cargas de calefacción.**

8.3. Cálculo de ACS en edificios de viviendas

Las sistemáticas de cálculo empleadas para el dimensionamiento de sistemas de producción de ACS se basan habitualmente en las siguientes pautas:

- Determinación de los consumos de ACS y de las temperaturas del agua.
- Determinación del caudal de consumo en el periodo punta de máxima demanda.
- Dimensionado de los elementos del sistema de acumulación y/o producción para que éste sea capaz de satisfacer el caudal en periodo punta y de recuperarse en periodos de mínima demanda.

Pueden establecerse tres tipologías de instalaciones de producción de ACS con biomasa:

- *Sistemas de producción semi-instantaneos o de semi-acumulación:* sistemas de acumulación con gran potencia de intercambio, y en los cuales el tiempo de recuperación es relativamente corto (10-20 minutos). Pueden incluirse en esta tipología las instalaciones domésticas y de media capacidad (alrededor de 500 L).
- *Sistemas por producción por acumulación:* la recuperación del sistema tiene lugar durante un periodo de consumo, siendo superior a 1 hora. Se incluyen aquí las instalaciones de gran volumen de acumulación.
- *Sistemas solares:* sistemas de producción de ACS mediante energía solar térmica. Los depósitos acumuladores deben dimensionarse teniendo en cuenta que la demanda y la disponibilidad de la energía solar no coinciden en su totalidad. Un sistema de producción de ACS mediante energía solar térmica tendrá un sistema de apoyo, en este caso, una caldera de biomasa.

8.3.1. Temperaturas:

Las temperaturas a considerar en un sistema de producción de ACS son:

- *Temperatura de red (T):* corresponde a la temperatura de agua fría de entrada al sistema. Puede tomarse un valor promedio de la temperatura del agua a partir de datos climatológicos de emplazamiento de la instalación, no obstante se considera que este valor varía entre 5 y 15 ºC, tomándose habitualmente 10ºC a efectos de cálculo.
- *Temperatura de preparación (T_p):* valor de temperatura a la que se prepara el ACS. En el caso de acumulación, su valor estará limitado por el material de fabricación del depósito. Suele tomarse una temperatura de preparación de 60ºC.
- *Temperatura de distribución (T_d):* valor al que se distribuye el ACS hasta el punto de consumo. En aquellas instalaciones sujetas a normativa de prevención de la legionella, debe tomarse una temperatura de distribución mínima de 60ºC.
- *Temperatura de uso (T_u):* se corresponde con el calor de temperatura de agua caliente sanitaria de consumo. Este suele variar en función del aparato e un rango de 35-50ºC, tomándose 42-45ºC a efectos de cálculo.

8.3.2. Consumo:

- *Consumo diario (C_d):* valor de consumo medio diario estimado de ACS a una temperatura de uso determinada. Se trata de un valor estadístico, derivado de estudios, y que difiere en función del tipo de instalación.

A efectos de cálculo se considera como válido el valor de **43 litros por persona y día a una temperatura de 45ºC**.

Para el cálculo del volumen de acumulación de depósitos solares, el documento HE4 de Código Técnico de la Edificación establece los consumos diarios de ACS a 60ºC en función del tipo de instalación.

En todos los casos los valores de consumo pueden convertirse a valores de consumo a otra temperatura de referencia, empleando la fórmula:

$$\mathbf{Cd_t = Cd_{60}\left(\frac{60 - T_i}{T - T_i}\right)}$$

Donde:

- Cd_t; consumo de ACS diario a la temperatura T elegida (L/día)
- Cd_{60}; consumo de ACS diario a 60ºC (L/día)
- T_i; temperatura de red (ºC)
- T; temperatura elegida
- Así, los 43 L/persona día 45ºC tomados como referencia, se convierten en 32,2 L/persona día a 60ºC (con una temperatura de red de 10ºC).

En la tabla se incluyen los consumos diarios de referencia recogidos en la HE4. Se incluyen también los valores de consumo a 45ºC, considerando en la conversión un valor de temperatura de agua de red (T_i) de 10ºC. Estos valores pueden servir de referencia para calcular el consumo de nuestra instalación con biomasa.

Criterio demanda	60ºC	Litros ACS/día 15ºC (T_i=10ºC)	
Viviendas unifamiliares	30	43	Por persona
Viviendas multifamiliares	22	31	Por persona
Hospitales y clínicas	55	79	Por cama
Hotel *****	70	100	Por cama
Hotel ***	55	79	Por cama
Hotel/hostal **	40	57	Por cama
Camping	40	50	Por emplazamiento
Hostal/pensión *	35	57	Por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc.)	55	79	Por cama
Vestuarios/duchas colectivas	15	21	Por servicio
Escuelas	3	4	Por alumno
Cuarteles	20	29	Por persona
Fábricas y talleres	15	21	Por persona
Administrativos	3	4	Por persona
Gimnasios	20 a 25	29	Por usuario
Lavanderías	3 a 5	4,3	Por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	7	Por comida
Cafeterías	1	1,4	Por almuerzo

- Tabla 13. Consumo de referencia diario según HE4.

En el caso de viviendas, dado que hemos establecido el consumo unitario por persona, podemos determinar el número de personas por vivienda en base a la tabla siguiente:

Nº de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	Más de 7
Nº personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Igual a números de dormitorios

• **Tabla 14. Cálculo del número de personas por vivienda (CTE-HE4).**

- *Consumo punta (C_p)*: en viviendas el consumo diario no es demandado de forma uniforme a lo largo del día, observándose tres puntas a lo largo del mismo, una a primera hora de la mañana, otra al medio día y la última al final de la tarde.
- A efectos de cálculo se considera válido para edificios de viviendas que el consumo punta sea el 75% del consumo diario.
- *Consumo y caudal máximo horario (C_{60} y Q_{60}):* se corresponde con el caudal de ACS en el periodo punta. En base a lo anterior, consideraremos a efectos de cálculo un caudal de 32,2 L/h por persona.

$$\mathbf{C_{60} = Q_{60} = 32{,}2\ L/persona\ en\ 1\ h\ o\ l/h\ por\ persona}$$

- *Consumos y caudal máximo en 10 minutos (C_{10} y Q_{10}):* dentro de los periodos punta de demanda existen momentos puntuales con caudales mucho mayores que el caudal máximo horario. En el caso de sistemas semi-instantáneos se hace necesario determinar la duración y caudal de estos picos de demanda. Se toma como consumo máximo aceptado en 10 minutos en volumen de 17 L por persona a una temperatura de 60ºC, que corresponden con un caudal de 102 l/h por persona.

$$\mathbf{C_{10} = 17\ l/persona\ en\ 10\ min} \qquad \mathbf{Q_{10} = 102\ L/h\ por\ persona}$$

8.3.3. Simultaneidad:

En la determinación de consumos en instalaciones con múltiples viviendas debemos considerar que estos no se producen de forma totalmente coincidente, sino podemos considerar un cierto factor de simultaneidad que es función del número de usuarios.

Existen diversas fórmulas para el cálculo del coeficiente de simultaneidad (φ) en edificios de viviendas, siendo aceptada la siguiente en función del número de viviendas (N):

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{N-1}} + 0{,}17$$

EL valor de N corresponde al número de viviendas contempla una ocupación media de 3,5 personas por vivienda.

N	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
P	35	52,5	70	87,5	105	122,5	140	157,5	175	210	245	280	315	350
φ	0,50	0,44	0,40	0,37	0,36	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	0,28	0,27

8.3.4. Tiempo:

Periodo punta (T): se corresponde con la duración en horas del periodo de máxima demanda. Existen diversas ecuaciones para el cálculo en edificios de viviendas. Emplearemos la siguiente en función del número de viviendas:

$$\mathbf{T = 5 \cdot \frac{N^{0,905}}{15 + N^{0,920}}, T\ en\ horas}$$

N	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
P	35	52,5	70	87,5	105	122,5	140	157,5	175	210	245	280	315	350
T	1,72	2,14	2,45	2,68	2,87	3,02	3,15	3,25	3,34	3,49	3,61	3,70	3,77	3,83

Tiempo de preparación (T_p): tiempo que precisa el sistema para separar el agua necesaria para el consumo punta. Se empleará sólo a efectos de cálculo en sistemas de producción por acumulación, variando entre 1 y 3 horas. Suele tomarse 2 horas.

8.3.4. Volumen de acumulación:

Debido a efectos de estratificación, no todo el volumen de un depósito acumulador es aprovechable, ya que parte del agua está a una temperatura inferior a la de uso.

El factor de mezcla (f_m) es un factor adimensional que representa la relación entre el volumen útil o aprovechable (V_u) y el volumen físico o real (V) del depósito (ambos en metros):

$$\mathbf{f_m = \frac{H}{D}} \qquad\qquad \mathbf{f_m = 0,63 + 0,14 \cdot f_f}$$

f_f	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	>2,5
f_m	0,70	0,71	0,74	0,77	0,78	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97	0,98	0,98

8.3.5. Dimensionamiento de sistema de producción de ACS por acumulación

El dimensionado de un sistema de producción de ACS por acumulación debe hacerse bajo las premisas de ser satisfacer el caudal pico instantáneo y poderse recuperar en los periodos de baja demanda.

El proceso de cálculo es el siguiente:

1. Determinar el consumo diario C_d en función del número de personas:

$$\mathbf{C_d = 43 \cdot p,\ en\ L}$$

2. Calcular el periodo punta en función del número de viviendas (N) según la expresión siguiente y convertirlo a segundo (s), multiplicando por 3.600:

$$\mathbf{T = 5 \cdot \frac{N^{0,905}}{15 + N^{0,920}}}$$

3. Calcular el factor de simultaneidad (φ) mediante la fórmula:

$$\boldsymbol{\varphi = \frac{1}{\sqrt{N - 1}} + 0,17}$$

4. Determinar el caudal máximo horario (Q_{60}) en L/s según:

$$\mathbf{Q_{60} = 0,75 \cdot C_d \cdot \frac{\varphi}{3.600}}$$

5. Determinar el factor de mezcla. Para ello puede asumirse un factor de forma del depósito (por ejemplo 1,5):

$$\mathbf{f_m = 0,63 + 0,14 \cdot f_f}$$

6. Establecer el tiempo de preparación en segundos. Por ejemplo 2 h (7.200s).

7. Calcular el volumen útil del depósito (V_u) en litros, mediante la ecuación:

$$\mathbf{V_u = \frac{Q_{60} \cdot T}{1 + \frac{T}{T_p} \cdot \frac{1}{f_m}} = \frac{Q_{60}}{\frac{1}{T} + \frac{1}{T_p} \cdot f_m}} \text{ , T y } \mathbf{T_p} \text{ en s y } \mathbf{Q_{60}} \text{ en L/s}$$

8. Calcular la potencia útil necesaria (kW) mediante la expresión:

$$\mathbf{P_u = \frac{4,19 \cdot \Delta t \cdot Q_{60} \cdot T}{T + T_p} = \frac{4,19 \cdot \Delta t \cdot Q_{60}}{1 + \frac{T_p}{T} \cdot f_m}} \text{ , T y } \mathbf{T_p} \text{ en s y } \mathbf{Q_{60}} \text{ en L/s}$$

9. Calcular el volumen físico del depósito (V):

$$\mathbf{V = \frac{V_u}{f_m}}$$

10. Añadir a la potencia necesaria para la producción de ACS, las pérdidas por disponibilidad (P_d) y por distribución (P_r) dl sistema. Para éstas últimas asumimos un 4% máximo:

$$\mathbf{P_d = \frac{0,55 \cdot V}{1.000}}$$

$$\mathbf{P_r = P_u \cdot 0,04}$$

$$\mathbf{P = P_u + P_d + P_r}$$

8.3.6. Dimensionamiento de sistema semi-instantáneos

Un sistema de producción semi-instantáneo (depósito acumulador con gran superficie de intercambio) proporciona una producción de ACS que es la suma de su producción en continuo (como si se tratara de un intercambiador de calor instantáneo) y de su gran producción acumulada (la debida a su volumen de acumulación a la temperatura de preparación).

En este tipo de instalaciones, el sistema debe ser capaz de satisfacer el consumo máximo punta (C_p) y el consumo en 10 minutos (C_{10}), en litros:

$$C_p = 32,2 \cdot p \cdot \varphi$$

$$C_{10} = 17 \cdot p \cdot \varphi$$

p; número de personas

Del cumplimiento de esta condición se sucede la sistemática del cálculo siguiente:

1. Calcular el factor de simultaneidad (φ) mediante la fórmula:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{N-1}} + 0,17$$

2. Determinar el volumen útil del depósito acumulador mediante la expresión:

$$V_u = 144,4 \cdot p \cdot \varphi$$

3. Determinar el factor de mezcla. Para ello puede asumirse un factor de forma del depósito (por ejemplo, 1,5):

$$f_m = 0,63 + 0,14 \cdot f_f$$

4. Calcular el volumen físico del depósito (V):

$$V = \frac{V_u}{f_m}$$

5. Calcular la potencia útil (P_u) en kW, mediante la expresión:

$$P_u = 23 \cdot p \cdot \varphi$$

6. Añadir a la potencia necesaria para la producción de ACS, las pérdidas por distribución (Pr) del sistema. Para éstas últimas asumamos un 4% máximo.

$$P_r = P_u \cdot 0,04$$

$$P = P_u + P_r$$

8.4. Dimensionado y selección de la caldera

Las características técnicas principales que definen una caldera de cara a su selección para una instalación determinada son:

- *Potencia térmica útil:* correspondiente a la potencia transmitida al fluido.
- *Gasto*: correspondiente a la relación entre la potencia útil y el gasto.
- *Rendimiento:* corresponde a la relación entre la potencia útil y el gasto.
- *Combustible utilizado.*
- *Servicio:* solo calefacción o mixta.
- *Temperatura de trabajo:* correspondiente a la temperatura que alcanza el fluido dentro de la caldera en condiciones normales de funcionamiento.
- *Presión de trabajo:* presión máxima que puede alcanzar el fluido dentro de la caldera en condiciones normales de funcionamiento.
- *Presión de prueba:* corresponde a la presión de ensayo de la caldera (1,5 veces la presión de trabajo).

La potencia útil de la caldera vendrá determinada por las necesidades térmicas de la instalación:

- *Potencia térmica de los emisores:* suma de la potencia térmica instalada de radiadores, convectores o suelo radiante. Debe tenerse en cuanta que se considerará la potencia de los elementos realmente instalada, no la obtenida del cálculo de cargas térmicas requeridas.
- *Potencia de producción de ACS:* correspondiente a la potencia requerida para la producción de ACS, calculada en el anterior apartado.

El calor de la potencia útil obtenido se suplementará con las pérdidas de calor existentes en la instalación (tuberías, depósitos y otros elementos de la instalación). El RITE 2007 limita las pérdidas térmicas globales en conducciones al 4% de la potencia máxima que transportan.

$$P_u \text{ (caldera)} = P_{emisores} + P_{ACS} + \text{Pérdidas}$$

De acuerdo con o reflejado en la **IT 1.2.4.1.2.2.** del RITE 2007 relativa al fraccionamiento de potencia, quedan excluidos de cumplir con los requisitos establecidos en dicha I.T. los generadores de calor alimentados por combustibles cuya naturaleza corresponda a recuperaciones de efluentes, subproductos o residuos, como biomasa, gases residuales y cuya combustión no se vea afectada por limitaciones relativas al impacto ambiental.

En lo relativo al nivel de **modulación**, la IT 1.2.4.1.2.3 del RITE 2007 establece la siguiente regulación necesaria en función de la potencia para generadores de calor que utilicen combustibles líquidos o gaseosos. Por tanto quedarán excluidos de esta obligación los generadores de calor que utilicen combustibles sólidos como la biomasa.

Para calderas de biomasa, el rendimiento mínimo instantáneo exigido a plena potencia será 75%.

8.5. Cálculo del acumulador de inercia

8.5.1. ¿Para qué un acumulador de inercia?

Hay muchas instalaciones antiguas con calderas de leña funcionando sin acumulador de inercia, ¿por qué ahora necesitamos un acumulador de inercia en la instalación calentada con biomasa? La respuesta a esta es frecuente: Antes, sin control de calefacción, toda la masa térmica de la casa servía como acumulador de inercia. Ahora, con la nueva caldera, con radiadores con válvulas termostáticas y/o control de calefacción con mezcladoras y sondas, a la caldera en otoño y primavera se le pide una potencia muy pequeña, menor que la mínima a la que puede trabajar. Con potencias pequeñas la temperatura de la cámara de combustión no es suficiente para quemar todo el gas de la madera. Los componentes del gas de madera como alquitrán o el ácido acético no se queman bien y se condensan en el intercambiador de calor o en la chimenea. Esto también perjudica al medio ambiente.

Para que la caldera sea capaz de funcionar bien a bajas potencias que piden los nuevos controles de calefacción que ahorran energía, se necesita o una caldera capar de funcionar a bajas potencias o un acumulador de inercia. El calor producido y que no se necesita en la casa en ese momento se acumula en el acumulador de inercia y más tarde con la caldera apagada se recupera y se utiliza en calefacción o en ACS.

8.5.2. Cálculo del volumen del acumulador de inercia

Primero se calcula la cantidad “Q” de calor que hay que acumular y después el volumen del acumulador de inercia necesario para acumular esa cantidad.

1.Cantidad mínima de calor que se produce en cada encendido de la caldera.

$$Q_{min} = P_K \cdot t_{min}$$

Q_{min}: calor mínimo producido en kWh
P_K: potencia de caldera en kW
T_{min}: Tiempo de funcionamiento mínimo en horas

2.Cantidad de calor en demandas punta

$$Q_{SHL} = (P_{SHL} - P_K) \cdot t_{SHL}$$

Q_{SHL}: cantidad de calor en demandas punta en kWh
P_{SHL}: demanda en momentos punta en kW
PK: potencia de caldera en kW
t_{SHL}: duración de la demanda punta

3.Volumen del acumulador de inercia necesario

$$V_P = (Q_{SHL} + Q_{min}) \cdot 860/(T_{KYL} - T_{HRL})$$

V_P: Volumen del acumulador de inercia necesario
Q_{SHL}: Cantidad de calor en demandas punta en kWh
Q_{min}: Calor producido mínimo en kWh
860: Factor (1kWh calienta 860 litros de agua en 1ºC)
T_{KVL}: Temperatura de ida de la caldera en ºC
T_{HRL}: Temperatura de retorno de la instalación

4. Cantidad de calor para agua caliente

$$Q_{WW} = n \cdot N \cdot (T_{WW} - T_{KW})/860$$

QWW: Cantidad de calor para agua caliente
n: Número de personas
N: Consumo normal
Demanda pequeña. 30 litros por día a 45ºC
Demanda media: 43 litros por día a 45ºC
Demanda alta: 80 litros por día a 45ºC
Un baño 200 litros a 40ºC
Una ducha 50 litros a 40ºC
10 litros/minuto a 40ºC
TWW: Temperatura de agua caliente en ºC
TKW: Temperatura de agua fría en ºC
860: Factor (1kWh calienta 860 litro de agua en 1ºC)

El volumen del acumulador de inercia necesario será:

$$V_P = (Q_{WW} + Q_{min}) \cdot 860/(T_{KYL} - T_{HRL})$$

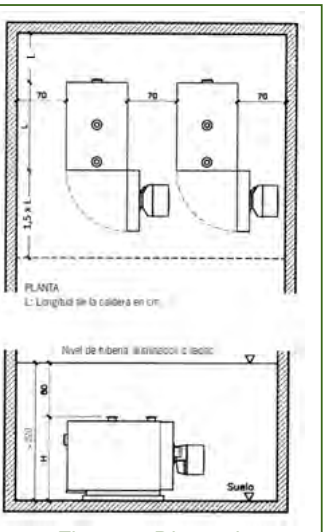
9. SALA DE CALDERAS

9.1. Dimensionamiento de la sala de calderas

Un sistema de calefacción con biomasa tiene unas exigencias de espacio mayores que un sistema convencional. En general, es necesario disponer de espacio suficiente para la caldera, el sistema de almacenamiento de combustible, así como el acceso para el suministro de este (salvo en los casos de calderas que incorporan el depósito de combustible).

Las dimensiones de los espacios necesarios deben ser proporcionadas por el fabricante o suministrador de la caldera, indicando las dimensiones de la caldera, los espacios libres en todas las direcciones, y un esquema con los principales elementos que deben incluirse en las calderas (sinfines, vasos de expansión, etc.) para esa caldera en particular.

Como norma básica, las calderas y los equipos auxiliares deberán ser perfectamente accesibles en todas sus partes de forma que puedan realizarse adecuadamente y sin peligro todas las operaciones de mantenimiento vigilancia y conducción.



• Fig. 21: Dimensiones sala de calderas.

Toda la sala de máquinas tendrá un camino desde su interior hacia el exterior por lo que se podrá pasar con el equipo más pesado y voluminosos contenido en la misma sin dificultad alguna y sin necesidad de tener que eliminar del camino los elementos constructivos o puertas.

Los espacios libres alrededor de un generador, lateralmente, frontalmente, en la parte trasera y en altura, se deberán determinar teniendo en cuanta la necesidad de efectuar con comodidad las operaciones de manejo y mantenimiento y deberán ser tanto más grandes cuanto mayor sea la potencia del equipo. Los valores indicados por el fabricante deben considerarse valores mínimos.

La altura mínima de la sala será de 2,5 m. Se representará una altura libre de tuberías y obstáculos sobre la caldera de 0,5 m, aunque es recomendable mantener al menos la cota de un metro. Los espacios mínimos libres que deben dejarse alrededor de los generadores de calor serán los que se indican a continuación, o los que indique el fabricante, cuando sus exigencias superen las mínimas anteriores.

Existirá un espacio libre en frente de las calderas atmosféricas como mínimo de 1 m, con una altura mínima de 2 m libre de obstáculos. Las calderas en las que la retirada de cenizas sea manual o sea necesaria la accesibilidad al hogar para la carga o reparte del combustible tendrán un espacio libre frontal igual, por lo menos, a una vez y media la profundidad de la caldera. En aquellos casos donde el sistema de retirada de cenizas, aún siendo manual, no requiera la distancia antes mencionada podrán realizar los cálculos de espacio necesarios, reduciendo el mismo, de forma que queden perfectamente detallados y descritos en los correspondientes manuales de mantenimiento.

Entre caldera, así como calderas extremas y los muros laterales y de fondo, debe existir un espacio libre de al menos 50 cm aunque se recomienda que no sea menor de 80 cm para facilitar el mantenimiento. Esta distancia podrá disminuirse en los modelos en el mantenimiento de las calderas y su aislamiento térmico los permita.

Cuando las calderas a instalar sean de del tipo mural y/o modular formando un batería de calderas o cuando las paredes laterales de las calderas a instalar no precisen acceso, puede reducirse la distancia entre ellas, teniendo en cuenta el espacio preciso para poder efectuar las operaciones de desmontaje de la envolvente y del mantenimiento de las mismas.

9.2. Ventilación de la sala de calderas.

Las funciones principales de la ventilación en la sala de calderas son: ventilar el local con el fin de evacuar parte del calor desprendido por los equipos y las tuberías y suministrar el aire necesario para la combustión. Es de aplicación a salas de calderas con potencias superiores a 70 kW.

Se recomienda que las salas de calderas estén situadas en contacto con el ambiente exterior, de manera que la ventilación tenga lugar siempre por medios naturales (ventilación natural directa por aperturas). Además, en estos casos, se facilita la salida de los productos de la combustión hacia el exterior. No obstante, también son válidos los sistemas de ventilación natural directa por conductos y los de ventilación forzada.

En cualquier caso, se intentará lograr una ventilación cruzada gracias a corrientes de aire creadas colocando las aberturas sobre paredes de la sala y cercanías del techo y del suelo. Los orificios de ventilación distarán al menos 50 cm de cualquier hueco practicable o rejillas de ventilación de otros locales distintos de la sala de máquinas. Además, las aberturas estarán protegidas para que no puedan ser obstruidas o inundadas y evitar la entrada de insectos u otros cuerpos extraños.

Ventilación natural directa por orificios

La ventilación natural directa al exterior puede realizarse, para las salas continuas a zonas al aire libre, mediante abertura de área libre mínima de 5 cm^2 por cada kW de potencia térmica nominal. Se recomienda practicar más de una abertura y colocarlas en diferentes fachadas y a distintas alturas, de manera que se creen corrientes de aire que favorezcan el barrido de la sala.

La fórmula para el cálculo del área mínima de ventilación admite unos valores en función del tipo de ventilación:

$$A_{libre,\ min} = n \cdot PN$$

$A_{libre,\ min}$: área de ventilación (cm^2)
PN: potencia nominal instalada (kW)
n: Coeficiente (cm^2/kW) con valor “5” para ventilación natural directa por orificios.

Además, en la parte superior de las paredes se practicarán aberturas de superficie igual, por lo menos, a una milésima parte de la superficie en planta de la sala de máquinas.

Ventilación natural directa por conducto

Cuando la sala no sea contigua a la zona al aire libre, pero pueda comunicarse con ésta por medio de conductos de metros de 10m de recorrido horizontal, la sección libre mínima de estos conductos, referida a la potencia térmica instalada, se calculará utilizando los siguientes valores del coeficiente “n” para la ventilación natural por conducto:

- 7,5 cm^2/kW para la ventilación natural directa por conducto vertical.
- 10 cm^2/kW para la ventilación natural directa por conducto horizontal.

Las secciones indicadas se dividirán en dos aberturas, por lo menos, una situada cerca del techo y otra cerca del suelo y, a ser posible, sobre paredes opuestas.

Ventilación forzada

En la impulsión forzada se dispondrá un ventilador de impulsión, soplando en la parta inferior de la sala, que asegure un caudal mínimo de:

$$Q_{min} = 1{,}8 \cdot PN + 10 \cdot A$$

Q_{min}: Caudal mínimo (m^3/h)
PN: Potencia nominal instalada (kW)
A: Superficie de la sala (m^2)

El ventilador estará enclavado eléctricamente con los quemadores, de manera que entre en funcionamiento cuando al menos uno de los quemadores funcione y para cuando todos los quemadores estén preparados.

Para disminuir la presurización de la sala con respecto a los locales contiguos, se dispondrá de un conducto de evacuación del aire de exceso construido con material incombustible y dimensionado de manera que la sobrepresión no sea mayor de 20 Pa. Estará situado a menos de 30 cm del techo y en el lado opuesto de la ventilación inferior de manera que se garantice un ventilación cruzada.

Las dimensiones mínimas de dicho conducto serán:

$$A_{conducto,min} = 10 \cdot A_{sala\ de\ calderas}$$

$A_{conducto,\ min}$: Área mínima del conducto de ventilación (cm^2)
$A_{sala\ de\ calderas}$: Área de la sala de calderas (m^2)

Las pautas de funcionamiento del sistema de ventilación forzada son enumeradas en la siguiente tabla:

	Pautas de funcionamiento del sistema
Encendido	1. Arranca el ventilador
	2. Mediante un detector de flujo o un presostato debe activarse un relé temporizado que garantice el funcionamiento del sistema de ventilación antes de dar la señal de encendido a la caldera
	3. Arranca el generador de calor
Apagado	1. Para generador de calor
	2. Solo cuando todas las calderas de la sala estén paradas debe desactivarse el relé mencionado anteriormente para el ventilador

• Tabla 15. Pautas de funcionamiento del sistema de ventilación forzada.
Fuente: IDAE-RITE

10. MUESTRAS DE INSTALACIONES EN EXTREMADURA

10.1. Balneario “El Raposo”:

FICHA TÉCNICA INSTALACIÓN DE BIOMASA:	BALNEARIO EL RAPOSO
Potencia caldera (kW)	220 kW
Rendimiento caldera (%)	90%
Tipo de quemador	QUEMADOR CON PARRILLA MÓVIL
Tipo de combustible	ASTILLA FORESTAL
Capacidad del silo (m3)	180 m^3
Autonomía aproximada silo	2,5 MESES
Tipo de sistema de transporte de combustible	TORNILLO SINFÍN CON BRAZOS MÓVILES PARA ROTUTA DE BÓVEDA
Demanda aproximada media anual (kWh)	660.000 kWh
Aplicación	CALEFACCIÓN Y A.C.S.
Consumo aproximado combustible anual (kg)	250.000 kg

- Tabla 15. Características técnicas de la instalación de biomasa en “El Raposo”.

- Fig. 21. Fotografía de la nave de calderas y del silo.

- Fig. 22. Caldera de 220 kW

- Fig. 23. Tornillo sinfín de alimentación a la caldera

El estudio económico que se hizo para la instalación fue:

- Consumo de gasoil a sustituir con biomasa: 75.000 litros/año
- Coste de gasóleo: **48.000 €/año**
- Precio de la biomasa: 45 €/Toneladas
- Consumo anual de biomasa: 220-250 Toneladas
- Coste anual de biomasa: **9.900 €/año**
- **AHORRO ANUAL CON BIOMASA: 38.100 €/AÑO.**
- Coste instalación (con subvención): 114.075 €
- **Retorno inversión: 2,99 años**

10.2. Residencia de Ancianos en Carrascalejo (Cáceres):

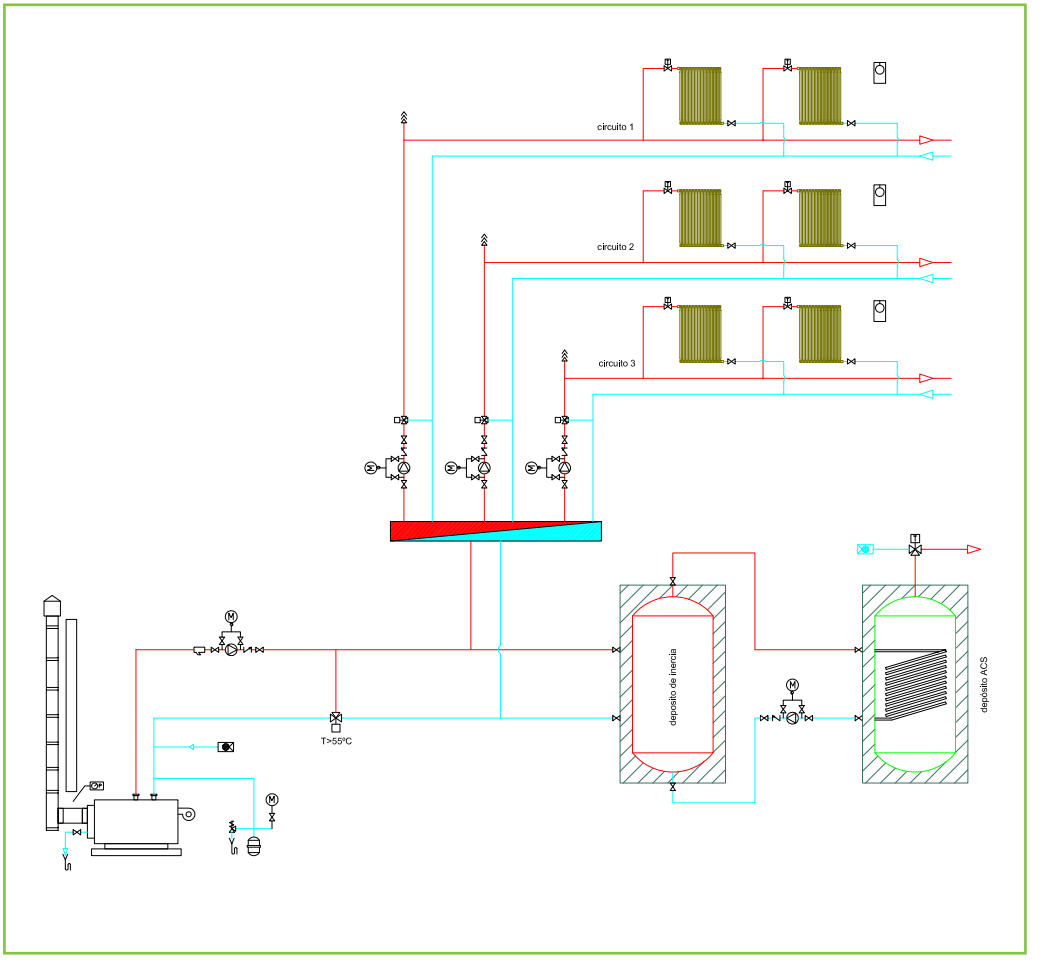
Esta residencia cuenta con una instalación con caldera de 150 kW modelo Powerfire TDS 150, para pellets y astillas. El sistema de alimentación consta de un agitador sobre suelo inclinado y canal con tornillo sinfín. La instalación incluye un depósito de inercia y da servicio tanto de agua caliente sanitaria como de calefacción. El combustible utilizado es pellets.

- Fig. 24. Caldera de 150 kW

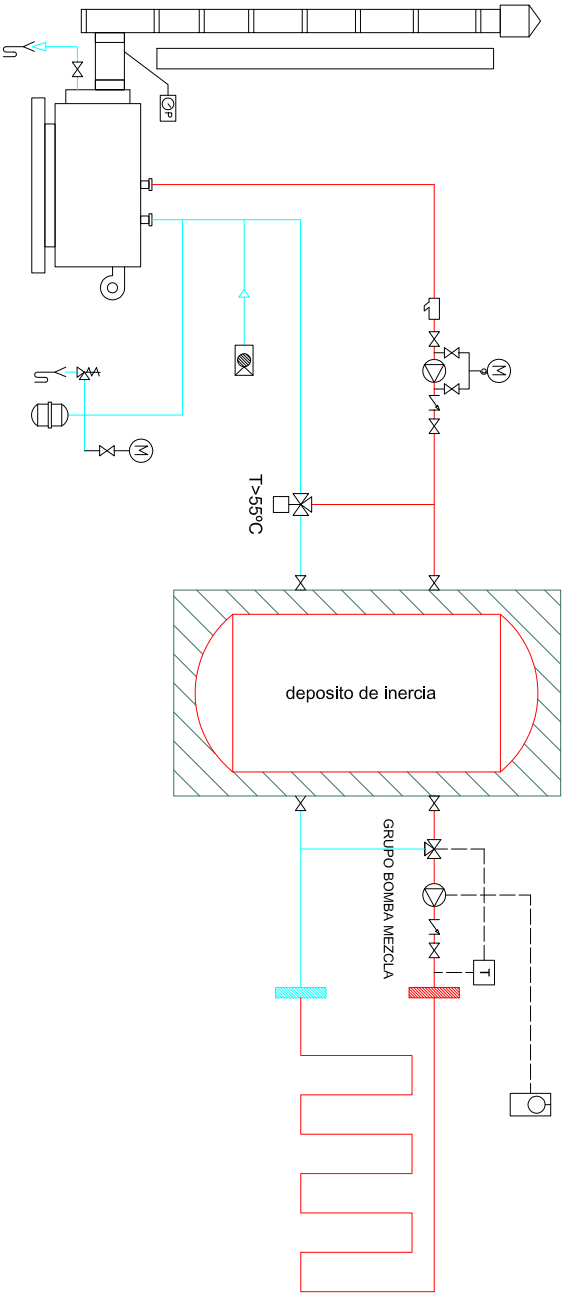
- Fig. 25. Sala de calderas.

ANEXO 1: ESQUEMAS HIDRAÚLICOS

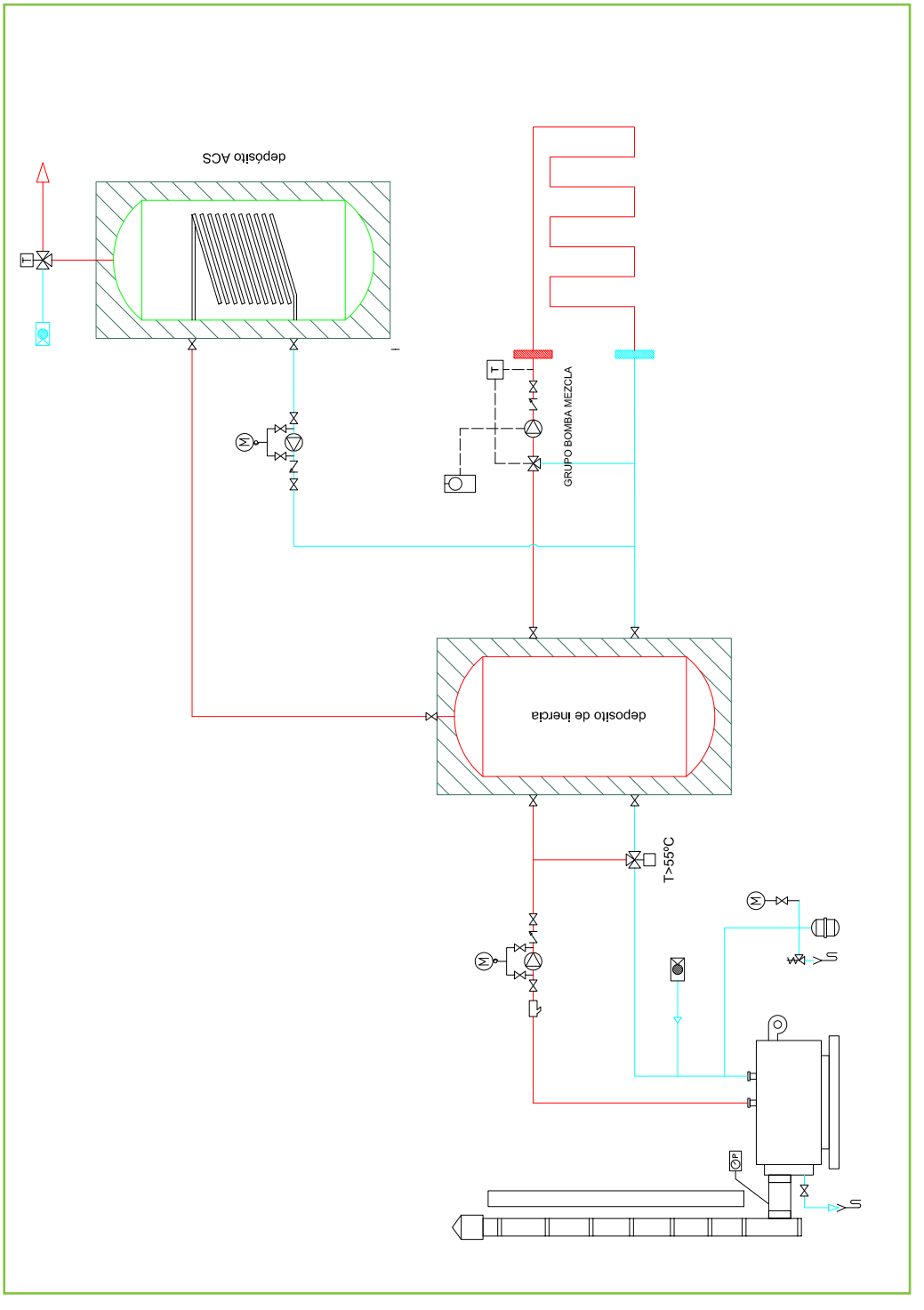
1.Instalación de calefacción y producción de ACS con control de la temperatura de retorno



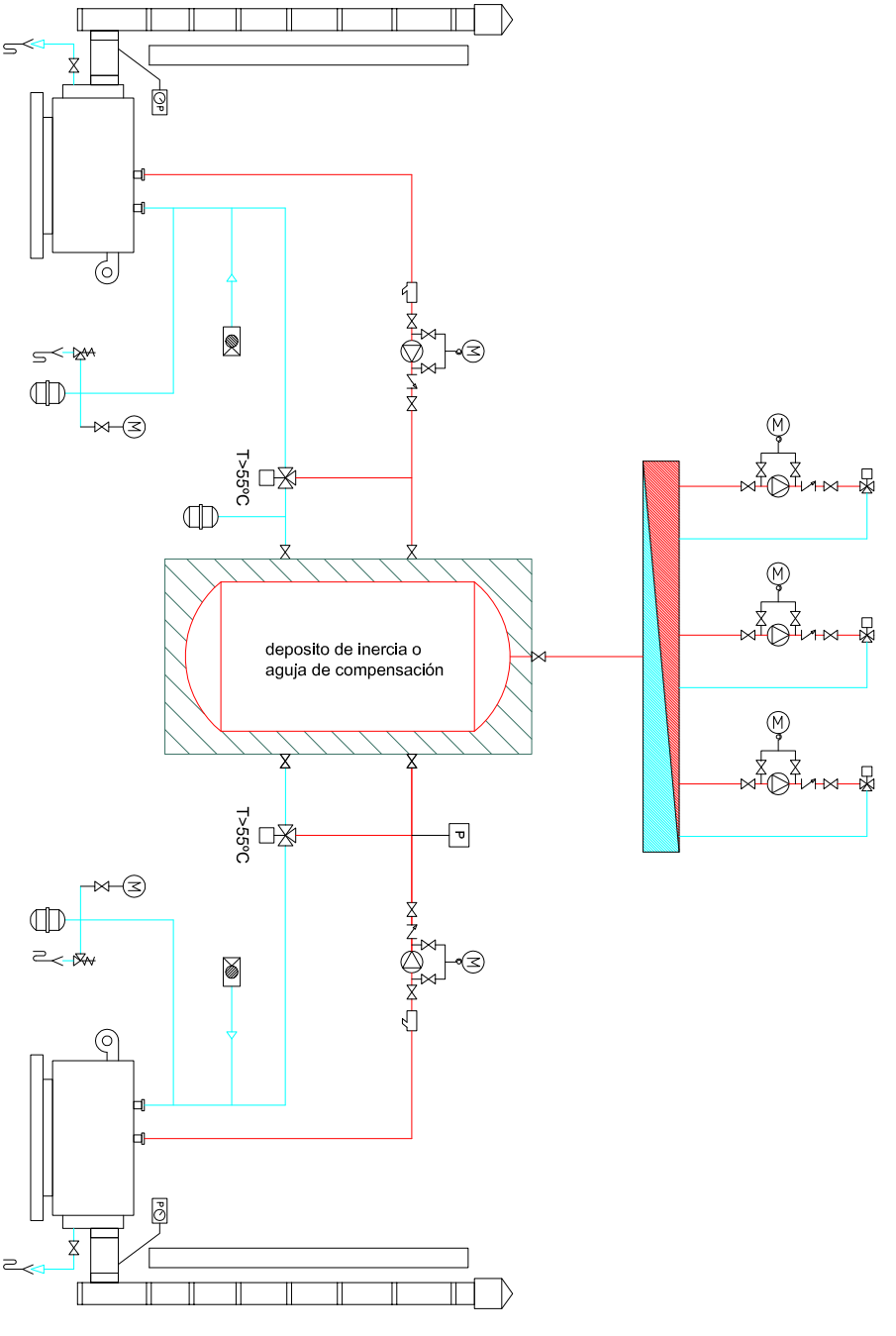
2.Instalación de calefacción de suelo radiante



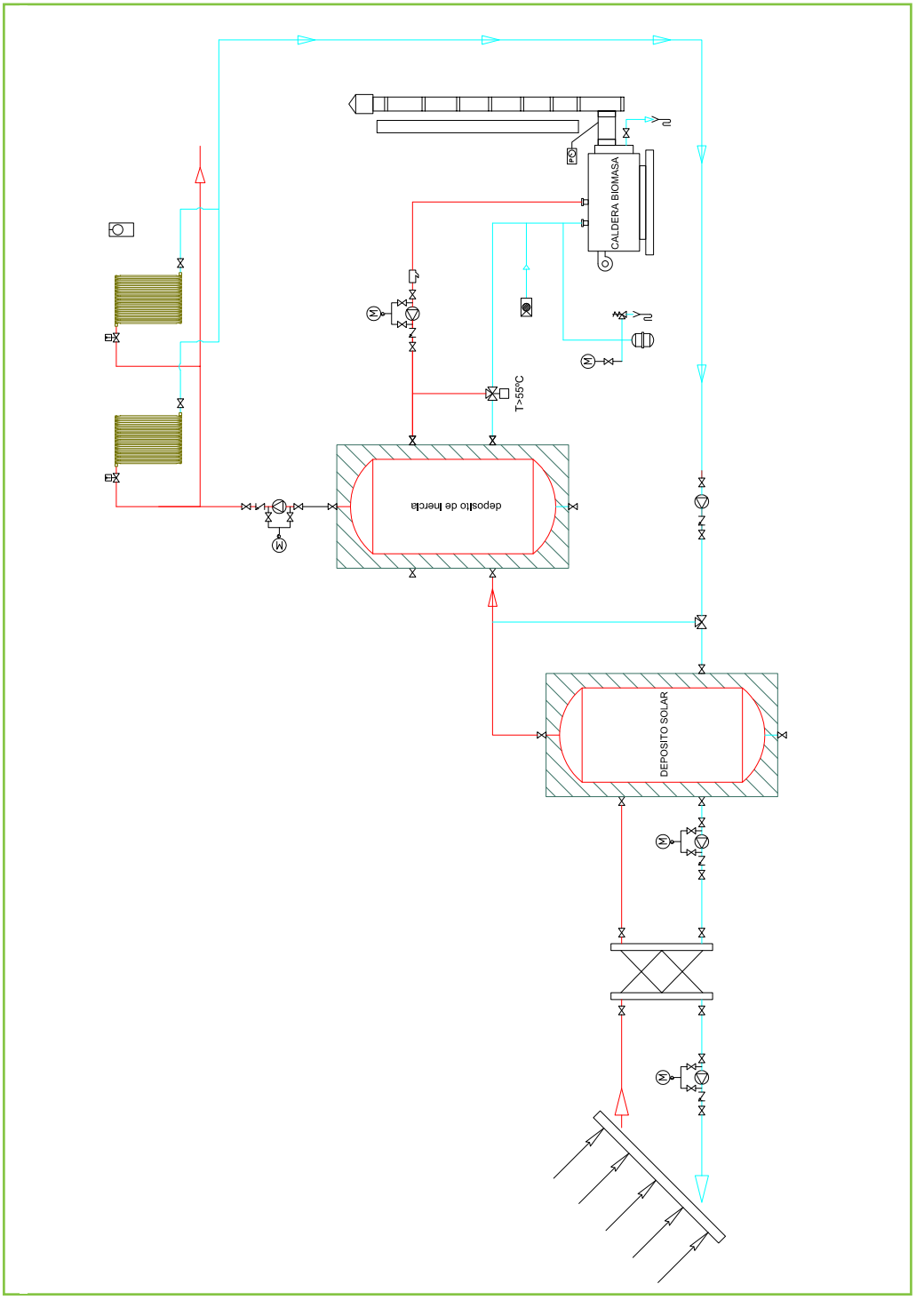
3.Instalación de suelo radiante y ACS



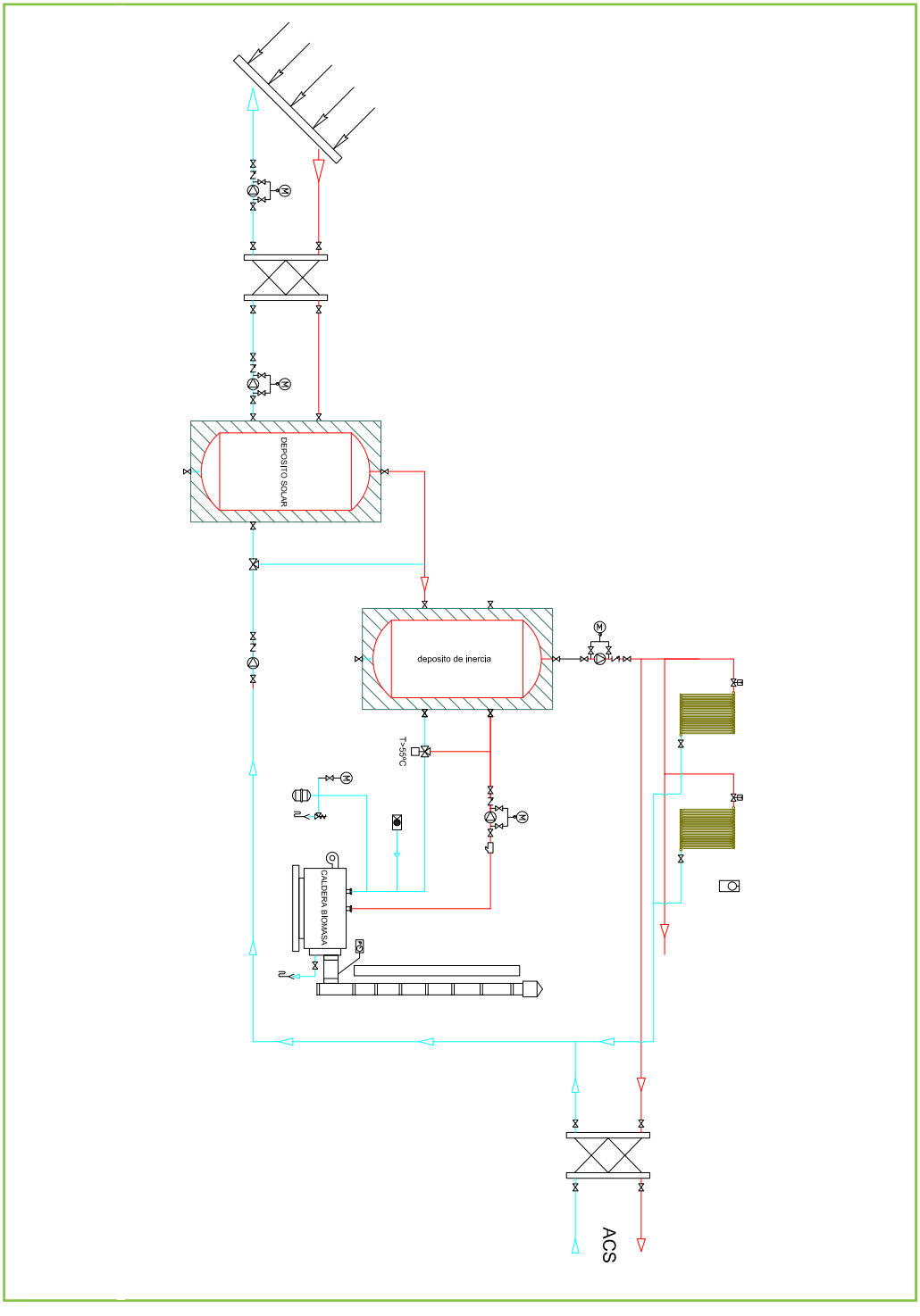
4.Instalación con caldera doble



5.Instalación combinada solar-biomasa para calefacción



6.Instalación combinada solar-biomasa para calefacción y ACS



BIBLIOGRAFÍA

- IDAE. Biomasa: Climatización. 2008.
- IDAE. Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios. 2009.
- IDAE. Biomasa: Edificios. 2007.
- Jornadas El Instalador: Calderas Ecoeficientes. 2009
- García Benedicto, L. Calefacción de edificios mediante usos térmicos de la biomasa. IDAE.
- García Benedicto, L. Desarrollo de proyectos de biomasa para la calefacción de edificios y bloques de viviendas. IDAE.
- Ángel Torrescusa Valero, Conocimientos básicos de Instalaciones Térmicas en Edificios.
- http://www.idae.es/
- http://www.industriaextremadura.com/
- http://www.juntaex.es/
- www.agenex.org/