

CONVOCATORIA DE JUNIO DE 2018

**AUDITORÍA Y PUESTA EN MARCHA DE LA
INSTALACIÓN TÉRMICA DE UNA
RESIDENCIA DE LA TERCERA EDAD**

PEDRO EMILIO DE LA FUENTE GONZÁLEZ

DIRECTOR: JUAN CARCEDO HAYA

(AUDIT AND START-UP OF THE THERMAL INSTALLATION
OF A RESIDENCE FOR THE ELDERLY PEOPLE)

TRABAJO FIN DE GRADO

PARA ACCEDER AL TÍTULO DE:

GRADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ÍNDICE

1.	Introducción	6
2.	Objeto.....	6
3.	Autor.....	6
4.	Localización	7
4.1	Ubicación.....	7
5.	Situación del proyecto.....	8
5.1	Antecedentes y descripción del edificio.....	8
5.2	Alcance	9
6.	Reglamento	9
7.	Fuentes de energía en la instalación.....	10
7.1	Gasóleo.....	10
7.2	Solar térmica	10
7.3	Energía eléctrica.....	10
8	Estudio de la demanda energética.....	10
8.1	Condiciones de diseño	10
8.1.1	Horario y funcionamiento	10
8.1.2	Condiciones exteriores de cálculo.....	11
8.1.3	Condiciones interiores de cálculo	12
8.1.4	Descripción de los cerramientos.....	13
8.2	Métodos de cálculo utilizados.....	14
8.2.1	Metodología de cálculo del ACS.....	14
8.2.1.1	Cálculo ACS.....	16
8.2.1.2	Cálculo potencia caldera	17
8.2.2	Metodología de cálculo de la calefacción	21
8.2.2.1	Cálculo potencia de la caldera.....	21
8.2.2.2	Cálculo consumo calefacción	23
8.2.3	Metodología de cálculo de la aportación solar térmica.....	24
8.2.3.1	Cálculo del aporte solar térmico	24
8.2.4	Metodología de cálculo del consumo de la cocina-propano	34
8.2.4.1	Cálculo del consumo en concina	34
8.2.5	Metodología de cálculo consumo energético fósil	36
8.2.5.1	Cálculo del consumo total energético fósil, costes y emisiones.....	36
8.2.6	Metodología de cálculo del dimensionamiento del sistema de refrigeración....	38
8.2.6.1	Cálculo de potencia de la enfriadora	38



8.2.7	Metodología de cálculo del dimensionamiento del sistema de climatización ...	39
8.2.7.1	cálculo del caudal necesario para la climatización.....	39
9	Auditoría de la instalación térmica	42
9.1	Calderas.....	42
9.1.1	Posibles combustibles	42
9.1.2	Tecnologías de calderas	46
9.2	Sistema solar térmico.....	48
9.3	Tuberías.....	53
9.4	Red de conductos.....	54
9.5	Pruebas.....	54
9.6	Acumuladores de ACS	55
9.7	Chimenea	55
9.8	Sistema eléctrico	55
9.9	Ventilación sala de calderas	55
9.10	Sistema de climatización y refrigeración.....	56
10	Plan de mejoras propuestas	57
10.1	Calderas.....	57
10.1.1	Combustible	57
10.1.2	Tecnología	57
10.2	Sistema solar térmico.....	59
10.3	Chimenea	60
10.4	Características de seguridad de la sala de calderas propuestas	60
11	Estudio de la nueva demanda energética	62
11.1	Condiciones de diseño	62
11.2	Métodos de cálculo	62
11.2.1	Cálculo del sistema de ACS.....	62
11.2.2	Cálculo del sistema de calefacción.....	64
11.2.3	Cálculo del aporte solar térmico	65
11.2.4	Cálculo del consumo en cocina	71
11.2.5	Cálculo consumo gas propano	72
11.2.5.1	Cálculo del consumo total energético fósil, costes y emisiones	72
12	Justificación de la reforma del sistema térmico.....	73
12.1	Económico.....	73
12.2	Rendimiento o eficiencia del sistema	74
12.3	Reducción de emisiones.....	74



12.4	Reunificación de combustibles.....	75
12.5	Balance global del sistema	75
13	Diseño de las mejoras	76
13.1	Punto de funcionamiento del sistema de ACS	76
13.1.1	Funcionamiento de la caldera	76
13.1.2	Funcionamiento de los paneles solares	76
13.1.2.1	Distancia entre hileras de captadores.....	77
13.1.2.2	Circuito hidráulico	78
13.2	Funcionamiento de las UTAs.....	85
13.3	Punto de funcionamiento del sistema de calefacción	88
13.3.1	Control de la temperatura.....	88
13.3.2	Control de la humedad.....	90
13.4	Punto de funcionamiento del sistema de refrigeración.....	90
13.4.1	Control de la temperatura.....	90
13.4.2	Control de la humedad.....	91
13.5	Cálculo de la chimenea.....	94
14	Diseño del depósito de propano	96
14.1	Características	96
14.1.1	Cálculo de los caudales máximos de consumo, vaporización	97
14.1.2	Características de servicio	98
14.1.3	Elección del tamaño del depósito	98
14.1.4	Cálculo de la autonomía del depósito	101
14.2	Ubicación del depósito.....	102
14.3	Red de distribución del gas propano.....	102
14.3.1	Cálculo de la red de distribución del propano	102
14.3.1.1	Tramo 1-General	104
14.3.1.2	Tramo 2-Cocina	104
14.3.1.3	Tramo 3-Sala de calderas	105
14.3.1.3.1	Tramo 4-Interior sala de calderas	105
14.3.2	Elementos de regulación de la instalación.....	107
14.4	Medidas de seguridad	108
14.4.1	Medidas de seguridad a adoptar	110
15	Plan de puesta en marcha.....	110
16	Estudio económico de las mejoras propuestas.....	113
16.1	Ayudas y subvenciones	115



16.2	Amortización de la obra	115
16.2.1	Sin tener en cuenta ayudas y subvenciones	115
16.2.2	Teniendo en cuenta ayudas y subvenciones.....	116
17	Bibliografía y enlaces web.....	116



1. Introducción

El grado en Ingeniería de los recursos energéticos, es una carrera que busca dar solución a las necesidades energéticas actuales y futuras. Para ello se tienen en cuenta todos los recursos existentes, ya sean de origen renovable o no renovable. Como resultado de esto, forma profesionales en el campo de la producción, almacenamiento, transporte, gestión y uso eficiente de la energía.

Durante los últimos años la sociedad ha adquirido un gran concienciamiento medioambiental debido a la realidad del cambio climático. Diversas organizaciones mundiales llevan advirtiendo del problema del calentamiento global durante años, pero es ahora cuando sus efectos son más que evidentes, cuando la sociedad es conocedora de la gravedad del problema. Para frenar la acción del cambio climático, organizaciones gubernamentales han llegado a diversos acuerdos para frenar las emisiones de gases de efecto invernadero, destacando de estos el CO₂. La dependencia energética de las sociedades modernas hace que sea necesario buscar alternativas más limpias como sustitución de los combustibles convencionales como el carbón o el petróleo.

Hoy en día se tienen diversas fuentes de generación energética renovable, pero toda ayuda es poca en lo referente a reducir las emisiones de CO₂. Un pequeño ejemplo de reducción de estas emisiones son las pequeñas instalaciones domésticas, que mediante la autogeneración de energía eléctrica solar o eólica y/o la generación de agua caliente a partir de placas solares térmicas.

De acuerdo con lo anterior el presente documento pretende plasmar los conocimientos adquiridos a lo largo de mis estudios, poniéndolos en relieve en este caso práctico como mi proyecto final de grado.

2. Objeto

El presente proyecto pretende recoger de una forma clara, detallada y precisa todos los aspectos técnicos que puedan intervenir en la ejecución de la auditoría y puesta en marcha de la residencia de ancianos.

Se trata de un proyecto en ejecución, siendo su principal objetivo la realización de una auditoría de la instalación térmica, detallando las características técnicas y económicas de las posibles reformas a tener en cuenta en la sala de calderas que da servicio a la calefacción y al agua caliente, así como de la puesta en marcha del resto de sistemas de la instalación, paneles solares térmicos, la enfriadora y las UTAs.

3. Autor

Nombre y apellidos: Pedro Emilio de la Fuente González.

Titulación: Grado en ingeniería de los Recursos Energéticos.

4. Localización

La ubicación del proyecto se encuentra en la localidad manchega de Villamanrique.



Figura 1. Vista aérea de la localidad de Villamanrique. Fuente: sigpac.

En concreto se encuentra en la zona sur de la localidad.



Figura 2. Parcela de la Residencia de la Tercera Edad. Fuente: sigpac.

4.1 Ubicación

La ubicación se muestra en la Figura 2 y en la Figura 3 se muestra la parcela en cuestión. Los datos sobre esta son los siguientes:

Calle Rey Juan Carlos I numero 19

13343 Villamanrique, Ciudad Real, Castilla La Mancha

Las coordenadas que definen su situación son las siguientes:

Latitud: 38°32'37.7"N

Longitud: 2°59'45.4"W



Figura 3. Parcela de la Residencia de la Tercera de Edad. Fuente: sigpac.

5. Situación del proyecto

5.1 Antecedentes y descripción del edificio

La Residencia de la Tercera Edad se encuentra situada, como muestra el apartado anterior, en la localidad manchega de Villamanrique, en concreto en la calle Rey Juan Carlos I número 19, teniendo una antigüedad aproximada de tres años. La residencia nunca ha entrado en funcionamiento teniendo todos los equipos necesarios para ello ya instalados. Debido a esto, se va a realizar una auditoría que determine el estado de la instalación para una inminente puesta en marcha. La auditoría se va a centrar en el estado de la instalación térmica, pero también revisará, otras instalaciones como la hidráulica, pero teniendo en cuenta que se encuentran en perfectas condiciones a priori al no haber sufrido uso alguno. Los trabajos de auditoría y puesta en marcha se centrarán en la instalación térmica del edificio, así como en la puesta a punto del resto de sistemas de la instalación.

El edificio tiene una altura total de 3 plantas y un semisótano. La sala de calderas se encuentra en el semi sótano del edificio. La sala de calderas está compuesta por dos calderas que actualmente utilizan gasóleo. Las características de estas calderas son:

- 1 Ud. Caldera marca Ferroli modelo GN2 N L 2S 10 con una potencia de 180 kW, 154.800 Kcal/h. Dispone de un quemador de dos etapas marca Ferroli modelo SUN G 20 con un caudal de 8 kg/h a 20 kg/h.
- 1 Ud. Caldera marca Ferroli modelo ATLAS 95 L con una potencia de 95 kW, 81.700 Kcal/h. Dispone de un quemador de dos etapas marca Ferroli modelo SUN G 10 2S con un caudal de 4 kg/h a 10 kg/h.

La instalación original cuenta con una potencia instalada de 275 kWt, que se utilizan para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción. El sistema de calefacción está formado por un circuito de suelo radiante, que también sirve como refrigerador. El sistema de calefacción esta alimentado por las dos calderas ya nombradas y por una instalación solar térmica ya existente, que tampoco se ha puesto en marcha nunca. Además, el sistema cuenta



con dos depósitos de acumulación de agua caliente de 1000L cada uno, ubicados en la sala de calderas. En la azotea del edificio se encuentra la instalación solar, la enfriadora y dos UTAs.

- La enfriadora es de la marca Ciat y el modelo es el hydropack 1450 U de 284,4 kWt.
- Las dos UTAs son de la marca Luymar y cada una es capaz de mover un caudal de 8.676m³/h con 4kW de potencia.
- El sistema de captadores solares está formado por 13 captadores, instalados en tres baterías en paralelo, dos baterías de 5 captadores en serie y otra de 3 en serie. Los captadores son de la marca Termicol y corresponden al modelo T20 PS de 1,9m² de área de captación.

El área del edificio no es simétrica en las tres plantas, la planta baja es la que mayor área ocupa con 1340m², al igual que el semisótano, sobre esta se erigen dos edificios de dos plantas en la zona este y oeste de 422 y 234m² respectivamente. De los 1.340 m² de la planta baja, 550m² no son climatizables debido a que están dedicados a terraza, escaleras de emergencia y a dos ascensores, por lo que quedan 790 m². Esto hace que la superficie por planta sea de 656m² la primera y segunda y de 790 m² la planta baja, sumando un total de 2.102m² netos.

5.2 Alcance

La auditoría se centra en la sustitución de las calderas actuales de la instalación que funcionan con la tecnología del gasóleo por calderas de gas propano de condensación, así como los ajustes necesarios en las instalaciones hidráulicas para el correcto conexionado de las nuevas calderas a la instalación ya existente. Por otro lado, la puesta en marcha de la instalación abarca la revisión de los sistemas de climatización y la instalación solar, pues se debe comprobar que se encuentran en perfectas condiciones a pesar de las inclemencias meteorológicas y que se encuentran al corriente de la normativa vigente.

En lo referido a las instalaciones hidráulicas y a los cerramientos, al ser de reciente construcción, no se entrará en la reforma o modificación de estos. La potencia total instalada de la instalación se recalculará para comprobar que se encuentra correctamente dimensionada.

6. Reglamento

Debido a que la construcción ya se encuentra realizada de forma reciente, el grueso del reglamento ya se ha tenido en cuenta en el proyecto inicial.

En lo que concierne a este proyecto la normativa a tener en cuenta es:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. RITE (R.D. 1027/2007 de 20 de Julio), versión consolidada según Real Decreto 238/2013.
- RD 919/2006 de 28 de Julio. Reglamento Técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ICG.
- UNE 60.670:2014 Instalaciones Receptoras de Gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar.
- UNE 60.601:2013 Salas de máquinas y equipos autónomos de generación de calor o frío o para cogeneración, que utilizan combustibles gaseosos.
- UNE EN 61.779:2002 Aparatos eléctricos para la Detección y medida de gases inflamables.
- Código Técnico de la Edificación y sus Documentos Básicos: HE1, HE2, HE3 y HE4.



- RD 1027/2007 consolidado en 2013. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión y sus instrucciones complementarias.
- UNE 60250 de 2016. Instalaciones de almacenamiento de gases licuados del petróleo (GLP) en depósitos fijos para su consumo en instalaciones receptoras.
- UNE 60310 de 2011. Canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión máxima de operación hasta 5bar.
- Ordenanzas municipales.

7. Fuentes de energía en la instalación

En la actualidad, para satisfacer las necesidades térmicas y de climatización, la instalación cuenta con tres fuentes energéticas, que son las siguientes:

7.1 Gasóleo

Es la fuente energética sobre la que gira la presente auditoría, pues se pretende buscar una alternativa más eficiente y menos contaminante. Es la principal fuente energética, pues satisface las necesidades de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción de la instalación.

7.2 Solar térmica

Es la fuente energética que sirve de apoyo al sistema de ACS. La instalación se encuentra en la terraza del edificio y la instalación cuenta con 13 paneles solares de la marca Termicol modelo T20 PS, conectados en tres baterías en paralelo, dos baterías de 5 paneles en serie y la restante de 3. La superficie de los captadores solares es de 1,9m² y se encuentran en posición vertical.

7.3 Energía eléctrica

Es la otra gran fuente energética en lo referido a climatización, pues es la que hace funcionar a la enfriadora y a las dos UTAs que climatizan el edificio. Tanto la enfriadora como las UTAs se encuentran en la azotea.

La enfriadora es de la marca Ciat modelo Hydropack 1450 U, tiene una potencia refrigeradora de 284,4kW.

Las dos UTAs son de la marca Luymar capaces de mover cada una un caudal de 8.676m³/h con 4kW de potencia.

8 Estudio de la demanda energética

El estudio de la demanda energética es necesario para conocer la estimación de las necesidades de los residentes y asegurar el correcto funcionamiento del sistema para conseguir dar un buen servicio a los residentes. En este apartado se definirán las características que determinarán las necesidades energéticas de ACS y calefacción de la instalación.

8.1 Condiciones de diseño

8.1.1 Horario y funcionamiento

El uso de la instalación es constante los 365 días del año. Al tratarse de una Residencia de la Tercera Edad, las instalaciones han de calcularse para poder dar un servicio de garantía durante las 24 horas del día, todos los días del año.



El periodo de funcionamiento del sistema de calefacción se concentrará en los meses de otoño, invierno y primavera. El sistema contará con unos horarios prefijados de calefacción controlados por termostatos. Así se tienen tres periodos de calefacción que se ubicarán en la mañana, mediodía y tarde-noche. Los periodos de funcionamiento se establecerán más adelante.

En lo referente al uso de ACS y agua caliente general, su previsión se encuentra más limitada, puesto que siempre que haya demanda se deberá cubrir. Aun así, se pueden establecer una serie de periodos de consumo fijo debido a las diferentes labores que se desarrollan en la Residencia, que son las siguientes:

- Durante la mañana: Trabajos de lavandería, aseo de los residentes, desayunos y lavavajillas y limpieza.
- En el mediodía: Elaboración de las comidas y lavavajillas y limpieza.
- Durante la noche: Aseo de los residentes, elaboración de las cenas y lavavajillas y limpieza.

Además, el sistema ha de estar capacitado para ser capaz de cubrir cualquier tipo de demanda en cualquier momento tanto del día como de la noche.

8.1.2 Condiciones exteriores de cálculo

Las condiciones exteriores de cálculo son necesarias para determinar la demanda térmica instantánea máxima (temperaturas seca y húmeda, oscilación media diaria, velocidad media del viento...). Para obtener estos datos he recurrido a la norma UNE 100001 "Climatización. Condiciones climáticas para proyectos".

Tabla 1. Condiciones externas.

Latitud	38°32'37.7"Norte
Altitud (m)	680
Velocidad media del viento (km/h)	0,00
Temperatura seca en verano (°C)	31,60
Temperatura húmeda en verano (°C)	19,00
Percentil de condiciones de verano	5.0%
Temperatura seca en invierno (°C)	-3,70
Percentil de condiciones de invierno	97.5%
Variación diurna (°C)	16



8.1.3 Condiciones interiores de cálculo

Las condiciones interiores de una residencia de ancianos se deben ajustar para que los residentes sientan confort en las zonas que habitan. Buscando la máxima comodidad de todos los residentes, las condiciones térmicas de las estancias se han de ajustar en función de una serie de características tales como el tipo de ropa, la actividad metabólica o velocidad media del aire entre otras que permitan establecer un rango de temperaturas de confort.

Teniendo en cuenta el RD 1027/2007 consolidado en 2013, se pueden considerar los siguientes márgenes de temperatura y humedad, como idóneos para la habitabilidad de la residencia.

Tabla 2. Condiciones internas.

Estación	Temperatura (°C)	Humedad (%)
Verano	23-25	45-60
Invierno	21-23	40-50

Los valores de la Tabla 2 se han calculado para:

- Actividad metabólica de 1,2met
- Índice de vestimenta de 0,5 en verano y 1 en invierno

El grado de satisfacción de los datos anteriores se encuentra entre un 85 y 90% de los residentes.

Para explicar los valores referidos a la actividad metabólica y al grado de vestimenta, me refiero al documento del IDAE “Bienestar térmico de un espacio climatizado, artículo 2”:

- El índice de vestimenta viene referido al aislamiento térmico de la ropa, tomando como índice 0 el ir desnudo. En la siguiente tabla se encuentran los valores utilizados:

Tabla 3. Índice de vestimenta. Fuente: IDAE (Bienestar térmico de un espacio climatizado).

TIPO DE VESTIMENTA	AISLAMIENTO TÉRMICO (clo)
Desnudo	0,0
En pantalón corto	0,1
Vestimenta tropical: pantalón corto, camisa manga corta y sandalias	0,3
Vestimenta de verano ligera: Pantalón largo ligero, camisa de manga corta, calcetines ligeros y zapatos	0,5
Vestimenta de trabajo.	0,7
Vestimenta de invierno ligera: Camisa de manga larga, pantalón grueso, jersey, calcetines gruesos, zapatos,	1,0
Vestimenta de invierno	1,5



- A la hora de establecer la actividad metabólica es más complicado acertar exactamente la referida a cada persona. En el documento ya nombrado se encuentra la siguiente tabla:

Tabla 4. Actividad metabólica. Fuente: IDAE (Bienestar térmico de un espacio climatizado).

Actividad metabólica	sensible	latente	met
ACTIVIDAD	W	W	
durmiendo	50	25	0,76
tumbado	55	30	0,86
sentado, sin trabajar	65	35	1,0
de pie, relajado	75	55	1,3
paseando	75	70	1,5
andando			
a 1,6 km/h	50	110	1,6
a 3,2 km/h	80	130	2,1
a 4,8 km/h	110	180	2,9
a 6,4 km/h	150	270	4,2
bailando moderadamente	90	160	2,5
atlética en gimnasio (hombres)	210	315	5,0
deporte de equipo masculino (valor medio)	290	430	6,9
trabajos:			
muy ligero, sentado	70	45	1,2
moderado (en oficinas; valor medio)	75	55	1,3
sedentario (restaurante, incluidas comidas)	80	80	-
ligera de pie (industria ligera, de compras etc.)	70	90	1,6
media de pie (trabajos domésticos, tiendas etc.)	80	120	2,0
manual	80	140	2,1
ligero (en fábrica; sólo hombres)	110	185	2,8
pesado (en fábrica; sólo hombres)	170	255	4,0
muy pesado (en fábrica; sólo hombres)	185	285	4,5

Al poder encontrar diferentes situaciones de metabolismo, es necesario llegar a un acuerdo medio del metabolismo de los residentes, en este caso se encuentra comprendido entre 1 y 1,5, por lo que se toma el valor de 1,2 como valor medio teniendo en cuenta a su vez que dicha actividad podría acomodarse a la de trabajo ligero, coincidente con 1,2.

8.1.4 Descripción de los cerramientos

Debido a la reciente construcción del edificio, aproximadamente 3 años, y al no haber sufrido uso alguno, se consideran los cerramientos en perfectas condiciones. Además, debido a su reciente construcción y a que la normativa vigente durante su construcción es la misma que se encuentra vigente hoy en día, esta auditoría no entra a valorar la posibilidad de deficiencias en su construcción.

A la hora de realizar cálculos posteriores si se considerase oportuno, en lo referido a las condiciones de los cerramientos se considerarán los valores establecidos en la "Guía técnica para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios" del IDAE para los diferentes materiales.



8.2 Métodos de cálculo utilizados

El objeto de este apartado es el de estimar el consumo energético del edificio si se encontrase en funcionamiento. De esta forma se estimarán los consumos de ACS y calefacción, para traducirlos posteriormente en emisiones contaminantes a la atmósfera. Finalmente se comprobará si existe algún ahorro energético o mejora medioambiental con las mejoras propuestas en dicha auditoria, y así poder decidir acerca de los cambios propuestos para la instalación.

8.2.1 Metodología de cálculo del ACS

El cálculo del sistema de ACS cuenta con tres factores a tener en cuenta. El primero de ellos y más importante, es la demanda; conociendo los usos y servicios del edificio es posible estimar la demanda del edificio. El segundo, una vez conocida la demanda de ACS del sistema y teniendo en cuenta el almacenamiento de ACS, se ha de comprobar la potencia necesaria de la caldera, puesto que se puede dar el improbable caso de que no satisfaga las necesidades de la demanda o que la potencia de la caldera sea superior a las necesidades de demanda, una situación más posible. Por último, se ha de tener en cuenta el sistema solar térmico de ACS que sirve de apoyo al sistema convencional, pero este punto se estudiará en profundidad en un punto dedicado a ello en exclusiva.

Para estimar el cálculo de ACS, debido a que no se conocen datos reales, los cálculos se estimarán tomando como guion las instrucciones recogidas en la sección del HE4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria". En el punto 4 de la sección nombrada, se encuentra la tabla de ayuda al cálculo de la demanda, considerando una temperatura de suministro de 60°C.

Tabla 5. Criterio de demanda.

Fuente: HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

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

La instalación de este proyecto además cuenta con una serie de instalaciones como son cafetería/restaurante, vestuarios y servicio de lavandería. Como en la tabla anterior no se encuentra tabulado el consumo de agua caliente para el servicio de lavandería, se tomarán como buenos los datos obtenidos de la "Guía técnica de agua sanitaria central" del IDAE que establece el uso de 3 a 5 litros de agua por cada kilo de ropa, por lo que se tomarán 4 litros por kilo de ropa. En lo referido a la cafetería restaurante es necesario explicar que se toma como cafetería los desayunos, y las comidas y cenas se toman únicamente como un único servicio de comidas; esto es así porque se llega a la conclusión que las exigencias del menú se encuentran cerradas y son necesarias menos elaboraciones gastronómicas, conllevando un menor consumo de agua.

La instalación cuenta también con gimnasio para los residentes, pero tratándose de una residencia de ancianos, no se considera oportuno el añadir el valor tabulado, debido a la baja actividad física de este tipo de gimnasios. Además, cabe añadir que la instalación cuenta con servicio de peluquería para los residentes, pero dado que su uso se encuentra muy limitado a



unas pocas veces al mes y no por la totalidad de los residentes; además el consumo de agua en dicha actividad es reducido, tampoco se considera a la hora de realizar el cálculo de ACS.

8.2.1.1 Cálculo ACS

Para realizar el cálculo de la demanda de ACS de la instalación se ha seguido la siguiente tabla obtenida de la sección de “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria” del HE4, donde se indica los litros día por persona mínimos para una temperatura de 60°C.

Tabla 6. Criterio de demanda.

Fuente: HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

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

A partir de ella se obtienen los valores a tener en cuenta en función de los servicios que se den en la instalación.

La residencia de ancianos a estudio cuenta con una capacidad de 40 residentes y un personal de 15 trabajadores. Además, se presta servicio de cafetería, cocina, lavandería y tiene vestuarios para el personal. Respecto al servicio de lavandería, no se encuentra tabulado el consumo de ACS en la legislación vigente, por lo que se ha recurrido a la “Guía técnica de agua caliente sanitaria central” del IDAE de 2010 en la que se estimaba el consumo en lavandería de 3 a 5 litros por kg de ropa.



Los valores tenidos en cuenta para el cálculo de la demanda de ACS se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 7. Demanda de ACS

Tipo de Edificio	Litros/día a 60°C	Unidades	Litros
Residencia de ancianos	41L por residente	40 residentes	1.640
Cafetería	1L por almuerzo	40 almuerzos	40
Restaurante	8L por comida	80 comidas	640
Lavandería	4L por kg de ropa	10 kg diarios	40
Vestuarios	21L por persona	15 personas	315
		Total	2.675

Como se puede ver, se ha considerado al consumo de cocina el similar al de un restaurante, teniéndose en cuenta tanto las comidas como las cenas.

Una vez explicado todo esto, se estima un consumo de 2.675 litros diarios de agua caliente sanitaria a 60°C, y serán los tenidos en cuenta para cálculos posteriores.

8.2.1.2 Cálculo potencia caldera

Conocer la demanda de ACS es un punto fundamental a la hora de dimensionar la caldera, puesto que esta se ha de elegir con el objetivo de satisfacer las necesidades de la instalación. Para realizar el cálculo se ha utilizado la “Guía técnica de agua caliente sanitaria central” del IDAE de 2010.

Un sistema de agua caliente sanitaria central, se trata de un sistema en el que el ACS se produce de forma instantánea, semi-instantánea o con acumulación de forma centralizada. Esto quiere decir que únicamente hay una o un conjunto determinado de calderas que dan servicio a toda la instalación, en lugar de tener cada consumidor una caldera individual “in situ” que le proporcione el ACS.

- Sistema instantáneo: se trata de sistemas sin capacidad alguno de almacenamiento de ACS, por lo que toda la demanda ha de ser cubierta por la caldera al momento.
- Sistema semi instantáneo: sistemas en los que existe cierto grado de acumulación, pero no el suficiente para cubrir la demanda. En estos sistemas la caldera se apoya en la acumulación para satisfacer la demanda.
- Sistema con acumulación: Un gran porcentaje de la demanda se encuentra cubierta por la acumulación de ACS. La demanda es cubierta por el ACS almacenado, sin necesidad de un aporte directo como en los sistemas instantáneo y semi. La caldera en estos sistemas se encarga de que la temperatura en los acumuladores se encuentre siempre entre las temperaturas consigna consideradas.

La instalación en estudio está formada por: una caldera de 95kW de potencia de la marca Ferroli modelo Atlas 90L de gasóleo; dos inter acumuladores, cada uno de 1000 litros, en los que se almacena agua a una temperatura de 70°C; un sistema de generación de ACS mediante



paneles solares térmicos, que será objeto de estudio más adelante; y el sistema de distribución y recirculación de ACS a 60°C.

Antes de entrar en el cálculo de la potencia hay que conocer los siguientes términos:

- Caudal punta: porcentaje máximo de la demanda diaria total, que se puede llegar a dar en un hipotético caso, pero es bastante improbable que se dé.
- Porcentaje de acumulación: capacidad de la acumulación de cubrir el caudal punta supuesto.

La demanda, ya calculada en el punto anterior es de 2.675 litros diarios y se tendrá en cuenta un caudal punta del 50% de la demanda, es decir 1.337,5 litros. Puesto que nuestro sistema de acumulación es superior a la demanda punta estimada, el porcentaje de acumulación de nuestro sistema es del 100% del caudal punta.

Los datos que se usaran para el cálculo de la potencia de la caldera se muestran en la tabla 3.

Tabla 8. Parámetros a utilizados.

Temperatura acumulación	70°C
Temperatura suministro	60°C
Temperatura media del agua de red	11,4°C
Dimensiones de los inter acumuladores	Ø 0,9x1,85 m
Rendimiento del sistema de ACS	80,04%
Rendimiento de la caldera	94%
Rendimiento distribución ACS	87%
Potencia máxima a 60-80°C	95kW
Rendimiento a potencia máxima	92 %

El dato de la temperatura media del agua de distribución de red o AFS, ha sido obtenido del programa CHEQ4 del IDAE que se usa para el cálculo de instalaciones térmicas solares. Se ha tomado de aquí la información, debido a que se trata de un programa de un medio oficial del estado y que permite obtener la temperatura del AFS introduciendo la provincia y localidad, por tanto, esto es más preciso que utilizar la temperatura media del agua de la capital de provincia, que en este caso sería Ciudad Real.

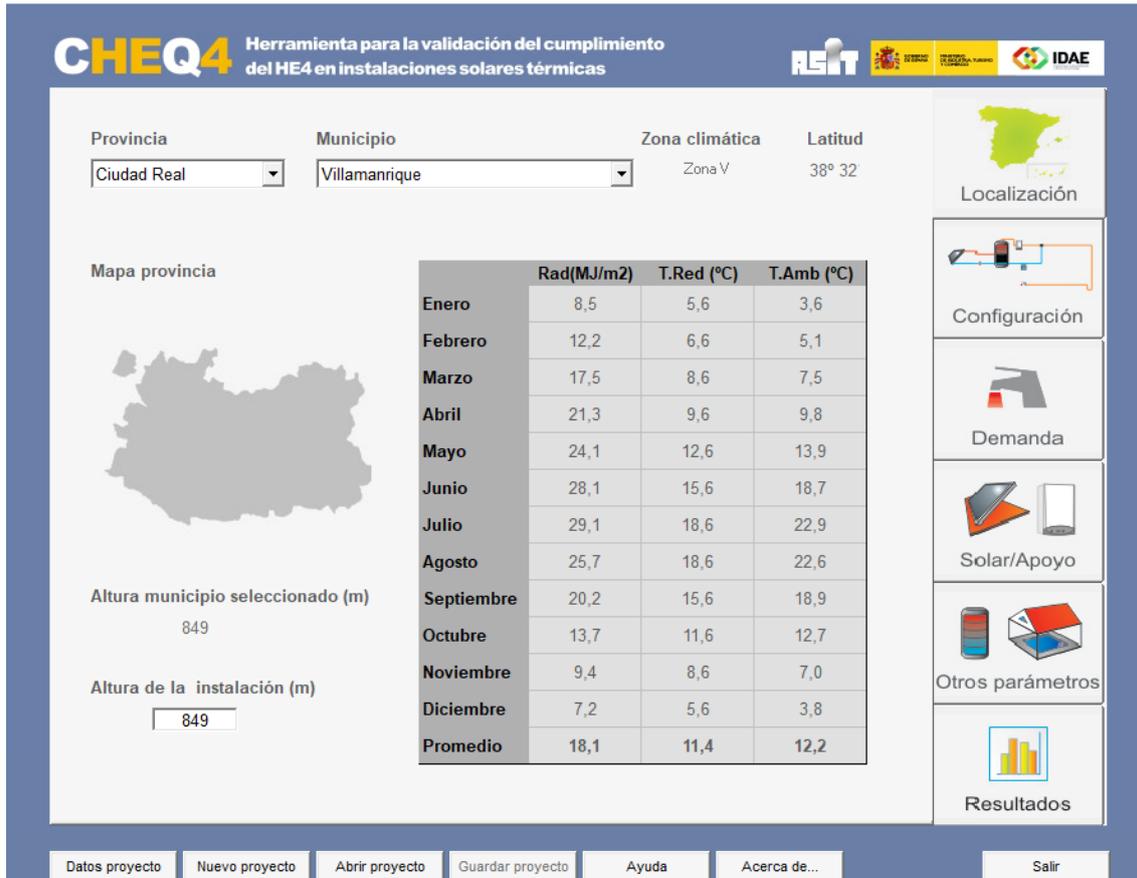


Figura 4. Temperatura media del agua de red.

Factor de uso de acumulación.

“Es el factor de uso del volumen acumulado, depende de la geometría (esbeltez) y del número de depósitos de acumulación, ya que en el interior de los mismos existe una zona de mezcla entre las aguas fría y caliente, en la cual la temperatura resulta inferior a la de uso, por lo que dicho volumen no puede ser utilizado. Si existen varios depósitos conectados hidráulicamente en serie, el factor de uso se aplicará a uno solo, los demás contribuirán con su volumen total; si la conexión es en paralelo afecta a todos”.

$$F_{uso} = 0,63 + 0,14 * \frac{H}{D}$$

$$F_{uso} = 0,92$$



Potencia a instalar.

“Se tiene una ecuación con tres incógnitas: el caudal durante la punta, el volumen de acumulación y la potencia a instalar; la potencia será mayor cuanto mayor sea el consumo en punta y cuanto menor sea el volumen de acumulación”.

$$P_{ins} = [Q_{punta} * (T_{acs} - T_{afs}) - Vacum * (T_{acs} - T_{afs}) * Fuso] * \frac{1,16}{\eta_{sist}}$$

$$P_{ins} = -68.665,62W$$

Se produce un resultado negativo debido a que el volumen de acumulación es superior al consumo del caudal punta. Por lo tanto, la potencia a instalar se ha de calcular teniendo en cuenta el tiempo de recuperación que le lleva a la cadera reponer da demanda en los inter acumuladores en 3 o 4 horas. He tomado 3 horas por ser más exigente en cuanto a potencia a instalar.

$$P_{ins} = [Q_{punta} * (T_{acu} - T_{afs})] * \frac{1,16}{3 * \eta_{sist}}$$

$$P_{ins} = 37.863,53W$$

Por tanto, la potencia de la caldera necesaria para cubrir la demanda punta máxima considerada es de 37,86kW.

El tiempo que tardaría en reponer la caldera la temperatura de 70°C a su potencia máxima es:

$$T = \frac{37,86 * 3}{P_{max} * \eta_{Pmax}}$$

$$T = 1,29954 \text{ h} = 1 \text{ hora y } 18 \text{ minutos}$$

Aplicando la misma fórmula y tiempo de recuperación a la hipótesis de que fuese necesario elevar la temperatura de los acumuladores de la temperatura del agua de red, la más perjudicial, a 70°C tras un fallo del sistema o una demanda desorbitada el resultado es:

$$P = 56.618,36W$$

Lo que es igual a 56,62 kW

Finalmente se va a calcular la energía consumida a lo largo del día teniendo en cuenta la demanda ya calculada de 2.675 litros.

$$E = [Vacu * (T_{acu} - T_{afs})] * \frac{1,16}{\eta_{sist}}$$

$$E = 227.181,16Wh = 227,18 \text{ kWh/día}$$

Esto significa que el consumo energético anual es de 82.921,12kWh anuales.



8.2.2 Metodología de cálculo de la calefacción

A la hora de realizar la estimación del consumo o demanda del sistema de calefacción, es necesario realizar dos estudios por separado. El primer estudio está dirigido a comprobar si la potencia de la caldera utilizada para calefacción se encuentra correctamente dimensionada para la instalación. El segundo referido a la demanda de energía térmica, o lo que es lo mismo la estimación de funcionamiento de la caldera, para satisfacer las necesidades de calefacción por suelo radiante como las necesidades de climatización de las UTAs situadas en la terraza del edificio.

Para estimar la generación de agua caliente del sistema de calefacción, se establecerán diferentes periodos a lo largo del día con el objeto de mantener una temperatura constante en el edificio.

Debido a esto se toma como sistema más eficiente de calefacción, establecer tres periodos de funcionamiento a lo largo del día, apoyado por el sistema de climatización que servirá para mantener la temperatura de confort durante el día.

Para realizar la estimación de consumo se establecerán diferentes regímenes de regulación diarios estableciendo las horas a cada tipo de régimen. Así finalmente se podrá obtener la generación de energía térmica y obtener finalmente el consumo energético.

8.2.2.1 Cálculo potencia de la caldera

El sistema de calefacción está encabezado por la caldera de gasóleo marca Ferroli modelo GN2 N L 2S 10 con una potencia de 180 kW. Esta caldera se destina a calefactar el edificio de dos formas diferentes: mediante un sistema de suelo radiante y mediante las UTAs situadas en la terraza del edificio.

El edificio está formado por tres plantas habitables y con un semisótano en el que se encuentra la sala de calderas y demás servicios del edificio. Las plantas con sistema de calefacción son la planta baja, el primer y segundo piso. Para calcular la potencia es necesario saber la superficie de cada una de las plantas. La primera planta y la segunda no ocupan la totalidad del área de la planta baja, ya que se erigen sobre esta en forma de dos edificios; uno más corto y ancho destinado a las habitaciones de 422 m²; otro más largo y estrecho, destinado a diferentes salas de 234 m²

- Planta baja: superficie de 1.340m².
- Primera planta: superficie de 656 m².
- Segunda planta: superficie de 656 m².

De esta forma la superficie bruta del edificio es de 2652 m². A esta superficie hay que restarle la zona no climatizada de la planta baja dedicada a terraza, escaleras y ascensores sumando una superficie de 550 m² aproximadamente. Esto hace que la superficie neta a climatizar se queda en 2.102 m².

Para el cálculo de la potencia necesaria se toma 100 W/ m². Hay diversas fórmulas para calcular la potencia total. Se ha optado por analizar dos fórmulas, una directa y otra que tiene en cuenta diferentes parámetros.



Método directo

Se ha de tener en cuenta la superficie a calefactar así como la potencia por metro cuadrado elegida. Se ha elegido 100W/ m² debido a que se encuentra dentro del margen de 65 W/ m² a 125 W/ m². Por lo que se considera un valor intermedio que además es ampliamente utilizado por la mayoría de los instaladores.

De esta forma se obtiene que:

$$P_{ins} = A * K_{t\acute{e}rnica}$$

$$P_{ins} = 2.102 * 100$$

$$P_{ins} = 210.200 \frac{W}{m^2}$$

Entonces en una primera aproximación la potencia estimada es de 210kW.

Método según parámetros

Este método tiene en cuenta, al igual que el método directo, la superficie a calefactar así como la potencia por metro cuadrado de dicha superficie, pero además se incluyen tres factores que son: orientación, clase de aislamiento y zona climática. Quedando la fórmula:

$$P_{ins} = A * O * K_{aislamiento} * Z_{climática} * K_{t\acute{e}rnica}$$

El área y la constante térmica del suelo se quedan igual que en el método anterior, y hay que elegir las condiciones estructurales y climáticas del edificio para obtener el resultado.

- Orientación: en función de hacia donde se oriente el edificio se elegirá entre:
 - o Norte: 1,12
 - o Sur: 0,92
 - o Este: 1
 - o Oeste: 1
- Aislamiento: el grado de aislamiento interfiere en las pérdidas térmicas, a menores pérdidas menos potencia es necesaria.
 - o Buen aislamiento: ventanas y tabiques dobles, 0,93
 - o Aislamiento sencillo: ventanas dobles y tabiques sencillos o ventanas sencillas y tabique doble, 1
 - o Sin aislamiento: ventanas y tabiques sencillos, 1,10
- Zona climática: en función de la región de España en la que se encuentre construcción se necesitará más o menos potencia por sus características climáticas.
 - o Zona A: 0,88
 - o Zona B: 0,95
 - o Zona C: 1,04
 - o Zona D: 1,12
 - o Zona E: 1,19



Figura 5. Zonas climáticas en España. Fuente: caloryfrio.com.

En el punto de orientación se tiene en cuenta 1, debido a que la orientación de los dos bloques que forman la primera y segunda planta se orientan a este y oeste.

Teniendo en cuenta estos factores la fórmula quedaría de la siguiente forma:

$$P_{ins} = 2.102 * 1 * 0,93 * 1,12 * 100$$

$$P_{ins} = 218.944,32W = 218,94kW$$

Finalmente se comprueba que ambos métodos conducen a una potencia entre 210kW y 220kW, por lo que la potencia instalada debiera ser la más desfavorable en el papel, lo que hace ser 220kW la potencia que debiera estar instalada.

8.2.2.2 Cálculo consumo calefacción

La estimación del consumo de la caldera marca Ferroli modelo GN2 N L 2S 10 con una potencia de 180 kW con un rendimiento aproximado del 92%, se va a realizar estimando diferentes regímenes de funcionamiento, cada uno asociadas a un número de horas diarias. Como la potencia instalada es inferior a la que debiera estar instalada que se ha calculado con anterioridad, en la estimación del consumo se deberán tener en cuenta más horas de las necesarias con el objetivo de cubrir las necesidades térmicas.

En el cálculo se considerará un uso de la caldera continuado de 7 meses, tomando 30 días por mes. La modulación de la caldera será: 100%, 80%, 50% y 30%. El rendimiento de la caldera se toma como del 92% constante de forma independiente a la modulación, aun sabiendo que puede ser demasiado alto, pero es el dado por el fabricante. No se tienen en cuenta las pérdidas por transporte dado que el sistema de calefacción es de suelo radiante y esto hace que la mayor superficie del edificio a calefactar este destinada a la transferencia de calor.



Tabla 9. Consumo anual en calefacción.

Potencia kWt	Modulación (%)	Rendimiento (%)	Potencia Real kWt	Horas/día	Horas/mes	Nº meses	Horas/año	Energía consumida (kWth/año)
180	100	92	165,6	2	60	7	420	69.552,00
180	80	92,5	133,2	2,5	75	7	525	69.930,00
180	50	93,5	84,15	3	90	7	630	53.014,50
180	30	94	50,76	3	90	7	630	31.978,80
Total								224.475,30

Se obtiene que el consumo real es de 224.475,30 kWt anuales y que, de estos, 209.029,26 kWt están destinados al servicio de climatización del edificio, debido a que el rendimiento global de la caldera es de 93,12%.

8.2.3 Metodología de cálculo de la aportación solar térmica

El edificio cuenta con una instalación solar térmica en la azotea, que sirve de apoyo al sistema de ACS, por lo que parte del consumo de ACS viene suministrado de forma renovable. A la hora de contabilizar el ACS generado de forma convencional, es necesario restar el aporte solar para ser más estrictos con los consumos de combustibles fósiles y a la vez con las emisiones.

Para realizar el cálculo del aporte solar se va a utilizar el propio software que da el certificado de cumplimiento de la normativa, que se trata de un programa que permite situar la instalación en la localidad en cuestión, además de elegir diferentes características de la misma, haciendo del software un programa aparentemente minucioso; para corroborar los datos calculados mediante el software, también se va a calcular las características de la instalación a partir de las condiciones atmosféricas locales, demanda de ACS y características de los captadores solares, así habrá dos métodos de cálculo y finalmente se habrá definido correctamente la instalación. Hay que decir que la legislación vigente hace referencia principalmente a cubrir un determinado porcentaje del uso (más adelante se hablará de este) destinado a ACS (incluyendo otros servicios como lavandería, restaurante o cafetería) así como, a la relación entre acumulación y área de captación solar.

8.2.3.1 Cálculo del aporte solar térmico

En la azotea del edificio se encuentra la instalación de paneles solares térmicos que sirven de apoyo a la generación de ACS del edificio. La instalación está formada por 13 paneles, colocados en tres baterías, dos de ellas de 5 paneles en serie mientras que la restante es de tres en serie. Los paneles son de la marca Termicol y el modelo es el T20 PS con un área de captación de 1,9m².

Los paneles se encuentran colocados en posición vertical con orientación sur y una inclinación de 20°. Este sistema cede el calor al primero de los dos inter-acumuladores conectados en serie, que se encuentran en la sala de calderas del semisótano. El motivo de que se encuentre conectado al primero de los inter-acumuladores es que de esta forma se precalienta el agua entrante mediante la energía solar, esta agua precalentado pasa al segundo inter acumulador donde se incrementa la temperatura gracias a la acción de la caldera de gasóleo de ACS, si fuese necesario.



El aporte térmico del sistema de paneles solares se trata de una gran medida de ahorro energético, debido a que una vez realizada la instalación todo el aporte que realice se restará al aporte que tenga que hacer la caldera convencional, lo que significa un gran ahorro económico por la reducción del consumo de combustible. De igual manera al reducir el consumo de combustible, se reducen las emisiones de CO₂ asociadas al combustible, y en este caso al tratarse de gasóleo también se reducen las emisiones de NO_x y compuestos de azufre.

Para determinar el aporte del sistema solar térmico hay que establecer el marco legislativo vigente, para conocer el porcentaje de ACS que es obligatorio a aportar. Para ellos es necesario dirigirse a la sección del HE4 del IDAE llamada “contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”. En esta sección se detallan los diferentes ámbitos de aplicación de la normativa en función de la zona climática o las necesidades del sistema de acumulación entre otras.

Para asegurar que la instalación cumple la normativa, el “CHEQ4”, preparado para el cálculo de instalaciones solares en función de parámetros como son: la zona climática (localidad), la demanda de ACS, la marca y modelos de los paneles, orientación, inclinación, paneles totales, número de paneles en serie... La ventaja que aporta este programa es la facilidad de realización de cálculos puesto que los parámetros que incluye cumplen la normativa vigente, además de reunir toda la normativa referida a la instalación de paneles solares. Otra ventaja es que cuenta con una base de datos lo suficientemente elevada como para tener una gran cantidad de fabricantes y dentro de cada uno de ellos una gran variedad de modelos distintos. Por lo que los parámetros de las placas no se meten de forma manual y no se pueden falsear las características. Además, se van a realizar los cálculos aparte del software del IDAE, para corroborar la validez de los datos obtenidos, obteniendo un segundo cálculo que a priori debería dar un resultado parejo.

Al final de incluir toda la información requerida, el “CHEQ4” muestra si se cumple o no se cumple la normativa, además, dice el aporte solar de la instalación.

La normativa principal a tener en cuenta a la hora de calcular estas instalaciones es cumplir el aporte solar mínimo, que depende de la zona climática de la instalación y la relación entre acumulación y área de captación.

Tabla 10. Aporte solar mínimo según zona climática. Fuente: HE4.

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

La instalación se encuentra en la zona climática V, por lo que el aporte solar mínimo es del 60% del consumo.

La otra gran norma que se ha de cumplir es que la relación entre el volumen de acumulación entre el área total de captación se ha de encontrar entre 50 y 180. Así se pretende tener capacidad suficiente para almacenar la energía solar sin que sea de manera excesivamente elevada o demasiado baja en relación con el sistema de acumulación.

Resultados CHEQ4

El resultado del cálculo de la instalación solar es el siguiente:

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Provincia: Ciudad Real Municipio: Villamanrique Zona climática: Zona V Latitud: 38° 32'

Mapa provincia

Altura municipio seleccionado (m): 849

Altura de la instalación (m): 849

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	8,5	5,6	3,6
Febrero	12,2	6,6	5,1
Marzo	17,5	8,6	7,5
Abril	21,3	9,6	9,8
Mayo	24,1	12,6	13,9
Junio	28,1	15,6	18,7
Julio	29,1	18,6	22,9
Agosto	25,7	18,6	22,6
Septiembre	20,2	15,6	18,9
Octubre	13,7	11,6	12,7
Noviembre	9,4	8,6	7,0
Diciembre	7,2	5,6	3,8
Promedio	18,1	11,4	12,2

Localización
 Configuración
 Demanda
 Solar/Apoyo
 Otros parámetros
 Resultados

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de... Salir

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

ASIT

CONSUMO ÚNICO

Instalación con sistema prefabricado

Instalación con intercumulador

Instalación con intercambiador independiente

Instalación con intercambiador y piscina cubierta

CONSUMO MÚLTIPLE

Instalación con todo centralizado

Instalación con apoyo distribuido

Instalación con acumulación distribuida

Instalación con intercambio distribuido

INSTALACIÓN CON TODO CENTRALIZADO

Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo múltiple con acumulación solar centralizada, intercambiador de calor externo, acumulación de apoyo centralizada y conexión directa del circuito de distribución.

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto | Nuevo proyecto | Abrir proyecto | Guardar proyecto | Ayuda | Acerca de... | Salir

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

ASIT

CONSUMO ÚNICO

Aplicación:

Número de...:

Demanda calculada (l/día a 60 °C):

CONSUMO MÚLTIPLE

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="40"/>	7,0	196
Tipo B	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0
Tipo C	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0
Tipo D	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0
Demanda calculada (l/día a 60 °C)		196		

CONSUMO TOTAL

Otras demandas (l/día a 60°C):

Demanda total (l/día a 60°C): 2.675

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto | Nuevo proyecto | Abrir proyecto | Guardar proyecto | Ayuda | Acerca de... | Salir

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

ASIT

CAPTADORES

Empresa:

Marca/Modelo:

Datos de ensayo	
Área (m2)	1,9
n0 (-)	0,77
a1 (W/m2K)	6,8
a2 (W/m2K2)	0,007
Qtest(l/hm2)	72
k50	0,85
Laboratorio	INTA
Certificación	NPS-16412

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

CAMPO DE CAPTADORES

Núm. captadores: Captadores en serie: Pérdidas sombras (%):

Orientación (°): Inclinación (°): Área total captadores (m2): 24,70

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO

Caudal prim.(l/h): Anticongelante (%): Long. circuito (m):

Diám. tubería (mm): Esp. aislante (mm): Aislante:

SISTEMA DE APOYO

Tipo de sistema:

Tipo de combustible:

Datos proyecto | Nuevo proyecto | Abrir proyecto | Guardar proyecto | Ayuda | Acerca de... | Salir

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

ASIT

VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

Volumen total (l):

Vol/Área (l/m2): 80,97

DISTRIBUCIÓN

Long. circuito (m):

Diám.tubería (mm):

Esp. aislante (mm): T. imp.(°C):

Aislante:

PISCINA CUBIERTA

Altura (m):

Apertura diaria (h):

Superficie lámina (m2):

Humedad relativa (%):

Temp. ambiente (°C):

Temp. piscina (°C):

Renov. volumen día (%):

Ocupación (pers/m2):

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

VOLUMEN ACUMULACIÓN SUBESTACIONES

Tipo A (l): Tipo C (l):

Tipo B (l): Tipo D (l):

Volumen total (l): 0 Vol/Área (l/m2):

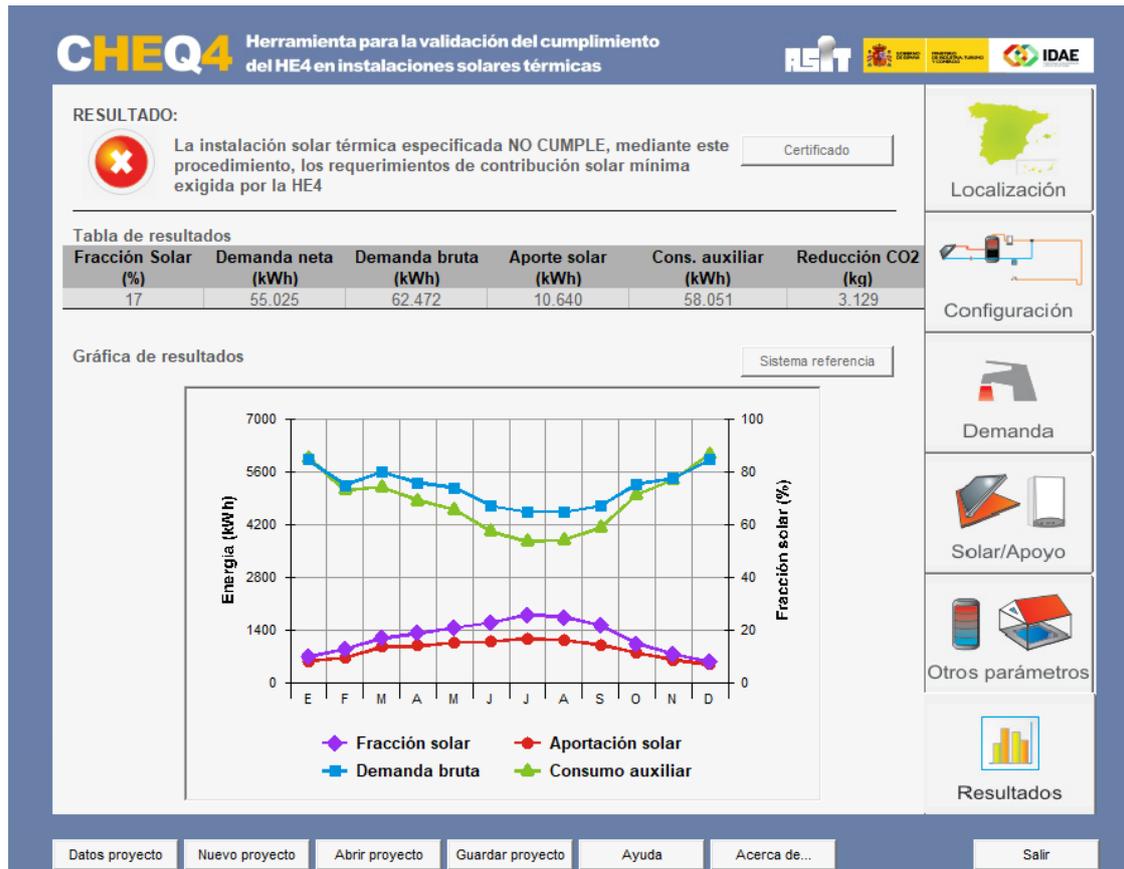
DISTRIBUCIÓN SUBESTACIONES

Long. total (m):

Diám. tubería (mm):

Esp. aislante (mm):

Aislante:



Como se ve en la última captura, el aporte solar es del 17% cuando debiera ser del 60% del consumo de ACS.

Cálculo manual

Se puede decir que el cálculo cuenta de tres partes diferenciadas:

- Características térmicas de la localidad
- Características solares de la localidad
- Características técnicas de la instalación

El periodo de funcionamiento, como ya se ha dicho anteriormente, es durante todo el año, y para realizar el cálculo de la instalación, se realiza para la condición de ocupación máxima, la más desfavorable en cuanto a exigencias térmicas. El consumo diario de ACS, ya se ha calculado anteriormente, por ello se toma el valor de 2675l diarios, que se pasarán a m³ y se multiplicara por el número de días para obtener el consumo total mensual.

La temperatura de almacenamiento del ACS es de 70°C, pero la temperatura máxima de ACS que aportará la instalación solar es de 60°C que se trata de la temperatura de distribución de ACS. La temperatura media de la red de agua de la localidad es muy importante de conocer, ya que en función de esta el salto térmico para alcanzar la temperatura de 60°C será mayor o menor. Como no se conocen los datos de la temperatura media de red, se van a tomar como validos los mismos datos que se utilizan en el CHEQ4, para así homogeneizar resultados. Normalmente, se suelen utilizar los datos de la capital de provincia, en este caso Ciudad Real, pero al encontrarse bastante distante y estar considerada Zona IV y la localidad a estudio ser



Zona V, parece más representativo el considerar la temperatura propia de la localidad, o en su defecto la de una depuradora de agua potable cercana, considerando como tal los valores del CHEQ4.

Conocido el salto térmico, se obtienen las termias necesarias para dar el salto térmico. La fórmula es la siguiente:

$$T = m * Ce * \Delta T$$

T en termias

m masa de agua en m³

Ce calor específico del agua (1 termia/tonelada*°C)

ΔT salto térmico

Así se obtiene la necesidad mensual en termias, pero se necesita transformarlo en mega julios (MJ) y solamente es necesario multiplicar por 4,184 para obtenerlo. Una vez que se conoce la necesidad mensual es fácil obtener la necesidad diaria.

Tabla 11. Características térmicas de la instalación.

	Ocupación edificio (%)	Consumo mensual (m3)	Tº red (°C)	Salto térmico (°C)	Necesidad mensual (termias)	Necesidad mensual (MJ)	Necesidad diaria (MJ)
Enero	100%	82,93	5,60	54,40	4511,12	18.874,53	608,86
Febrero	100%	74,90	6,60	53,40	3999,66	16.734,58	597,66
Marzo	100%	82,93	8,60	51,40	4262,35	17.833,65	575,28
Abril	100%	80,25	9,60	50,40	4044,60	16.922,61	564,09
Mayo	100%	82,93	12,60	47,40	3930,65	16.445,82	530,51
Junio	100%	80,25	15,60	44,40	3563,10	14.908,01	496,93
Julio	100%	82,93	18,60	41,40	3433,10	14.364,07	463,36
Agosto	100%	82,93	18,60	41,40	3433,10	14.364,07	463,36
Septiembre	100%	80,25	15,60	44,40	3563,10	14.908,01	496,93
Octubre	100%	82,93	11,60	48,40	4013,57	16.792,78	541,70
Noviembre	100%	80,25	8,60	51,40	4124,85	17.258,37	575,28
Diciembre	100%	82,93	5,60	54,40	4511,12	18.874,53	608,86
Total	100%	976,38	11,43	48,57	47.390,30	198.281,02	543,24

Ahora es necesario conocer las características solares de la localidad. También se dan como buenas, la radiación incidente usada por el CHEQ4, dado que solamente se encuentran tabuladas las capitales de provincia y al ser Zona V, utilizar la Zona IV de Ciudad Real, no daría resultados objetivos. Se considera que los datos del CHEQ4 son de alguna estación meteorológica cercana.



Para calcular la radiación incidente real o energía incidente, es necesario realizar una serie de correcciones, dado que la fórmula es la siguiente:

$$E = H * c * a * k$$

E es energía incidente corregida en MJ/m²

H es energía incidente real en MJ/m²

c es un factor de corrección según la orientación, al ser sur es de 0,94.

a es la corrección ambiental, al ser una localidad pequeña y no haber industrias ni contaminación se considera de 1,05

k es un factor de corrección en función de la latitud a la que se encuentra la instalación y de la inclinación de los captadores solares, la latitud es aproximadamente 38º y la inclinación de los paneles de 20º.

Tabla 12. Corrección de latitud e inclinación. Fuente: Censolar.

LATITUD = 38°												
Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,04	1,03	1,02	1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08
10	1,13	1,11	1,08	1,05	1,02	1,02	1,03	1,05	1,09	1,14	1,16	1,16
15	1,19	1,15	1,11	1,06	1,03	1,01	1,03	1,07	1,13	1,19	1,23	1,22
20	1,24	1,19	1,13	1,07	1,02	1,01	1,02	1,07	1,15	1,24	1,3	1,29
25	1,28	1,22	1,14	1,07	1,01	0,99	1,01	1,08	1,17	1,28	1,35	1,34
30	1,31	1,24	1,15	1,06	0,99	0,97	0,99	1,07	1,18	1,31	1,4	1,38
35	1,34	1,25	1,15	1,04	0,96	0,94	0,97	1,05	1,19	1,34	1,43	1,42
40	1,36	1,26	1,14	1,02	0,93	0,9	0,93	1,03	1,18	1,35	1,46	1,45
45	1,37	1,26	1,13	0,99	0,89	0,86	0,89	1	1,17	1,36	1,48	1,47
50	1,37	1,25	1,1	0,96	0,85	0,81	0,85	0,97	1,15	1,35	1,49	1,48
55	1,36	1,23	1,07	0,91	0,8	0,75	0,8	0,92	1,12	1,34	1,49	1,48
60	1,35	1,21	1,04	0,86	0,74	0,69	0,74	0,87	1,08	1,32	1,48	1,47
65	1,33	1,18	0,99	0,81	0,68	0,63	0,68	0,82	1,04	1,29	1,46	1,45
70	1,29	1,14	0,94	0,75	0,61	0,56	0,61	0,76	0,98	1,25	1,43	1,42
75	1,25	1,09	0,89	0,69	0,54	0,49	0,54	0,69	0,93	1,2	1,39	1,39
80	1,21	1,04	0,83	0,62	0,47	0,42	0,47	0,62	0,86	1,14	1,34	1,34
85	1,15	0,98	0,76	0,55	0,4	0,34	0,39	0,55	0,79	1,08	1,29	1,29
90	1,09	0,91	0,69	0,47	0,32	0,26	0,31	0,47	0,72	1,01	1,22	1,23

Ahora se calcula la intensidad solar útil de la instalación, para ello se necesita conocer las horas útiles de sol en función de la latitud. La fórmula es la siguiente:

$$I = \frac{E}{t} = \frac{E}{t} * \frac{10^6}{3600}$$

E es energía incidente corregida en MJ/m²

I es intensidad útil en W/ m²

* el segundo término de la ecuación se utiliza para pasar de MJ a W



Tabla 13. Horas de sol útiles.

Fuente: temariosformativosprofesionales.files.wordpress.com/2013/05/calculo-energia-solar-termica.pdf.

LATITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
De + 25° a + 45° (Hemisf Norte)	8	9	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7,5
De -25° a +25° (Zona Ecuatorial)	8,75	9,25	9,5	9,25	9,75	8,5	8,75	9,25	9,5	9,25	8,75	8,5
De -25° a -45° (Hemisf. Sur)	9,5	9,5	9	9	8	7,5	8	9	9	9,5	9,5	9,5

Tabla 14. Características térmicas de la localidad.

	Radiación incidente (MJ/m ²)	Corrección orientación c	Corrección ambiental a	Corrección latitud e inclinación k	Energía corregida (MJ/m ²)	Nº horas sol útiles	Intensidad útil (W/m ²)
Enero	8,50			1,24	10,40	8,00	361,21
Febrero	12,20			1,19	14,33	9,00	442,26
Marzo	17,50			1,13	19,52	9,00	602,41
Abril	21,30			1,07	22,49	9,50	657,74
Mayo	24,10			1,02	24,26	9,50	709,43
Junio	28,10			1,01	28,01	9,50	819,07
Julio	29,10	0,94	1,05	1,02	29,30	9,50	856,61
Agosto	25,70			1,07	27,14	9,50	793,61
Septiembre	20,20			1,15	22,93	9,00	707,65
Octubre	13,70			1,24	16,77	9,00	517,50
Noviembre	9,40			1,30	12,06	8,00	418,79
Diciembre	7,20			1,29	9,17	7,50	339,53
Total	18,08			1,14	20,42	8,92	602,15

Por último, es hora de calcular las características de la instalación en función del captador solar que se instale. Otra vez, se utilizará la temperatura ambiente de la localidad usada por el CHEQ4 por los motivos ya explicados.

El rendimiento del colector solar sigue la fórmula:

$$\eta = a - b * \frac{t^{\circ}s - t^{\circ}a}{I} - c * \frac{(t^{\circ}s - t^{\circ}a)^2}{I}$$

a es el factor óptico del captador

b es el coeficiente de pérdidas 1 de la placa en W/m²K

c es el coeficiente de pérdidas 2 de la placa en W/m²K²

t[°]s es la temperatura del suministro de ACS en °C

t[°]a es la temperatura media ambiente en °C

I es la intensidad útil en W/m²



Siendo:

- a 0,77
- b 6,8 W/m²k
- c 0,007 W/m²k²

Conocido el rendimiento, se obtiene la aportación solar por unidad de superficie al multiplicar el rendimiento por la energía útil ya calculada. Dado que el sistema cuenta con pérdidas ya que no es ideal, se consideran en torno al 15%, se multiplica la aportación solar por el rendimiento y se obtiene la energía disponible al día por unidad de superficie, obteniendo fácilmente la energía disponible mensual.

Para terminar, multiplicando la energía disponible mensual por la superficie del captador por el número de captadores, se obtiene la energía solar total. Finalmente se obtiene el porcentaje del aporte solar, al dividir la energía solar total entre la energía solar que se necesita, ya calculada.

La instalación cuenta con 13 captadores de 1,9m² cada uno.

Tabla 15. Características técnicas de la instalación.

	Tº ambiente (ºC)	Rendimiento colector (%)	Aportación solar por m2 (MJ/m2)	E disponible por día y m2 (MJ/m2)	E disponible por mes y m2 (MJ/m2)	E. solar total (MJ)	% Energía renovable (%)
Enero	3,60	-35,34%	-3,68	-3,12	-96,87	-2.392,74	-13%
Febrero	5,10	-12,18%	-1,75	-1,48	-41,55	-1.026,17	-6%
Marzo	7,50	14,53%	2,84	2,41	74,75	1.846,37	10%
Abril	9,80	22,42%	5,04	4,29	128,60	3.176,41	19%
Mayo	13,90	30,72%	7,45	6,33	196,37	4.850,28	29%
Junio	18,70	41,25%	11,56	9,82	294,68	7.278,68	49%
Julio	22,90	46,42%	13,60	11,56	358,37	8.851,84	62%
Agosto	22,60	43,72%	11,87	10,09	312,68	7.723,16	54%
Septiembre	18,90	35,84%	8,22	6,98	209,52	5.175,04	35%
Octubre	12,70	11,82%	1,98	1,68	52,23	1.290,08	8%
Noviembre	7,00	-13,75%	-1,66	-1,41	-42,30	-1.044,76	-6%
Diciembre	3,80	-42,07%	-3,86	-3,28	-101,62	-2.509,97	-13%
Total	12,21	11,95%	4,30	3,66	1.344,87	33.218,21	19%

Como se muestra en los cálculos, el aporte es del 19%, sin embargo, hay meses en los que el aporte es negativo, esto significa que es necesario desconectar el sistema solar para reducir tener pérdidas al exterior. Por tanto, contabilizando como 0% los meses que cuentan con aportes negativos, el aporte final sería en torno al 22%. Dado que hay que poner la instalación en el peor de los casos, se toma el valor inicial desfavorable del 19%. Hay que tener en cuenta, que el 19% de aporte no tiene en cuenta que el fluido caloportador se encuentra mezclado con anticongelante, que resta poder calorífico al fluido. Por lo que el resultado se encontrará más cercano al 17% calculado del CHEQ4 que al 19% actual.



Por otro lado, si se contabiliza el 60% de la necesidad térmica mensual y se divide por la energía solar total, se obtiene que se necesita una superficie de 88,46m² de captadores, esto dividido por 1,9m² de cada colector, da que se necesitan 46,55 captadores, redondeando, 47 captadores para cumplir el objetivo del 60% de aporte.

Visto que los resultados obtenidos de formas diferentes son parejos, se toma como validos los obtenidos por medio del CHEQ4, dado que se trata del programa que va a acreditar la certificación de que el sistema instalado cumple con la normativa actual.

Al ver en detalle, el programa hace una estimación de 62.472kWh/anuales de consumo de ACS, cuando en el apartado dedicado al cálculo del ACS el resultado obtenido es de 81.405,09kWh/anuales. Pese a esta discordancia de datos, se tendrá en cuenta el mayor consumo de ACS y se tomará como bueno el aporte del sistema solar térmico calculado por el programa, puesto que se encuentra al corriente de la última legislación vigente y se trata de un programa de una entidad estatal que se encarga de dar los certificados energéticos a este tipo de instalaciones. Por tanto, el aporte solar térmico de la instalación es de 10.640 kWh/anuales, no cumpliendo la normativa vigente.

8.2.4 Metodología de cálculo del consumo de la cocina-propano

Dado que se realiza un estudio de la demanda energética de la instalación, resulta interesante comprobar la demanda total, incluyendo el consumo en cocina, para conocer la demanda energética proveniente de combustibles fósiles totales.

Para realizar la estimación de consumo, al no encontrarse tabulado, es necesario estimar en función de la potencia instalada de los diversos utensilios y diferentes modulaciones y horas de funcionamiento, de forma muy similar a la estimación del consumo de calefacción.

8.2.4.1 Cálculo del consumo en cocina

La cocina de la residencia funciona con gas propano embotellado. La instalación se alimenta gracias a botellas de 35kg, que se suministran previo aviso a la empresa suministradora.

La cocina está formada por:

- Cocina y horno de gas marca Olis modelo D96/10 CGG de 40,2 kW de potencia.
- Freidora de gas marca Olis modelo D9415/10 FRG de 28 kW de potencia.
- Una toma de hasta 30 kW de potencia, taponada.



96/10 CGG

96

3,5 Kw	5,6 Kw	3,5 Kw
7 Kw	5,6 Kw	7 Kw

Figura 6. Cocina y horno de Gas Olis D96/10 CGG.

El horno no viene indicado en la figura, pero es de una potencia de 8kW.



9423/10 FRG

Figura 7. Freidora de gas Olis modelo D9415/10 FRG.

La imagen es de un modelo de potencia inferior, pero la forma y construcción es similar.

El consumo de gas propano para el servicio de cocina no se encuentra tabulado, en función de un número de personas o instrumentos utilizados, como pasa en el caso del ACS. En algunas páginas de internet se establecen consumos de 1.000kWh*persona/año, pero las fuentes no son claras ni los datos fiables, por tanto, no se puede tomar a priori esta generalización como buena. Por lo que para estimar su consumo es necesario realizar una estimación de horas al día durante las cuales se utilizan los aparatos anteriormente nombrados.

Tabla 16. Estimación del consumo en cocina.

	Potencia (kW)	Modulación (%)	Horas/día	Consumo día (kWth/día)	Consumo anual (kWth/año)
Cocina	32,20	100,00	0,40	12,88	4.701,20
	32,20	70,00	2,00	45,08	16.454,20
	32,20	50,00	1,60	25,76	9.402,40
Horno	8,00	80,00	0,20	1,28	467,20
Freidora	28,00	100,00	1,00	28,00	10.220,00
Total					41.245,00



La estimación ha tenido en cuenta el total del uso diario, es decir tanto la elaboración de comidas como las cenas.

Al comparar la estimación de fuentes de expertos en las que se establece un consumo por persona y el cálculo realizado según la estimación de horas, se ve la similitud de datos, por lo que se tomará el valor calculado como bueno. Al no encontrarse una explicación 100% "científica" a los métodos por los cuales los expertos establecen un consumo determinado por persona, dado que este conocimiento ha sido adquirido a partir de su experiencia profesional a lo largo de los años no es objeto de cálculo adicional otra estimación a parte de la ya realizada.

8.2.5 Metodología de cálculo consumo energético fósil

Una vez obtenidos los datos de energía térmica generada por los sistemas de ACS, aporte solar y calefacción, se transformarán, gracias a los rendimientos de las calderas, en energía primaria consumida. Una vez tenida esta se podrán conocer las emisiones de gases de efecto invernadero emitidas a la atmosfera y costes, teniendo en cuenta el consumo energético de la cocina.

8.2.5.1 Cálculo del consumo total energético fósil, costes y emisiones

A la hora de realizar el cálculo de consumo final, se va a realizar el sumatorio energético final, pero tan solo para comprobar el consumo energético total. A la hora de establecer costes, se ha de realizar por separado, debido a que cada una de las fuentes energéticas tienen un coste diferente. Se tienen tres fuentes diferentes: el gasóleo, destinado a ACS y calefacción; el gas propano, destinado a labores de cocina; y por último el aporte solar térmico, que apoya al sistema de ACS.

Los resultados obtenidos son:

- Sistema de ACS convencional: 83.174,76 kWh
- Sistema de ACS solar: 10.640,00 kWh
- Sistema de calefacción: 224.475,30 kWh
- Sistema de cocina: 41.245,00 kWh

El cómputo global es de 348.895,06 kWh consumidos por la instalación. El aporte solar no se ha sumado al consumo total, porque se entiende como reducción de la generación de ACS convencional, pero que teniéndolo en cuenta quedaría en un total de 338.255,06kWh anuales.

El consumo también se ha de valorar desde el punto de vista económico por lo que se tienen que establecer las pautas para ello.

- Se tratará el coste energético, sin tener en cuenta el coste del mantenimiento de los sistemas.
- El aporte solar se restará de la generación de ACS convencional, puesto que se trata de un aporte sin coste, desde el punto de vista energético.
- Se considera el aporte solar como fijo, es decir que la totalidad del aporte solar calculado se producirá a lo largo del año.

Los poderes caloríficos y precios estimados son os siguientes:



Tabla 17. Características de los combustibles.

Fuente de los poderes caloríficos "petromercado.com" precios obtenidos a día 5 de marzo de 2018.

	PCI	PCS	Precio
Gasóleo	9,98 kWh/l	10,18 kWh/l	0,594 €/l*
Propano	12,93 kWh/kg	14,08 kWh/kg	1,43 €/kg**

*El precio del gasóleo puede variar. Se tiene en cuenta como densidad 0,89 kg/l. No se incluye IVA.

**El precio del propano es de 60,4€ la bombona de 35kg, se trata de un precio de libre mercado y el precio puede variar. No se incluye IVA.

Una vez explicado esto se procede al cálculo del coste energético del sistema:

Tabla 18. Consumos por tecnología en kWh.

	Gasóleo	Propano	Solar térmico
Calefacción	224.475,30	-	-
ACS	82.921,12	-	10.640,00
Cocina	-	41.245,00	-

Tabla 19. Coste energético total.

	Gasóleo (kWh)	Propano (kWh)	Gasóleo (l)	Propano (kg)	Gasóleo (€)	Propano (€)
Calefacción	224.475,30	-	22.492,52	-	13.365,39	-
ACS	72.281,12	-	7.242,60	-	4.303,66	-
Cocina	-	41.245,00	-	3.189,87	-	4.549,66

En el cálculo de los costes, se han tenido en cuenta los PCI del gasóleo, al ser una caldera convencional, y del propano.

Tabla 20. Costes totales.

	Gasóleo (€)	Propano (€)	Total (€)
Base imponible	17.669,05	4.549,66	22.218,71
IVA (21%)	3.713,50	955,43	4.665,93
Total	21.379,55	5.505,09	26.884,64

También se pueden conocer las emisiones a la atmosfera. Se van a calcular las emisiones de CO₂, por ser el principal causante del efecto invernadero, teniendo en cuenta los valores que establece el IDAE, que son 0,244 kg/kW de propano y 0,287 kg/kW de gasóleo.

Tabla 21. Emisiones de CO₂.

	Propano	Gasóleo
CO₂ (kg)	10.063,78	85.169,09
CO₂ total (kg)	95.232,87	



8.2.6 Metodología de cálculo del dimensionamiento del sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración, que funciona con energía eléctrica, se encuentra en la azotea. El dimensionamiento del sistema de refrigeración se supone como bueno, pero antes de que entre en funcionamiento el edificio, es recomendable comprobar que las características actuales satisfacen las necesidades energéticas del edificio.

Para el cálculo de potencia de la enfriadora se establecerá una potencia energética a instalar por metro cuadrado. Este valor, estará determinado por las características del edificio, y teniendo en cuenta la superficie a refrigerar total del edificio se obtendrá la potencia mínima a instalar.

8.2.6.1 Cálculo de potencia de la enfriadora

El sistema de refrigeración está encabezado por una enfriadora marca Ciat modelo 1450 de 284,4 kWt de potencia. La enfriadora se destina a refrigerar el edificio de dos formas diferentes: mediante un sistema de suelo radiante y mediante las UTAs situadas en la terraza del edificio.

Es necesario conocer las necesidades térmicas de refrigeración de la instalación para determinar si el equipamiento actual cumple las necesidades del edificio. Para ello será necesario estimar, al igual que se ha hecho en el cálculo de la potencia de calefacción, la carga térmica por metro cuadrado del edificio y obtener así la potencia total de la enfriadora.

Al no haber un método oficial con el cual calcular directamente la carga térmica, se ha tomado la siguiente estimación:

- 150 frigorías/hora*m²: Varias ventanas y paredes en orientación sur
- 125 frigorías/hora*m²: Algunas o pocas ventanas en orientación sur
- 100 frigorías/hora*m²: Sin ventanas o pocas paredes en orientación sur

La disposición del edificio es muy importante para determinar de forma correcta la carga térmica. Las únicas ventanas que se encuentra en orientación sur son los ventanales de la planta baja ya que las habitaciones cuentan con ventanas a orientación este y oeste. Además, la planta baja cuenta con toldos para evitar la entrada de sol durante las comidas y mejorar la calidad de vida de los residentes. Dada esta situación estructural, se encuentra la instalación en una situación intermedia entre 125 y 100 frigorías/h*m². debido a esto se tomará el valor medio, 112,5 frigorías/h*m² como supuesto válido.

Una frigoría, es una unidad de medida de refrigeración. La equivalencia es igual a 1000 calorías negativas, es decir, 1 frigoría equivale a 1kcal negativa o de refrigeración. De igual manera 0,86kcal/h equivale a 1W térmico.

Por tanto, la carga térmica de refrigeración del edificio será de:

$$P_{ins} = A * \frac{K_{t\acute{e}rmica}}{K_{transformaci\acute{o}n}}$$

$$P_{ins} = 2.102 * \frac{112,5}{0,86}$$

$$P_{ins} = 274.970,93 \text{ W}$$



Entonces la potencia estimada es de 275 kW, dado que la potencia de la maquina enfriadora actual es superior a la estimada, no es necesario realizar ningún reajuste o sustitución de la enfriadora.

8.2.7 Metodología de cálculo del dimensionamiento del sistema de climatización

Antes de que el edificio entre en funcionamiento es necesario asegurarse de que el sistema de climatización se encuentra en perfectas condiciones y cuenta con la capacidad necesaria para climatizar todo el edificio. Por ello se ha de calcular el caudal mínimo que han de aportar las dos UTAs. Para realizar el cálculo se seguirá la guía técnica del IDAE “Instalaciones de climatización con equipos autónomos”.

8.2.7.1 cálculo del caudal necesario para la climatización

El sistema de climatización está formado dos UTAs de marca Luymar, capaces de mover un caudal de 8.676m³/h cada una. Es necesario comprobar si el caudal de aire movido por ambas UTAs satisface las necesidades de climatización de los residentes. Las condiciones internas de temperatura y humedad ya han sido definidas en el proyecto.

Para realizar el cálculo del caudal de climatización se usa la guía técnica del IDAE “Instalaciones de climatización con equipos autónomos”. En dicha guía hay varias formas de cálculo de los metros cúbicos necesarios para las diferentes instalaciones. En primer lugar, es necesario conocer la clasificación del edificio por el IDAE.

Tabla 22. Categorías de los edificios en función de su uso. Fuente: IDAE.

IDA 1	Aire de óptima calidad: hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
IDA 2	Aire de buena calidad: oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
IDA 3	Aire de calidad media: edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
IDA 4	Aire de calidad baja: no se debe aplicar.

Al tratarse de una residencia de ancianos el edificio en estudio, le corresponde la IDA 2.

Ahora es necesario especificar el método de cálculo del caudal necesario para el edificio. A pesar de haber varios métodos se va a utilizar el método indirecto por calidad de aire percibido. Se desestima el método directo de caudal de aire por persona al considerarse que, al requerirse la climatización de un gran espacio, este método no satisfaría las necesidades térmicas del edificio, a la vez que sí cumpliría con la renovación del aire. De la misma forma, también se desestima el cálculo directo por concentración de CO₂, por tratarse de un gran



edificio, donde las concentraciones de CO₂ no van a ser un factor limitante en el dimensionamiento del sistema de renovación de aire.

Explicado el porqué del método elegido, es hora de explicar el funcionamiento del cálculo.

La fórmula que rige el cálculo es la siguiente:

$$Q_c = 10 * \frac{G_c}{C_{c,i} - C_{c,o}} * \frac{1}{\epsilon_v} * 3,6$$

Q_c es el caudal de ventilación.

G_c es la carga contaminante en olf en función de los ocupantes y del área total.

(C_{c,i}-C_{c,o}) es la diferencia de concentración de CO₂ en partes por millón en función de la IDA del edificio.

ε_v es la eficiencia de la ventilación.

Explicados os términos, hay que puntualizar que los cálculos se han de realizar para la situación de invierno y de verano, puesto que la eficiencia de la ventilación no es igual.

Lo primero es establecer G_c y (C_{c,i}-C_{c,o}) en función de la tabulación existente.

Tabla 23. Carga contaminante. Fuente: IDAE.

	Tasa metabólica met	Carga sensorial olf/ocupante	CO ₂ l/h por ocupante
Sala de espera	1,0	1,0	19
Oficina	1,2	1,0	19
Sala de conferencias, auditorio	1,2	1,0	19
Cafetería, restaurante	1,2	1,0	19
Aula	1,2	1,3	19
Guardería*	1,4	1,2	18
Comercio (clientes sentados)	1,4	1,0	19
Comercio (clientes de pie)	1,6	1,5	19
Grandes almacenes	1,6	1,5	19



Se toma 1,0 olf ya que se ha tomado en el punto “8.1.3 Condiciones interiores de cálculo” se ha tomado una tasa metabólica de 1,2 met. Aunque no se incluya en la tabla, en el apartado “1.2.2 Ventilación de locales (RITE)” de la guía técnica “Instalaciones de climatización con equipos autónomos” del IDAE, en el ejemplo de cálculo del punto B, se indica que la constante que se aplica a la superficie del edificio es de 0,1.

Tabla 24. Calidad del aire percibido en decipols. Fuente: IDAE.

Categoría	dp
IDA 1	0,8
IDA 2	1,2
IDA 3	2,0
IDA 4	3,0

Por último, hay que determinar la eficiencia de la ventilación:

Tabla 25. Eficiencia de la ventilación. Fuente: IDAE.

Boquilla caliente (funcionamiento en invierno)

Difusión de aire	Velocidad real (m/s)	Eficiencia ventilación
Boquilla de mezcla horizontal	> 1,5 m/s	0,9 - 1,1
	< 0,5 m/s	0,7 - 0,9
Boquilla de mezcla vertical	Todos los difusores	0,9 - 1,1
Ventilación por desplazamiento		1,0 - 2,0

Boquilla fría (funcionamiento en verano)

Difusión de aire	DT (impulsión-interior)	Eficiencia ventilación	
		Techo bajo	Techo alto
Boquilla de mezcla horizontal	< 10°C	0,8 - 1,0	No recomendada
	> 15°C o 20°C	0,4 - 0,8	No recomendada
Boquilla de mezcla vertical	< 10°C	0,6 - 0,8	0,8 - 1,0
	> 15°C	0,4 - 0,8	0,8 - 1,0
Ventilación por desplazamiento		0,2 - 0,7	No recomendada

Se tomará para la situación de invierno una eficiencia de 0,9 mientras que en verano de 0,6. Como se ve a simple vista las condiciones de ventilación en la época estival van a ser más exigentes que en el periodo invernal. Las personas para el cálculo son los 40 residentes más los 15 trabajadores. El área en estudio es el mismo que el cálculo de la potencia de calefacción 2102m². Los cálculos son los siguientes:

Invierno

$$Q_c = 10 * \frac{55 * 1 + 2102 * 0,1}{1,2} * \frac{1}{0,9} * 3,6$$

$$Q_c = 8.840 \text{ m}^3 / \text{h}$$



Verano

$$Q_c = 10 * \frac{55 * 1 + 2012 * 0,1}{1,2} * \frac{1}{0,6} * 3,6$$

$$Q_c = 13.260 \text{ m}^3/h$$

Una vez realizados los cálculos, se ve que el caudal total del conjunto de climatización es de 17.352m³/h por lo que el sistema de climatización se encuentra bien dimensionado frente a las necesidades del edificio.

9 Auditoría de la instalación térmica

9.1 Calderas

Realizado el estudio de la situación actual de la instalación térmica en el anexo de cálculos, queda latente la necesidad de reajustar las potencias de las calderas destinadas a ACS y calefacción. A pesar de que la potencia conjunta de ambos sistemas es suficiente para cubrir ambas demandas; cabe recordar que la caldera de ACS es de 95 kW y la de calefacción de 180 kW, lo que supone una potencia instalada de 275 kW; el sistema funcionara a pleno rendimiento si se consigue ajustar la potencia de cada caldera para el destino principal que se le ha asignado, sin la necesidad de hacer uso de la conexión en paralelo que se trata del mecanismo de emergencia si en algún momento puntual se necesitase más potencia en alguno de los dos sistemas.

Explicado la necesidad del reajuste de la potencia de las calderas, hay que tener dos tres factores importantes a la hora de realizar el reajuste:

- El combustible que utilizar.
- La tecnología de las calderas.
- Al tratarse de una reforma de la instalación térmica, hay que cumplir la normativa vigente, el RD 238/13 “Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios”. Donde se imponen una serie de requisitos básicos de obligado cumplimiento en lo referido a la potencia y rendimiento de las calderas de gasóleo y gas.

9.1.1 Posibles combustibles

En primer lugar, es hora de buscar posibles alternativas al combustible principal, el gasóleo, ya que en función del combustible elegido se deberán que contabilizar unos valores para sus emisiones de CO₂, así como la normativa vigente. El gasóleo se trata de un combustible fósil con altas emisiones de CO₂, por lo que ya que se va a reajustar la potencia de las calderas resulta interesante la posibilidad de cambiar de combustible principal a otro menos contaminante. Las alternativas son:

Gas natural

Es un combustible fósil que se obtiene a partir de la descomposición de materia orgánica, es muy común encontrarlo junto al petróleo o al carbón. El gas natural está compuesto por una mezcla de hidrocarburos ligeros desde el metano al pentano, de los cuales el metano es el más



abundante encontrándose en una proporción en torno al 85% del volumen total. La composición del 15% restante lo forma el resto de gases, encontrándose en mayor proporción conforme más ligeros sean los compuestos.

El uso del gas natural está muy extendido en España en diversos sectores, que van desde grandes centrales de generación eléctricas hasta su uso a nivel doméstico. Una de las principales ventajas del gas natural, es que, al estar compuesto por hidrocarburos ligeros, es decir con mínimas cantidades de carbono, cuando se produce su combustión, las emisiones de CO₂ que produce son mínimas, en comparación con otros combustibles fósiles. Se trata de un combustible ligero cuya densidad relativa respecto al aire se encuentra entre 0,6 a 0,66 por tanto es un gas más ligero que el aire. Su poder calorífico varía en función de la composición exacta de sus gases, pero se encuentra en valores de 8,18 y 9,02 kWh/m³ PCI y PCS respectivamente (Fuente petromercado.com).

La forma en la que se transporta para su consumo puede ser en forma gaseosa, por medio redes de distribución de gas, o de forma líquida. El GNL o gas natural licuado, al ser un gas muy poco denso, es necesario enfriarlo hasta temperaturas criogénicas (-127°C) para licuarlo, no sirve con comprimirlo como con otros gases. La forma de consumo es en forma gaseosa indiferentemente de cómo se haya transportado. Si se transporta de forma gaseosa, su aprovechamiento no tiene ninguna complicación, en cambio si se transporta de forma líquida, es necesario tomar medidas de seguridad por la baja temperatura del fluido, además de su gran inflamabilidad en caso de fuga. Además, es necesario gasificar la cantidad suficiente de gas para satisfacer la demanda y a la vez se necesita un consumo constante para evitar sobrepresiones en el almacenamiento que obligue a liberarlo al aire, en ocasiones son necesarios sistemas de gasificación para poder satisfacer la demanda.

Gas propano

Es un combustible de origen fósil. Se trata de uno de los conocidos GLPs (gases licuados del petróleo). Se obtiene a partir de la destilación fraccionada del petróleo y del craqueo catalítico, su mezcla comercial está compuesta por una mezcla en la que los compuestos con tres átomos de carbono como el propano o el propileno son los compuestos predominantes (80%) pero también hay otros hidrocarburos como el butano, iso-butano, butenos y otros compuestos de cinco e incluso de seis átomos de carbono en su composición (20%).

Su uso se encuentra muy extendido en España, los principales usos son a nivel doméstico, automoción, petroquímica o industrial entre otros. A nivel doméstico existen varios formatos respecto a su transporte y consumo:

- Bombonas de 11kg
- Bombonas de 35kg
- Granel
- Canalizado

En función de las características de la demanda, así como de la existencia de redes o infraestructuras de transporte y almacenamiento, cada instalación se acomodará al formato más ventajoso en cada caso.



Al igual que el gas natural, al tener moléculas de carbono en su composición, cuando se produce la combustión también va a emitir CO_2 a la atmosfera, en mayor nivel respecto al gas natural, pero inferior respecto a otros hidrocarburos más pesados. El propano tiene una densidad relativa al aire de 1,53, es decir es más pesado que el aire. El poder calorífico también puede variar en función de la composición exacta de gases que lo formen, pero se pueden considerar como valores medios 12,93 y 14,08 kWh/kg PCI y PCS respectivamente (Fuente petromercado.com).

La forma en la que se transporta varía en función del formato de consumo, pero se encuentran dos grandes generalidades:

- Licuado: el propano es un gas que se puede licuar por medio de la presión con gran facilidad, albergando de forma líquida un volumen 250 veces menor que en forma gaseosa.
- Gaseoso: el transporte en forma gaseosa, únicamente se produce cuando se distribuye de forma canalizada, ya que al ser fácil de licuar y reducirse su volumen 250 veces no es rentable el embotellar el GLP de forma gaseosa.

Cuando se almacena de forma líquida, a la hora de realizar su consumo es necesario gasificarlo, pero no requieren medios específicos para ello normalmente, depende del envase de almacenamiento y del consumo; las medidas relativas de seguridad son principalmente las referidas a la inflamabilidad del GLP y a la ventilación en caso de fuga. El propano no es un gas tóxico, pero sí es asfijante por el desplazamiento del oxígeno.

Biomasa

Se trata de materia orgánica susceptible de ser quemada para producir energía. La biomasa abarca un gran abanico de posibilidades en función de los medios para su aprovechamiento. Al ser materia orgánica, cuando se produce la combustión se libera CO_2 . A pesar de ello, se considera como una fuente energética renovable, debido a que se puede obtener en periodos de tiempo relativamente cortos, su uso tiene como ventaja que su balance de emisiones de CO_2 se consideran nulos, debido a que en su ciclo de vida la propia biomasa se descompondría y también emitiría CO_2 a la atmósfera.

Hoy en día el uso de biomasa se encuentra en expansión debido al concienciamiento global del cambio climático, además de resultar un combustible relativamente económico y en ocasiones encontrarse subvencionado por su balance nulo de emisiones. A pesar del gran crecimiento de la tecnología de biomasa de los últimos años, se lleva usando biomasa desde hace miles de años, en el ámbito doméstico como combustible principal. En los últimos años se ha extendido como combustible de calefacción o industrial para obtener electricidad.

La forma de este combustible es variada, se puede usar en forma de pellets, troncos de leña, huesos de aceituna, residuos orgánicos o restos de limpieza de montes entre muchos otros. Por tanto, el poder calorífico es imposible de estandarizar, ya que cada forma de biomasa tiene unas características propias. Algo que si comparten todas las formas de biomasa es el contaminante de la humedad; la humedad es el principal elemento que resta poder calorífico a la biomasa, para poder explotar la biomasa de la forma más eficiente, el grado de humedad ha de ser el mínimo posible.



Uno de los principales problemas que puede encontrar la biomasa es la necesidad de un suministro constante y su gran volumen de almacenamiento. La forma más común de consumo de biomasa para calefacción, los pellets, requiere de grandes silos de almacenamiento además de un suministro de pellets bastante constante, es decir que la autonomía de este tipo de instalaciones por lo general tiene una autonomía mucho más limitada que otras fuentes combustibles.

Gasóleo

Se trata de un combustible fósil que se obtiene de la destilación al vacío del petróleo y de otras unidades de refino. Su nivel de emisiones de CO₂ es superior que otros hidrocarburos como el gas natural o los GLPs. Está formado por hidrocarburos pesados de entre 14 y 20 átomos de carbono. Se pueden diferenciar, en función del uso, diferentes tipos de gasóleo:

- Gasóleo A: de mayor calidad, destinado a automoción.
- Gasóleo B: de calidad aproximada al anterior, pero tiene una presión fiscal menor debido a que su uso es para maquinaria agrícola y para barcos de pesca. Además, para evitar el fraude se le tinte de rojo para evitar su uso en automóviles.
- Gasóleo C: es de peor calidad respecto a los anteriores, está destinado al uso para sistemas de calefacción. También cuenta una menor presión fiscal, y para evitar el fraude se le añade un tinte azul.

Actualmente el gasóleo se utiliza en diferentes ámbitos, desde la automoción, pasando por la generación eléctrica o como combustible en sistemas de calefacción. El principal problema del gasóleo son las emisiones contaminantes que se producen en su combustión, no solo se emite CO₂ si no que otros elementos como los NO_x se encuentran en el punto de mira por la “boina de contaminación” que se produce en las grandes ciudades y que empeora la calidad del aire que se respira. El gasóleo se trata de un combustible líquido que tiene un poder calorífico de 9,98 y 10,18 kWh/l PCI y PCS respectivamente (Fuente petromercado.com).

Su uso como combustible de calefacción se encuentra estandarizado, debido a la comodidad y alta autonomía del sistema. Normalmente los sistemas de calefacción van acompañados de tanques de almacenamiento de 500l o 1000l o capacidades mayores en función del tamaño de la instalación.

Electricidad

La energía eléctrica no se trata de un combustible, pero si de una fuente energética muy versátil. La electricidad en España se produce a partir del mix eléctrico de generación. El mix energético está formado por diversas tecnologías tanto renovables como no renovables que vierten electricidad a la red de transporte. Las emisiones de CO₂ de los dispositivos eléctricos son 0 “in situ”, pero la energía eléctrica sí que cuenta con emisiones de CO₂, y estas varían en función del mix de generación de cada instante, además de los residuos generados por la suma de cada una de las diferentes tecnologías de generación.

La principal ventaja del uso de la energía eléctrica es la garantía de la autonomía del suministro, salvo cortes puntuales de suministros por problemas técnicos. España cuenta con

una gran cantidad de centrales eléctricas que superan ampliamente las necesidades energéticas del país, por lo que el suministro eléctrico se encuentra garantizado prácticamente al 100%. Otra ventaja es la versatilidad de la energía eléctrica, hoy en la mayoría de la maquinaria que se pueda imaginar cuenta con su equivalente eléctrico.

9.1.2 Tecnologías de calderas

Actualmente, se encuentran instaladas calderas convencionales, pero también existen otras tecnologías disponibles y es necesario conocer las características de cada una de las opciones:

Calderas convencionales

Son todas aquellas que queman un hidrocarburo ya sea gas natural, GLP o gasóleo, con el objetivo de obtener energía térmica. La energía térmica puede ir destinada a ACS, calefacción u otras operaciones o procesos.

El rendimiento de este tipo de tecnología se encuentra en torno al 90%. El aprovechamiento energético del combustible se realiza únicamente del PCI, esto se debe a que parte del calor desprendido en los humos se escapa en forma de vapor de agua y gases calientes por la chimenea. Tienen una larga vida útil.

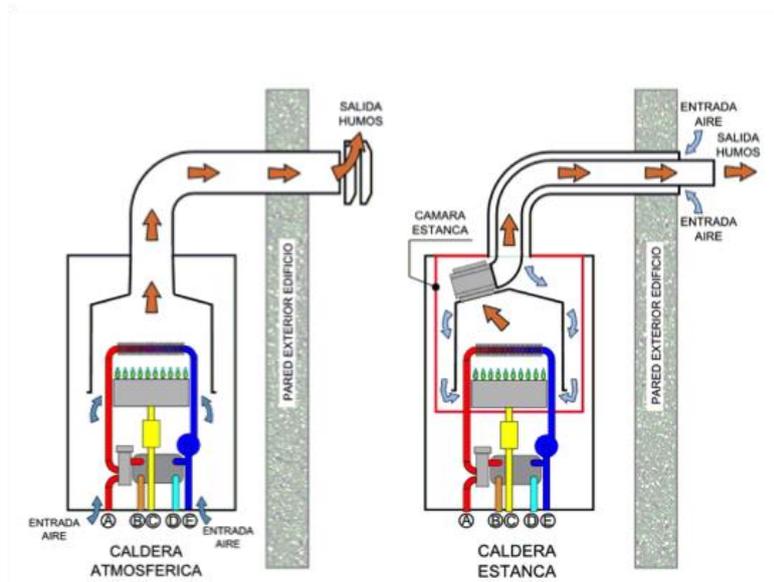


Figura 8. Caldera convencional atmosférica y estanca. Fuente: clima-gas.com.

- A) Impulso de calefacción
- B) Salida de ACS
- C) Entrada de gas
- D) Entrada de AFS
- E) Retorno de calefacción



Calderas de baja temperatura

Son calderas con una tecnología entre las convencionales y las de condensación. Las calderas de baja temperatura son calderas que aprovechan parte del calor de los humos de escape, pero sin que en ningún momento el agua contenido en los humos de escape lleguen a condensar.

El rendimiento de este tipo de calderas se encuentra en torno al 95%. Además, no hay problemas de corrosión ni se necesitan sistemas anti-condensación y se puede llegar a ahorrar hasta un 25% respecto a las calderas convencionales.

La principal desventaja es que son más caras que las calderas convencionales y que no llega a aprovechar tanto el poder calorífico del combustible como las calderas de condensación (Fuente: instalacionesyeficienciaenergetica.com).

Calderas de condensación

Son calderas que aprovechan el PCS del combustible que utilicen. Esto se debe a que tienen una gran superficie de contacto entre los gases de escape y la admisión del agua de retorno, produciéndose la cesión energética al agua de entrada. Esto hace que el vapor de agua que contienen los gases de escape se enfríe lo suficiente como para que condense.

El rendimiento de estas calderas depende en gran medida de variables como el nivel de carga o la temperatura del agua de retorno. Para niveles de carga en torno al 30% y 30°C de retorno de agua se pueden conseguir rendimientos del 109% respecto el poder calorífico del combustible. En condiciones de mayores niveles de carga, así como temperaturas superiores de retorno el rendimiento se encuentra en torno al 100%.

La principal ventaja de este tipo de calderas es su alto rendimiento y la posibilidad de ahorro de hasta un 30% en comparación con las calderas convencionales. Además, se produce una menor contaminación térmica por las bajas temperaturas de los humos emitidos y se trata del tipo de caldera más eficiente actualmente.

Las desventajas es la necesidad de realizar una inversión importante de forma inicial y la necesidad de la evacuación de condensados.

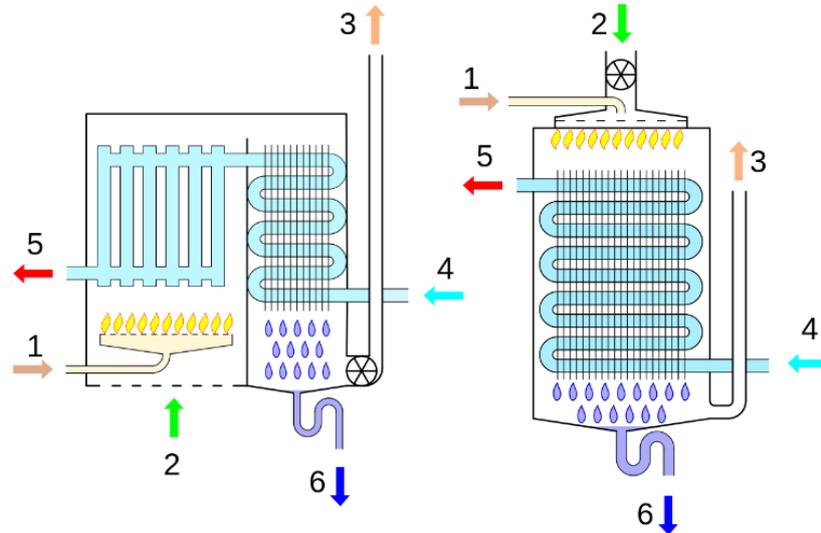


Figura 9. Caldera de condensación atmosférica y estanca. Fuente: gasnature.com.

- 1) Entrada de gas
- 2) Entrada de aire
- 3) Salida de humos
- 4) Entrada de AFS/retorno calefacción
- 5) Salida de ACS/impulso de calefacción
- 6) Desagüe de condensados

Calderas de biomasa

Este tipo de calderas no dejan de ser una variante de las calderas anteriores, con la diferencia del combustible utilizado.

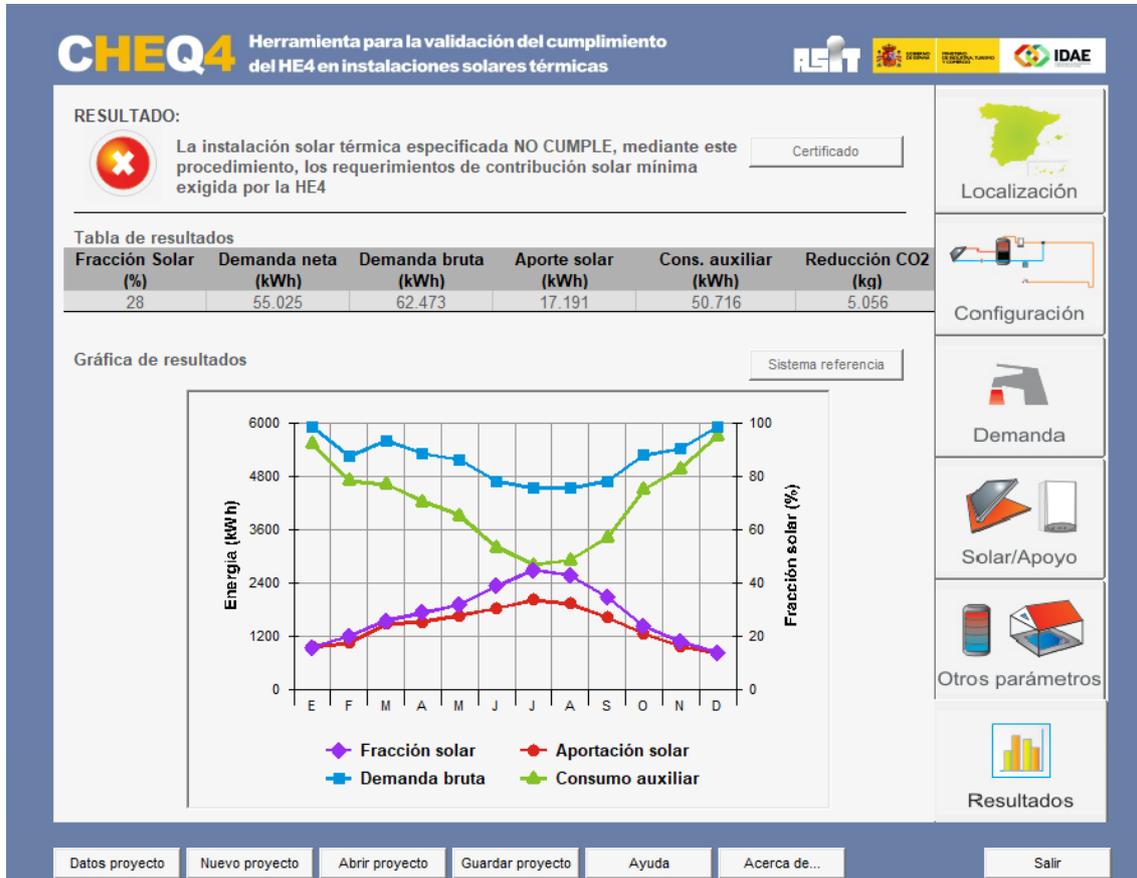
Caldera eléctrica

Las calderas eléctricas utilizan grandes resistencias eléctricas para calentar el agua en lugar de utilizar la reacción de combustión de un combustible renovable o no renovable. Una peculiaridad de estas calderas es que ofrecen la posibilidad de obtener agua caliente o vapor de agua. El rendimiento de estas calderas es del 100%. Se suelen utilizar en procesos alimenticios, de esterilización, industria química o calefacciones centrales

9.2 Sistema solar térmico

El sistema solar térmico actual no cumple con la normativa vigente la sección del HE4 del IDAE llamada "contribución solar mínima de agua caliente sanitaria", como se ha demostrado en el anexo de cálculos. Ante esta situación, dado que esta auditoría pretende reformar el sistema térmico de la instalación, no queda alternativa que realizar un ajuste en el sistema de los paneles solares con objeto de cumplir con el aporte del 60% de la demanda de ACS, que corresponde al edificio por encontrarse en la zona climática V. El problema, del sistema actual, a parte de la eficiencia de los paneles, es el conexionado entre ellos, actualmente se encuentran conectados en serie hasta 5 paneles, lo que hace que la temperatura que se

consiga en estos sea muy alta, al recibir el segundo captador el agua excesivamente caliente y así sucesivamente con el siguiente de la batería. Esto hace que la eficiencia de los paneles baje aún más. La alternativa de reconectar en paralelo los captadores para así conseguir mayor eficiencia, no es una alternativa, ya que el aporte máximo en esta situación sería del 28%, menos de la mitad de lo necesario.



Ante esta situación hay dos alternativas:

- Instalar los paneles solares necesarios para que estos aporten la energía restante al sistema.
- Eliminar la instalación actual y construir un nuevo sistema solar térmico que cumpla las necesidades del sistema.

Es evidente, que en ambas situaciones va a ser necesario la instalación de nuevos captadores solares. Pero la primera situación queda absolutamente descartada al no tener superficie disponible para instalar nuevos captadores solares. Ante esta situación se deben conocer las alternativas en lo referente a diferentes tecnologías de captadores solares:

Captadores solares planos

Este tipo de captadores solares aprovechan el principio de funcionamiento del efecto invernadero para aprovechar la energía solar. Los captadores estar formados por:

- Cubierta transparente que atrapa la radiación solar
- Absorbedor, cuerpo negro que absorbe la radiación solar
- Una capa de aislamiento para conseguir la mayor temperatura entre el cristal y el absorbedor
- Circuito de refrigeración, que absorbe el calor atrapado en el colector solar
- Carcasa o marco que cierra el captador solar por los laterales y la parte trasera

El funcionamiento es bastante sencillo. El captador solar retiene la radiación solar en forma de calor y este calor es cedido al sistema de refrigeración. El sistema de refrigeración está compuesto por un serpentín de tubos por los que circula un fluido, generalmente agua mezclado con anticongelante, que evacua el calor hasta un intercambiador de calor o inter acumuladores donde se almacena el agua caliente para el uso que se le quiera dar.

Existe una variante más económica de estos captadores en los que no tienen cubierta transparente, pero son menos eficientes que los que sí la tienen.

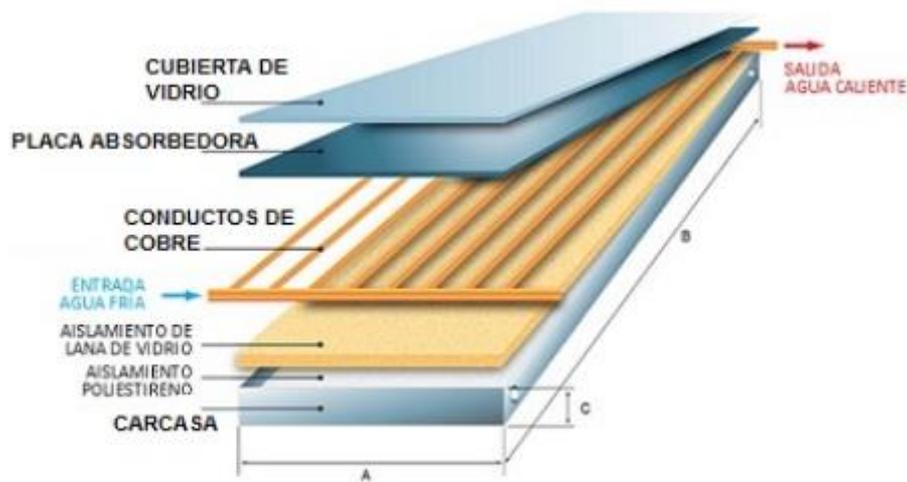


Figura 10. Captador solar plano. Fuente: energíasolar.lat.

Captadores solares tubulares

Este tipo de captadores son más eficientes que los anteriores, dado que reducen las pérdidas de calor. Hay dos variantes:

- Captadores de vacío con fluido directo: en estos en cada captador tubular hay un fluido que capta el calor (circuito primario) y lo cede al circuito general (circuito secundario).
- Captadores heat pipe: al igual que en el caso anterior, existe un circuito primario y otro secundario, la diferencia es que el fluido que circula por el primario es un compuesto alcohólico, que al captar el calor se evapora y se condensa gracias a la cesión de calor al secundario. Este tipo de absorbedor es más eficiente que el captador de fluido directo, y también más caro.

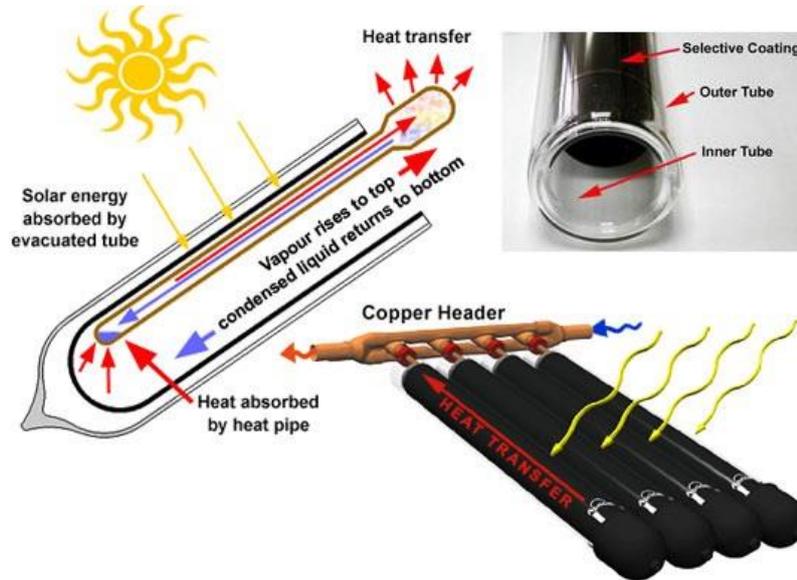


Figura 11. Captador tubular heat pipe. Fuente: efimarket.com.

Por último, es necesario conocer los diferentes métodos de conexión de los paneles solares:

Serie

La ventaja de esta conexión es conseguir temperaturas de salida superiores a la conexión en paralelo y la necesidad de menores secciones de tuberías. La principal desventaja es que la eficiencia de los paneles se reduce, al recalentarse progresivamente el agua, además, de las altas pérdidas de carga. Por eso esta conexión es poco conveniente y es difícil de encontrar.

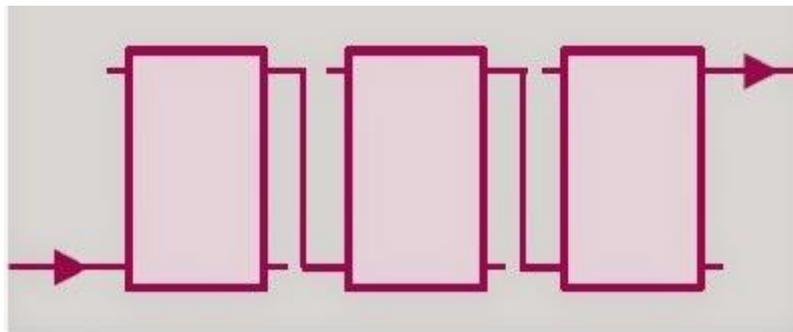


Figura 12. Conexión en serie.

Paralelo

Es la conexión más común de conexión de captadores solares. En comparación con la conexión en serie, pero se necesitan mayores diámetros en la canalización. Existen dos posibilidades:

Crear un gran captador solar conectando varios captadores de la siguiente forma:

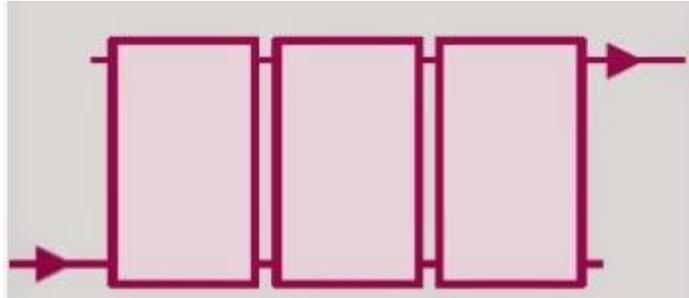
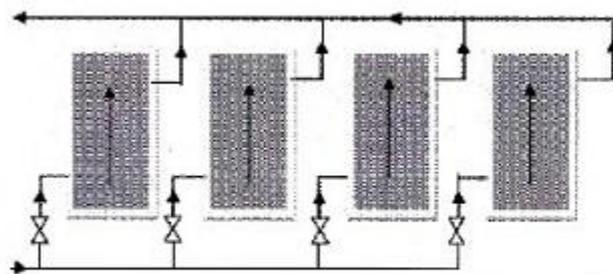


Figura 13. Conexión en paralelo "gran captador".

O realizar un paralelo puro:



Conexionado en paralelo por tubería exterior y válvula

Figura 14. Conexión en paralelo "puro". Fuente: "ingemecanica.com"

La principal ventaja del paralelo puro es el alto rendimiento del sistema y la reducción de las pérdidas de carga, mientras que la ventaja del gran captador, es la necesidad de menos instrumentación para el control del sistema de captadores.

Serie-paralelo

Esta combinación de las anteriores reduce los inconvenientes de las anteriores.

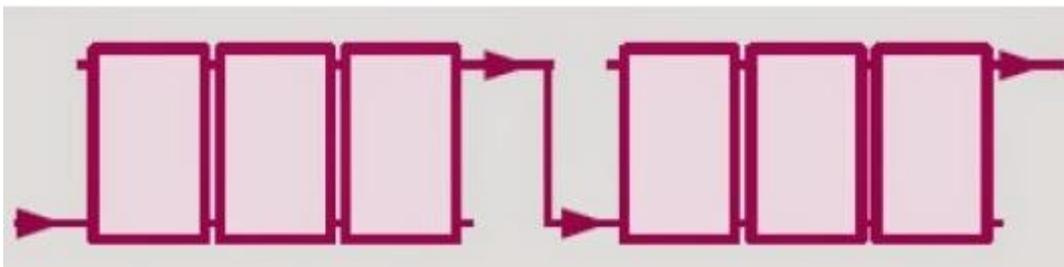


Figura 15. Conexión en serie-paralelo.

Paralelo-serie

Se trata de la combinación más eficiente desde el punto de vista del rendimiento, aunque necesita mayores diámetros.

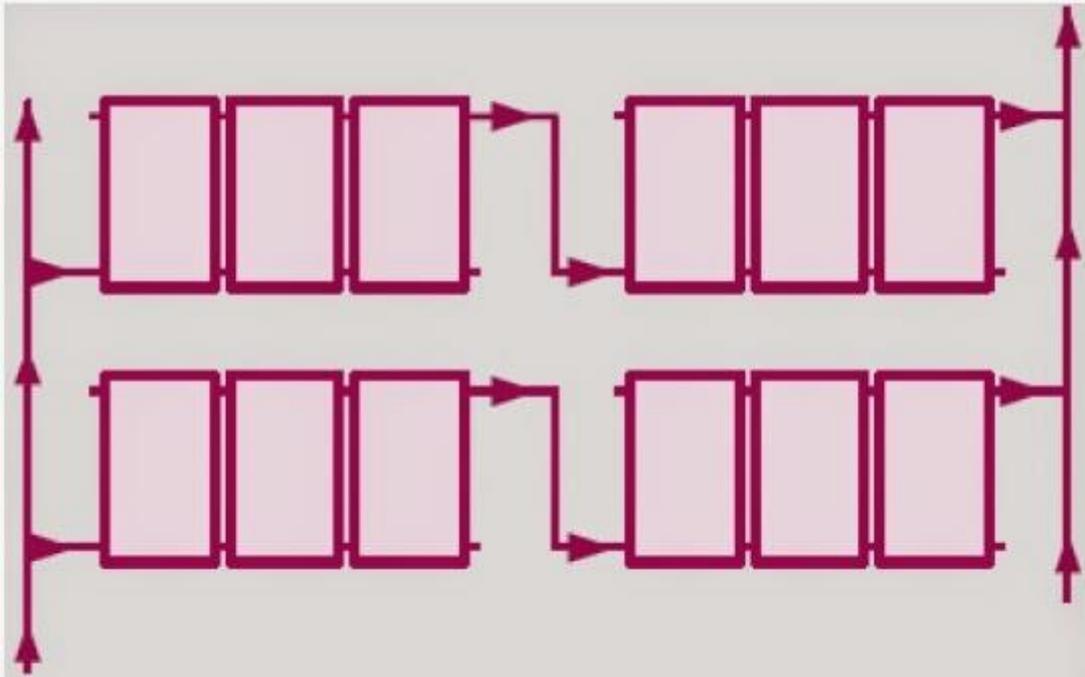


Figura 16. Conexión en paralelo-serie. Fuente de las imágenes: tomaseficiencia.blogspot.com.es

9.3 Tuberías

Por la necesidad del cambio de la instalación solar, la nueva red de conductos de conexionado de esta y el dimensionamiento de la misma será la necesaria según normativa. En lo referido al aislamiento de los nuevos conductos, se usará el procedimiento establecido por la tabla 1.2.4.2.1 y la tabla 1.2.4.2.2 del RITE. Las tuberías de la instalación de frío del edificio cumplen normativa, así que no se modificara su aislamiento.

Tabla 26. Espesores mínimos de aislamiento en exterior. Fuente: RITE.

Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
D ≤ 35	25	25	30
35 < D ≤ 60	30	30	40
60 < D ≤ 90	30	30	40
90 < D ≤ 140	30	40	50
140 < D	35	40	50



Tabla 27. Espesores mínimos de aislamiento en interior. Fuente: RITE.

Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
D ≤ 35	35	35	40
35 < D ≤ 60	40	40	50
60 < D ≤ 90	40	40	50
90 < D ≤ 140	40	50	60
140 < D	45	50	60

Los vasos de expansión de la sala de calderas se encuentran en perfecto estado, y debido a que no se ha modificado la capacidad de almacenamiento de cada uno de los dos inter acumuladores, los vasos de expansión se aprovecharán íntegramente.

Las válvulas de seguridad del circuito primario no se verán modificadas debido al buen estado de estas y al no haber modificado el circuito primario.

Si fuese necesario realizar algún conducto de desagüe en la sala de calderas, este se conduciría al sistema general de desagüe de la sala de calderas.

9.4 Red de conductos

La red de conductos de climatización del edificio no son objeto de estudio ni de cambio. Su buen estado hace que pueda entrar en funcionamiento sin la necesidad de modificar su dimensionamiento.

9.5 Pruebas

Una vez que se haya realizado la reforma final del sistema térmico de la instalación, se someterán a prueba la red de conductos de agua para comprobar la estanqueidad. Todas las redes serán probadas hidrostáticamente antes de, si fuese necesario, ser ocultadas dichas tuberías o conductos por obras de albañilería.

Antes de realizar la prueba hidrostática, será necesario limpiar los conductos y eliminar cualquier residuo que durante su montaje haya podido quedar encerrado, esto se realizará mediante el paso previo de agua. La prueba hidrostática, se realizará a una presión igual a la presión de funcionamiento de cada circuito.

Inicialmente, una vez realizada la limpieza de conductos, se rellenarán los circuitos de agua, para comprobar la estanqueidad. Una vez que la estanqueidad se haya comprobado y no se hayan detectado fugas en el sistema, se procederá a incrementar la presión del sistema hasta una presión mínima de funcionamiento. De esta forma se comprueba la estanqueidad de las uniones. Todos aquellos equipos o elementos que por sus propias características no soporten dicha presión, serán excluidos de la prueba para no dañarlos. La duración de las pruebas debe ser la suficiente como para comprobar que no existen problemas en la instalación.

Una vez finalizada la prueba de estanqueidad y presión, se tararán todos los equipos del sistema para llevarlos a la temperatura de los equipos de seguridad. Se ha de comprobar que durante el enfriamiento del sistema no se producen fallos en el sistema de expansión ni deformaciones de los conductos.



9.6 Acumuladores de ACS

Los dos inter acumuladores de ACS de 1000l, se encuentran en buenas condiciones de servicio. Por lo que no es necesario realizar ningún tipo de modificación en ellos.

9.7 Chimenea

La chimenea de las calderas, ante un posible cambio de las calderas, será necesario reajustar sus condiciones y características en función de las necesidades de las nuevas calderas instaladas. Para calcular el diámetro de chimenea, se utilizará un programa de cálculo online propiedad de convesa.es, la suministradora de la chimenea. Gracias a este software se obtienen los cálculos necesarios al diámetro y materiales. Para asegurar que la empresa suministradora de la chimenea proporciona una chimenea del diámetro adecuado, se comprobará mediante una gráfica de cálculo de chimeneas el diámetro aproximado que correspondería a la instalación propuesta. En todo momento se utilizarán materiales de pared simple.

9.8 Sistema eléctrico

El esquema eléctrico de la sala de calderas, así como la disposición de las tomas de corriente no se va a ver visto modificado. Las nuevas calderas se acomodarán a la disposición de la sala de calderas. Tampoco se modificará la instalación eléctrica de la azotea, dado que las UTAs y la enfriadora se encuentran bien calculadas para la instalación, por lo que no es necesario realizar ninguna reforma en esta zona del edificio.

El sistema de automatización y control existente en la instalación se reutilizará para la nueva instalación, acoplado y ajustando los nuevos sensores de los diferentes sistemas para controlar y ajustar el correcto funcionamiento del sistema térmico del edificio.

9.9 Ventilación sala de calderas

La ventilación de la sala de calderas se realiza por medio de ventilación natural mediante orificios al exterior. El sistema de ventilación natural cumple las normas: UNE 60601, relativa a salas de máquinas con equipos de calor; UNE 60670, relativa a ventilación y evacuación de los productos de la combustión en los locales destinados a contener los aparatos a gas. En esta última se especifica la abertura mínima de 125cm² y 5cm²/kW, siendo esta superficie la suma del total de las aberturas de ventilación del local, por lo que las aberturas han de sumar un mínimo de 1450cm² en este caso. También se cumple la siguiente normativa para aparatos de tipo A y B.



Tabla 28. Normativa de ventilación. Fuente: UNE 60670.

TABLA 4	Para locales que contienen sólo aparatos de tipo B	Para locales que contienen simultáneamente aparatos de tipo A y B o únicamente aparatos de tipo A	
		$\sum Q_n$ aparatos tipo A ≤ 16 kW	$\sum Q_n$ aparatos tipo A > 16 kW
Gases menos densos que el aire	<p>Posición de la abertura: Su extremo inferior debe estar a una altura $\geq 1,80$ m del suelo del local y ≤ 40 cm del techo.</p> <p>En edificios ya construidos, a cualquier altura.</p> <p>Ventilación: Puede ser directa o indirecta.</p>	<p>Posición de la abertura: Su extremo inferior, debe estar a una altura $\geq 1,80$ m del suelo del local y ≤ 40 cm del techo.</p> <p>En edificios ya construidos, su extremo inferior debe estar a una altura $\geq 1,80$ m del suelo del local.</p> <p>Ventilación: Puede ser directa o indirecta</p>	<p>Posición de la abertura: dividida en dos aberturas, cada una de sección igual o superior a la mitad de la calculada según lo indicado en el apartado 6.2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Una inferior, cuyo extremo superior debe estar a una altura ≤ 50 cm del suelo del local. - Una superior, cuyo extremo inferior debe estar a una altura $\geq 1,80$ m del suelo del local y ≤ 40 cm del techo. <p>Ventilación: La ventilación inferior puede ser directa o indirecta, mientras que la superior debe ser directa.</p>
Gases más densos que el aire	<p>Posición de la abertura: Su extremo inferior debe estar a una altura ≤ 15 cm con relación al suelo del local.</p> <p>Ventilación: Puede ser directa o indirecta.</p>	<p>Posición de la abertura: dividida en dos aberturas, cada una de sección igual o superior a la mitad de la calculada según lo indicado en el apartado 6.2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Una inferior, cuyo extremo inferior debe estar a una altura ≤ 15 cm con relación al suelo del local. - Una superior, cuyo extremo inferior debe estar a una altura $\geq 1,80$ m del suelo del local y ≤ 40 cm del techo. <p>En edificios ya construidos, su extremo inferior debe estar a una altura $\geq 1,80$ m del suelo del local.</p> <p>Ventilación: Puede ser directa o indirecta.</p>	<p>Posición de la abertura: dividida en dos aberturas, cada una de sección igual o superior a la mitad de la calculada según lo indicado en el apartado 6.2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Una inferior, cuyo extremo superior debe estar a una altura ≤ 15 cm del suelo del local. - Una superior, cuyo extremo inferior debe estar a una altura $\geq 1,80$ m del suelo del local y ≤ 40 cm del techo. <p>Ventilación: La ventilación inferior puede ser directa o indirecta, mientras que la superior debe ser directa</p>

Es necesario explicar los diferentes tipos de aparatos considerados:

- Tipo A: circuito abierto u evacuación no conducida (cocinas).
- Tipo B: circuito abierto y evacuación no conducida (calderas o calentadores de tiro natural o forzado)
- Tipo C: circuito estanco y evacuación conducida (calderas o calentadores estancos)

La UNE 60601, relativa a la ventilación de salas de máquinas, también establece que en ventilación natural la apertura al exterior es de $5\text{cm}^2/\text{kW}$.

Por tanto, teniendo en consideración las anteriores normas, no se considera que la ventilación forzada sea necesaria al tener una ventilación natural más que suficiente, dado que la sala de calderas cuenta con aberturas de ventilación al exterior, tanto por la parte superior como por la parte inferior superiores a las establecidas en la normativa.

9.10 Sistema de climatización y refrigeración

Una vez comprobado que la potencia de refrigeración y que el caudal aportado por el sistema de climatización es correcto, se ha de comprobar el correcto funcionamiento de ambos sistemas. Para ello se arrancarán y se probarán durante una mañana con el objetivo de comprobar que se reduce la temperatura hasta la temperatura deseada.

El sistema de climatización también estará sujeto a pruebas de calefacción y refrigeración, para comprobar el correcto funcionamiento de los circuitos hidráulicos.



10 Plan de mejoras propuestas

Este apartado tiene por objeto el establecer las características para la reforma del sistema térmico de la instalación. Partiendo del punto anterior, donde se han establecido las alternativas a la instalación actual, se van a exponer las propuestas y el motivo de su elección.

10.1 Calderas

10.1.1 Combustible

A la hora de elegir el combustible principal de la sala de calderas es necesario poner en relieve los posibles problemas de cada alternativa y elegir finalmente la más ventajosa.

En primer lugar, es necesario descartar el gas natural. Esto se debe a la inexistencia de la red de canalización que permita el conexionado directo a nuestro edificio. La posibilidad de realizar una planta satélite de GNL para dar servicio a la instalación queda descartada de forma directa por el sobrecoste que esto conllevaría, falta de espacio y las exigencias de seguridad. También se descarta la energía eléctrica como fuente energética, debido a que el presente proyecto no pretende modificar el sistema eléctrico del edificio.

La solución de seguir con calderas de gasóleo se trata de una opción real, pero de corte continuista, que apenas solucionaría el problema de las emisiones y de los costes asociados. Por otro lado, el uso de biomasa se trata de una alternativa que eliminaría las emisiones de sustancias contaminantes a la atmosfera, pero cuenta con un gran problema que hace necesario su descarte; para dar un servicio continuado y autónomo, sería necesario la construcción de un silo de almacenamiento de pellets de gran capacidad y no se cuenta con espacio para ello en la parcela.

Finalmente, la opción elegida para la sala de calderas es la solución de funcionar con calderas de propano. Esto se debe a que, a pesar de ser un combustible fósil, aporta ventajas económicas y constructivas que facilitan la elección de esta solución. Por un lado, el propano cuenta con menos emisiones de CO₂ a la atmosfera que el sistema actual, lo que se traduce en la reducción de varias toneladas de CO₂ de emisiones al año. Además, el poder calorífico del propano es superior al del gasóleo, por lo que se necesitará menos cantidad de combustible para obtener el mismo servicio, esto también ahonda más en la reducción de emisiones a la atmosfera. Otra ventaja es la reunificación de combustibles, esta opción elimina la necesidad de la compra de propano en bombonas de 35kg, permitiendo conectar la red de la cocina a la red de suministro. Por último, al no haber en la localidad una red de distribución de propano canalizada, se opta por la instalación de un depósito de propano dentro de los límites de la parcela. Esto permite negociar el precio del propano con el suministrador, es un mercado libre, y obtener un precio ventajoso por ser un gran consumidor. Además, el depósito va a proporcionar una gran autonomía energética a la instalación siendo necesario únicamente el rellenar el depósito en contadas veces al año.

10.1.2 Tecnología

Elegido el propano como combustible, es hora de elegir la tecnología de las calderas. Se trata de una instalación que trabaja 24 horas al día los 365 días del año con el objetivo de satisfacer las necesidades actuales y futuras en el ámbito de trabajo que se encuentra. Por este motivo parece lógico realizar la inversión en calderas de condensación, que son más caras que las alternativas, pero que van a conseguir un mayor ahorro durante el tiempo que se encuentren funcionando en la instalación.

Cumpliendo con el RD 238/2013 en el cual se modifican algunos apartados e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), se deberá cumplir con lo dispuesto en el RD 275/1995 en lo referente a calderas de gas.

Las calderas elegidas para la instalación deberán cumplir los siguientes requisitos de forma simultánea:

Tabla 29. Requisitos mínimos de las calderas de gas. Fuente: RD 275/1995 anexo V.

Marca	Requisitos de rendimiento a potencia nominal Pn y una temperatura media del agua en la caldera de 70 °C	Requisitos de rendimiento con carga parcial de 0,3 Pn y a una temperatura media del agua en la caldera de ≥ 50 °C
	Porcentaje	Porcentaje
*	$\geq 84 + 2 \log Pn$	$\geq 80 + 3 \log Pn$
**	$\geq 87 + 2 \log Pn$	$\geq 83 + 3 \log Pn$
***	$\geq 90 + 2 \log Pn$	$\geq 86 + 3 \log Pn$
****	$\geq 93 + 2 \log Pn$	$\geq 89 + 3 \log Pn$

Las dos calderas elegidas para la instalación son:

- Ferroli Energy Top 70kW, calificada con 4 estrellas, con un rendimiento a potencia nominal de 98% y al 30% de carga de 109%.
- Ferroli Quadrifoglio B 220kW, calificada con 4 estrellas, con un rendimiento a potencia nominal de 98,5% y al 30% de carga de 109,6%.

Al tratarse de calderas de condensación se habilitará el conducto de desagüe de condensados para cada caldera. Ambas calderas cuentan con quemadores modulantes como exige el RITE.



Figura 17. Calderas de propano a instalar (energy top y quadrifoglio respectivamente).

El motivo por el cual se eligen estos dos modelos de calderas es que las actuales también son de la marca Ferroli. Antes de elegir estos modelos se ha contactado con la casa Ferroli, y esta hace un precio más económico en la compra de ambas calderas con la devolución de las actuales.

10.2 Sistema solar térmico

La situación que se plantea para cumplir con la exigencia de la normativa actual consiste en acoplar una nueva instalación solar que aporte el restante necesario para cumplir normativa; o, por el contrario, a eliminar la instalación actual e instalar una nueva instalación solar. Cualquiera de estas dos soluciones es necesarias, debido que al realizar una posible reforma del sistema térmico es obligatorio poner la instalación al día de la normativa.

Ante estas dos posibilidades, la instalación del edificio solamente deja paso a la eliminación del sistema actual y rehacer toda la instalación solar. El motivo es la falta de espacio para que puedan coexistir las dos instalaciones. La instalación solar se encuentra en la azotea del edificio este de 422m² donde se ubican las UTAs, la enfriadora y los paneles solares quedando libre el edificio oeste de 234m². La geometría del edificio hace prácticamente imposible la instalación del número necesario captadores solares planos y el alto coste de los captadores tubulares hacen que la mejor opción sea el desmantelamiento de la instalación actual y la instalación de nuevos captadores más eficientes, además hay que tener en cuenta la necesidad de rehacer el conexionado y ajustes necesarios para adaptar la viaje instalación a la nueva.

El problema que lleva a esta situación es el alto coeficiente de pérdidas de los captadores ($a_1=6,8\text{W}/\text{m}^2\text{K}$; $a_2=0,007\text{W}/\text{m}^2\text{K}$). Por ello es necesario buscar el captador solar que se adapte a la instalación. Los requerimientos del sistema es el aporte del 60% del ACS de la instalación y el cumplir con la relación $50 < (\text{Vacu}/\text{Aabs}) < 180$ (volumen de acumulación/área útil de captador), ambas normas recogidas en el HE4. Esta última norma es muy restrictiva por la limitada capacidad de acumulación del edificio (2000l), y hay que elegir con cuidado el panel para que la relación no sea igual o inferior a 50.

Teniendo en cuenta todo ello se ha elegido el panel solar de la marca Salvador Escoda, el modelo Escosol FMAX 2.8. Tiene una superficie de captación de 2,57m² y coeficientes de perdidas ($a_1=3,36\text{W}/\text{m}^2\text{K}$; $a_2=0,013\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) bastante más bajos que los actuales. La disposición de estos paneles solares, se ubicarían en el mismo lugar donde se encuentran los paneles actuales. La nueva instalación estaría formada por 15 captadores solares Escosol FMAX 2.8 todos ellos conectados en paralelo puro, en una distribución de dos hileras de paneles, la primera de 7 y la segunda de 8.



Figura 18. Colector solar Escosol FMAX 2.8.

10.3 Chimenea

Las chimeneas actuales de las calderas no son válidas para las nuevas calderas. Para evitar realizar obras de albañilería más allá de las necesarias se aprovechará el hueco de la chimenea actual para la nueva chimenea. Para reducir costes se instalará en cascada una única chimenea para las dos calderas.

10.4 Características de seguridad de la sala de calderas propuestas

Se seguirán las indicaciones de seguridad de la norma UNE 60601 en todo momento.

En primer lugar, debido al cambio de gasóleo a gas propano, es necesario instalar las medidas de seguridad necesarias, en concreto para detectar fugas de gas en la sala de calderas. Por ello se instalarán 4 sondas de gas en la sala de calderas. Uno de ellos en las proximidades de las calderas y las otras tres se instalarán en la zona central de las paredes opuesta y adyacentes. De esta forma se contará con protección frente a gases en cada una de las paredes de la sala de calderas. Los detectores de gas se instalarán a una altura máxima del suelo de 0,2m y estarán protegidos contra golpes.

El detector elegido es un detector autónomo de fugas de gas, valido para GLP y gas natural, que actúa directamente sobre la electroválvula cortando el suministro de gas. Este detector también detecta presencia de CO cortando de igual manera la admisión de combustible. Esta centralita es capaz de controlar hasta 6 sondas.



Figura 19. Detector de propano y monóxido de carbono.

En la única puerta a la sala de calderas, que se encuentra en el exterior se coloraran carteles como los siguientes:



Figura 20. Cartelería de seguridad.

Además de un cartel que diga “CALDERA DE GAS PROHIBIDA LA MANIPULACION A TODA PERSONA AJENA AL SERVICIO”.

En un lugar cercano a la puerta de acceso a la sala de calderas por la puerta exterior, se instalará un soporte para la colocación de forma permanente de un extintor de incendios de polvo, que en la actualidad no hay. Además, se retimbrarán tanto el extintor de mano, que se encuentra cercano a la puerta de entrada por la parte interior, como los extintores de techo que se encuentran sobre las calderas.



Figura 21. Extintores de incendios.



11 Estudio de la nueva demanda energética

Una vez auditada y habiendo presentado propuestas de mejora de la instalación térmica del edificio, es necesario calcular el posible escenario tras la materialización de las mejoras. Para ello se calculará la demanda energética de la instalación reformada.

11.1 Condiciones de diseño

Las condiciones de diseño no cambian en absoluto respecto a las condiciones actuales. Este proyecto tiene por objeto el estudio del sistema térmico de la instalación, por lo que tanto las condiciones interiores, exteriores, el horario de funcionamiento y la descripción de los cerramientos no cambia respecto la situación actual.

11.2 Métodos de cálculo

Los métodos de cálculo de la demanda energética de los sistemas de ACS, calefacción, cocina y el aporte solar no cambian en absoluto respecto la situación inicial.

En ACS se mantiene la misma demanda utilizada anteriormente para la situación actual. El aporte solar se calculará de la misma forma que se ha usado en el cálculo la instalación solar actual. El cálculo energético de la cocina se mantendrá igual que en el cálculo ya realizado. Por último, Para el sistema de calefacción se utilizarán estimaciones de consumo en función de diferentes modulaciones de la caldera, igual que se ha realizado el cálculo de la situación actual, pero con la diferencia que se verán modificadas las horas de funcionamiento debido a que la potencia aportada por la caldera a instalar es superior.

11.2.1 Cálculo del sistema de ACS

Como ha quedado demostrado que la potencia actual de la caldera destinada a ACS se encontraba mayorada en exceso para las necesidades de ACS. Los resultados obtenidos fueron: 37,17 kW para reponer el caudal punta en 3 horas y 55,58 kW para reponer el total de la acumulación en 3 horas. Por este motivo se opta por reducir la potencia de la caldera destinada a ACS de 95 kW a 70 kW cambiando el combustible a propano y la tecnología de la caldera a una de condensación. Se trata de una potencia superior al caso más desfavorable por lo que se asegura la cobertura a la demanda.

La demanda, ya calculada en el apartado anterior es de 2.675 litros diarios y se tendrá en cuenta un caudal punta del 50% de la demanda, es decir 1.337,5 litros. Las condiciones de cálculo para la nueva caldera son las siguientes:



Tabla 30. Parámetros utilizados.

Temperatura acumulación	70°C
Temperatura suministro	60°C
Temperatura media del agua de red	11,4°C
Dimensiones de los inter acumuladores	Ø 0,9x1,85 m
Rendimiento del sistema de ACS	85,26%
Rendimiento de la caldera	98,5%
Rendimiento distribución ACS	87%
Potencia máxima a 60-80°C	64.9kW
Rendimiento a potencia máxima	98 %

Debido a que el rendimiento de la caldera seleccionada es superior a la caldera actual, se vuelve a calcular tanto la energía necesaria para reponer la energía térmica perdida en el caudal punta. En este caso también se considerará un tiempo de recuperación de 3 horas.

$$P_{ins} = [Q_{punta} * (T_{acu} - T_{afs})] * \frac{1,16}{3 * \eta_{sist}}$$

$$P_{ins} = 35.545,35W$$

Por tanto, la potencia de la caldera necesaria para cubrir la demanda punta máxima considerada es de 35,55kW.

El tiempo que tardaría en reponer la caldera la temperatura de 70°C a su potencia máxima es:

$$T = \frac{35,55 * 3}{P_{max} * \eta_{Pmax}}$$

$$T = 1,676834 \text{ h} = 1 \text{ hora y } 40 \text{ minutos}$$

Aplicando la misma fórmula y tiempo de recuperación a la hipótesis de que fuese necesario elevar la temperatura de los acumuladores de la temperatura del agua de red, la más perjudicial, a 70°C tras un fallo del sistema o una demanda desorbitada el resultado es:

$$P = 53.151,93W$$

Lo que es igual a 53,15 kW, es decir que al tener un mayor rendimiento la caldera propuesta, permite reducir sensiblemente la potencia a instalar. Dado que la diferencia es despreciable en las magnitudes de dimensionamiento de calderas, se sigue optando por instalar la caldera elegida de 70 kW.



Finalmente se va a calcular la energía consumida a lo largo del día teniendo en cuenta la demanda ya calculada de 2.675 litros.

$$E = [Vacu * (Tacu - Tafs)] * \frac{1,16}{\eta_{sist}}$$

$$E = 213.272,11W = 213,27 \text{ kWh/día}$$

Esto significa que el consumo energético anual es de 77.844,32 kWh anuales.

11.2.2 Cálculo del sistema de calefacción

Como se calculó en el apartado “8.2.2.1 Cálculo potencia de la caldera”, la potencia necesaria para el sistema de calefacción era de 218,84 kW de potencia. Dado que el sistema actual cuenta con una potencia de 180 kW, se ha elegido una caldera de gas propano de condensación de 220 kW, es decir que tiene una potencia ligeramente superior a lo que se considera necesario. Debido a este aumento de la potencia de la caldera no es lógico utilizar las mismas horas de cálculo para obtener el consumo del sistema de calefacción ya que, al aumentar la potencia, la caldera aporta más energía en menos tiempo. Esto se ve reflejado en la reducción de los periodos de funcionamiento de los regímenes carga, por ello se ha optado por reducir el número de horas destinadas a regímenes de carga altos, bajos y medios. Además, se ha de tener en cuenta el aumento del rendimiento, por lo que con menos combustible se obtiene una mayor energía térmica. Los rendimientos son tan altos debido a que el sistema funciona a baja temperatura entre 30 y 50°C

Tabla 31. Consumo en calefacción.

Potencia (kWt)	Modulación (%)	Rendimiento (%)	Potencia útil (kWt)	Horas/día	Horas/mes	Nº meses	Horas/año	Energía consumida (kWth/año)
220	100	106,8	234,96	1,3	39	7	273	64.144,08
220	80	107,6	189,376	1,6	48	7	336	63.630,34
220	50	108,8	119,68	2	60	7	420	50.265,60
220	30	109,6	72,336	2	60	7	420	30.381,12
Total								208.421,14

Se obtiene que el consumo real es de 208.421,14kWt anuales y que, de estos, 192.311,56 kWt son los consumidos por la caldera, debido a que el rendimiento global de la caldera es de 108,38%.



11.2.3 Cálculo del aporte solar térmico

Al realizar una propuesta de reforma del sistema térmico del edificio, es necesario cumplir la normativa vigente en todos los aspectos del sistema que se va a reformar. Al realizar una propuesta de mejor del sistema de calderas, esto obliga a cumplir la normativa vigente en la instalación solar térmica del edificio. Si no cumpliese el sistema solar térmico la normativa, el edificio no podría entrar en funcionamiento con la mejora de las calderas.

Dado que la normativa vigente no se cumple, como se ha demostrado en el apartado anterior, se ha buscado la solución más ventajosa desde el punto de vista energético y económico, encontrando un modelo de paneles solares que cumplen la normativa actual, y permiten rehacer la instalación solar sin necesidad de cambiar la capacidad de acumulación del sistema de ACS. Desinstalar la instalación actual e instalar la mejora propuesta, significa ir más allá de la sustitución de los captadores solares, obligando por motivos estructurales de constitución del sistema a la renovación del sistema de soportes, fontanería y bombeo.

Las placas solares elegidas para sustituir a las actuales y cumplir la normativa vigente son de la marca Salvador Escoda, modelo Escosol FMAX 2.8. Para realizar el dimensionamiento de la instalación, se ha empleado el mismo software del IDAE utilizado para calcular el aporte solar en el apartado anterior.

Como resultado de este, el sistema propuesto consta de 15 captadores solares Escosol FMAX 2.8 conectados todos ellos en paralelo direccionados en orientación sur con una inclinación de 25º. También será necesaria la sustitución de la bomba de impulsión por una o un nuevo grupo de bombeo.

Los cálculos se han realizado igualmente por duplicado, utilizando el CHEQ4 y de forma manual.

El resultado de los cálculos del programa es:

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Provincia: Ciudad Real Municipio: Villamanrique Zona climática: Zona V Latitud: 38° 32'

Mapa provincia

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	8,5	5,6	3,6
Febrero	12,2	6,6	5,1
Marzo	17,5	8,6	7,5
Abril	21,3	9,6	9,8
Mayo	24,1	12,6	13,9
Junio	28,1	15,6	18,7
Julio	29,1	18,6	22,9
Agosto	25,7	18,6	22,6
Septiembre	20,2	15,6	18,9
Octubre	13,7	11,6	12,7
Noviembre	9,4	8,6	7,0
Diciembre	7,2	5,6	3,8
Promedio	18,1	11,4	12,2

Altura municipio seleccionado (m): 849

Altura de la instalación (m): 849

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de... Salir

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Consumo Único Consumo Múltiple

Instalación con sistema prefabricado Instalación con todo centralizado
 Instalación con intercumulador Instalación con apoyo distribuido
 Instalación con intercambiador independiente Instalación con acumulación distribuida
 Instalación con intercambiador y piscina cubierta Instalación con intercambio distribuido

INSTALACIÓN CON TODO CENTRALIZADO

Sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo múltiple con acumulación solar centralizada, intercambiador de calor externo, acumulación de apoyo centralizada y conexión directa del circuito de distribución.

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de... Salir

CHEQ4

Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

CONSUMO ÚNICO

Aplicación

Número de...

Demanda calculada (l/día a 60 °C)

CONSUMO MÚLTIPLE

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="40"/>	7,0	196
Tipo B	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0
Tipo C	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0
Tipo D	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0

Demanda calculada (l/día a 60 °C) 196

CONSUMO TOTAL

Otras demandas (l/día a 60°C)

Demanda total (l/día a 60°C) 2.675

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA

Caso general FS 60%

Caso piscina FS 70%

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto
Nuevo proyecto
Abrir proyecto
Guardar proyecto
Ayuda
Acerca de...
Salir

CHEQ4

Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

CAPTADORES

Empresa

Marca/Modelo

Datos de ensayo

Área (m2)	2,57
n0 (-)	0,823
a1 (W/m2K)	3,36
a2 (W/m2K2)	0,013
Qtest(l/hm2)	82,65
k50	0,96
Laboratorio	Demokritos
Certificación	GPS-8608

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

CAMPO DE CAPTADORES

Núm. captadores Captadores en serie Pérdidas sombras (%)

Orientación (°) Inclinación (°) Área total captadores (m2) 38,55

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO

Caudal prim.(l/h) Anticongelante (%) Long. circuito (m)

Diám. tubería (mm) Esp. aislante (mm) Aislante

SISTEMA DE APOYO

Tipo de sistema

Tipo de combustible

Datos proyecto
Nuevo proyecto
Abrir proyecto
Guardar proyecto
Ayuda
Acerca de...
Salir

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

RSIT IDAE

VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

Volumen total (l)



Vol/Área (l/m2) 51,88

DISTRIBUCIÓN

Long. circuito (m)

Diám.tubería (mm)

Esp. aislante (mm) T. imp.(°C)

Aislante

VOLUMEN ACUMULACIÓN SUBESTACIONES

Tipo A (l) Tipo C (l)

Tipo B (l) Tipo D (l)

Volumen total (l) 0 Vol/Área (l/m2)

DISTRIBUCIÓN SUBESTACIONES

Long. total (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm)

Aislante

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de...

Salir

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

RSIT IDAE

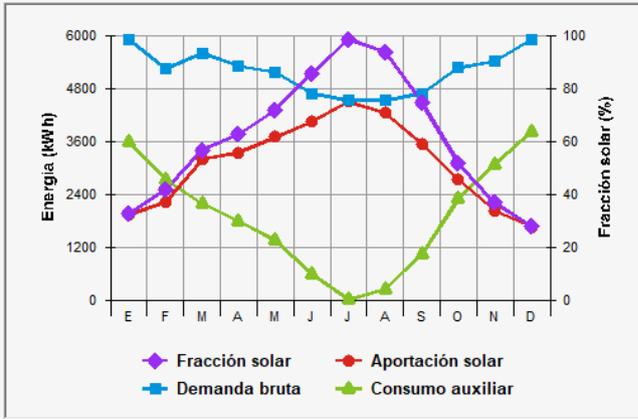
RESULTADO:

 La instalación solar térmica especificada **CUMPLE** los requerimientos de contribución solar mínima exigida por la HE4 Certificado

Tabla de resultados

Fracción Solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aporte solar (kWh)	Cons. auxiliar (kWh)	Reducción CO2 (kg)
60	55.025	62.476	37.325	23.073	8.021

Gráfica de resultados Sistema referencia



Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de...

Salir



De esta forma el aporte solar a la instalación pasa a ser de 37.325 kW anuales. Como se ve en la gráfica de la captura de resultados, el aporte solar en el mes de julio es prácticamente igual a la demanda total del mes. También se ve que, durante aproximadamente 6 meses, el aporte solar a la instalación es muy significativo, superando el 50% del consumo total de ACS.

Para corroborar estos datos, se ha recalculado las características térmicas de la localidad (se cambia el valor de corrección k para una inclinación de 25º) y las características técnicas de la instalación, dado que las características térmicas del edificio no cambian. Al rehacer los cálculos cambiando las características del panel, los resultados son:

*características de los captadores elegidos

- a 0,823
- b 3,36 W/m²k
- c 0,013 W/m²K²
- 2,57m²/captador

Se elige una inclinación de 25º, ya que la corrección de la inclinación en los meses más perjudiciales es superior que con 20º, aunque se reduzca de forma mínima la corrección para los meses de mayo, junio y julio, meses en los que el aporte es superior; de esta forma el aumento del valor de la corrección es significativo. Se da la posibilidad de aumentar la inclinación hasta los 30º, pero no se opta por ello debido a que la distancia a guardar entre hileras de colectores sería demasiado grande para el espacio disponible y aumentaría el porcentaje de pérdidas por sombras. Los valores medios de la corrección por inclinación son:

- 20º = 1,144
- 25º = 1,162
- 30º = 1,171

Así se ve, que la diferencia entre 20º y 25º es de 0,018 mientras que la diferencia entre 25º y 30º es de 0,009, la mitad de la anterior. Pero como ya se ha explicado por motivos de distancias, se opta por la configuración a 25º de inclinación.

Tabla 32. Corrección de latitud e inclinación. Fuente: Censolar.

LATITUD = 38°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,04	1,03	1,02	1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08
10	1,13	1,11	1,08	1,05	1,02	1,02	1,03	1,05	1,09	1,14	1,16	1,16
15	1,19	1,15	1,11	1,06	1,03	1,01	1,03	1,07	1,13	1,19	1,23	1,22
20	1,24	1,19	1,13	1,07	1,02	1,01	1,02	1,07	1,15	1,24	1,3	1,29
25	1,28	1,22	1,14	1,07	1,01	0,99	1,01	1,08	1,17	1,28	1,35	1,34
30	1,31	1,24	1,15	1,06	0,99	0,97	0,99	1,07	1,18	1,31	1,4	1,38
35	1,34	1,25	1,15	1,04	0,96	0,94	0,97	1,05	1,19	1,34	1,43	1,42
40	1,36	1,26	1,14	1,02	0,93	0,9	0,93	1,03	1,18	1,35	1,46	1,45
45	1,37	1,26	1,13	0,99	0,89	0,86	0,89	1	1,17	1,36	1,48	1,47
50	1,37	1,25	1,1	0,96	0,85	0,81	0,85	0,97	1,15	1,35	1,49	1,48
55	1,36	1,23	1,07	0,91	0,8	0,75	0,8	0,92	1,12	1,34	1,49	1,48
60	1,35	1,21	1,04	0,86	0,74	0,69	0,74	0,87	1,08	1,32	1,48	1,47
65	1,33	1,18	0,99	0,81	0,68	0,63	0,68	0,82	1,04	1,29	1,46	1,45
70	1,29	1,14	0,94	0,75	0,61	0,56	0,61	0,76	0,98	1,25	1,43	1,42
75	1,25	1,09	0,89	0,69	0,54	0,49	0,54	0,69	0,93	1,2	1,39	1,39
80	1,21	1,04	0,83	0,62	0,47	0,42	0,47	0,62	0,86	1,14	1,34	1,34
85	1,15	0,98	0,76	0,55	0,4	0,34	0,39	0,55	0,79	1,08	1,29	1,29
90	1,09	0,91	0,69	0,47	0,32	0,26	0,31	0,47	0,72	1,01	1,22	1,23

Tabla 33. Características térmicas de la localidad.

	Radiación incidente (MJ/m ²)	Corrección orientación c	Corrección ambiental a	Corrección latitud e inclinación k	Energía corregida (MJ/m ²)	Nº horas sol útiles	Intensidad útil (W/m ²)
Enero	8,50			1,28	10,74	8,00	372,87
Febrero	12,20			1,22	14,69	9,00	453,41
Marzo	17,50			1,14	19,69	9,00	607,74
Abril	21,30			1,07	22,49	9,50	657,74
Mayo	24,10			1,01	24,02	9,50	702,47
Junio	28,10			0,99	27,46	9,50	802,85
Julio	29,10	0,94	1,05	1,01	29,01	9,50	848,21
Agosto	25,70			1,08	27,40	9,50	801,03
Septiembre	20,20			1,17	23,33	9,00	719,96
Octubre	13,70			1,28	17,31	9,00	534,20
Noviembre	9,40			1,35	12,53	8,00	434,90
Diciembre	7,20			1,34	9,52	7,50	352,69
Total	18,08			1,16	20,73	8,92	607,34



Tabla 34. Características técnicas de la instalación propuesta.

	Tº ambiente (ºC)	Rendimiento colector (%)	Aportación solar por m2 (MJ/m2)	E. disponible por día y m2 (MJ/m2)	E. disponible por mes y m2 (MJ/m2)	E. solar total (MJ)	% energía renovable (%)
Enero	3,60	20,39%	2,19	1,86	57,68	2.223,74	12%
Febrero	5,10	32,97%	4,84	4,12	115,29	4.444,46	27%
Marzo	7,50	47,38%	9,33	7,93	245,82	9.476,44	53%
Abril	9,80	51,68%	11,62	9,88	296,42	11.426,84	68%
Mayo	13,90	56,32%	13,53	11,50	356,51	13.743,58	84%
Junio	18,70	62,25%	17,09	14,53	435,88	16.803,03	113%
Julio	22,90	65,49%	19,00	16,15	500,63	19.299,20	134%
Agosto	22,60	64,34%	17,63	14,98	464,46	17.905,00	125%
Septiembre	18,90	60,07%	14,01	11,91	357,31	13.774,26	92%
Octubre	12,70	47,10%	8,15	6,93	214,83	8.281,65	49%
Noviembre	7,00	32,96%	4,13	3,51	105,26	4.057,64	24%
Diciembre	3,80	17,12%	1,63	1,39	42,95	1.655,75	9%
Total	12,21	46,51%	10,26	8,72	3.193,04	123.091,58	66%

En este caso, el resultado es de 66% de aporte solar. Igualmente, si se contabiliza el 60% de la necesidad térmica mensual y se divide por la energía solar total, se obtiene que se necesita una superficie de 37,71m² de captadores, esto dividido por 2,57m² de cada colector, da que se necesitan 14,50 captadores, redondeando, 15 captadores para cumplir el objetivo del 60% de aporte. Que el aporte solar sea superior, incluso sobrepasando el 100% algunos meses, en parte es causa de que en el cálculo no se ha tenido en cuenta que todo el fluido termo portador no es agua, ya que también lleva anticongelante, en cualquier caso, de ser cierto el sobre aporte, se soluciona elevando la temperatura de envío del fluido caloportador y que la diferencia entre los 60ºC aportados en condiciones normales y los 70ºC de acumulación consignados se consigan reduciendo el aporte convencional.

Visto que los resultados obtenidos de formas diferentes son parejos, se toma como validos los obtenidos por medio del CHEQ4, dado que se trata del programa que va a acreditar la certificación de que el sistema instalado cumple con la normativa actual.

De esta forma el aporte solar a la instalación pasa a ser de 37.325 kW anuales. Como se ve en la gráfica de la captura de resultados, el aporte solar en el mes de julio es prácticamente igual a la demanda total del mes. También se ve que, durante aproximadamente 6 meses, el aporte solar a la instalación es muy significativo, superando el 50% del consumo total de ACS.

11.2.4 Cálculo del consumo en cocina

El consumo de gas propano en la codina no se ve afectado por la actuación en el sistema térmico, tampoco se van a llevar labores de cambio de tecnología o de aparatos en la cocina. El sistema de cálculo se mantiene, tomando las mismas horas de uso de los diferentes utensilios de cocina, por lo que la estimación de consumo de 41.245,00kW/año se mantiene igual que en el apartado anterior de cálculo.



11.2.5 Cálculo consumo gas propano

Una vez realizados todos los cálculos, se obtendrá la energía total generada y consumida por la instalación, las emisiones de CO₂ y los costes asociados a esta nueva situación.

11.2.5.1 Cálculo del consumo total energético fósil, costes y emisiones

La metodología de cálculo se va a realizar de la misma forma que la que se ha utilizado para el cálculo de la situación actual de la instalación. Se sumarán los consumos en función del origen energético y se tendrán en cuenta el poder calorífico del combustible empleado, así como su precio. La energía aportada por el sistema solar térmico al sistema de ACS se restará debido a que es una reducción de energía aportada mediante fuentes energéticas fósiles. Para que en el ámbito económico no se hallen grandes diferencias, el precio que se utilizará ha sido tomado el mismo día que los precios del gasóleo o de las bombonas de propano utilizadas anteriormente.

Tabla 35. Precio del gas propano a granel pactado.

	PCI	PCS	Precio
Propano	12,93 kWh/kg	14,08 kWh/kg	0,776041€/kg

El precio del gas propano utilizado, es el precio del gas propano a granel dado por el suministrador. El precio que se indica en la tabla 35, lleva incluido el impuesto de hidrocarburos, pero no el IVA.

Tabla 36. Consumos por tecnología en kW.

	Propano	Solar térmico
Calefacción	192.311,56	-
ACS	77.844,32	37.325,00
Cocina	41.245,00	-

Como se ve en el consumo de propano del sistema de calefacción, se ha tenido en cuenta que el rendimiento de la caldera era superior al 100%, para obtener el consumo real energético de propano, como se ha indicado en el punto anterior.

Tabla 37. Coste energético total.

	Propano (kW)	Propano (kg)	Propano (€)
Calefacción	192.311,56	13.658,49	10.599,55
ACS	40.519,32	2.877,79	2.233,29
Cocina	41.245,00	3.189,87	2.475,47

Al utilizar todos los tres sistemas el mismo combustible o fuente energética los cálculos se facilitan. El consumo total de propano es de 19.726,15kg/anuales



Tabla 38. Coste total.

	Propano (€)
Base imponible	15.308,30
IVA (21%)	3.214,74
Total	18.523,05

Para calcular las emisiones de CO₂ a la atmosfera, se toma la misma cantidad de referencia 0,244 kg/kW.

Tabla 39. Emisiones de CO2.

	Propano
CO2 (kg)	66.874,51

Tabla 39. Emisiones de CO2

12 Justificación de la reforma del sistema térmico

Una vez realizados los cálculos de la situación actual y la propuesta, es necesario justificar en todos los aspectos el cambio tecnológico, para poner pros y contras y ayudar a tomar una decisión final. Los aspectos que se han tenido en cuenta son:

12.1 Económico

La comparativa económica de ambos sistemas hace bastante evidente que el cambio tecnológico va a traer un gran ahorro anual. Esto se debe a los puntos que se desarrollaran más adelante, pero que afectan directamente al tema económico.

Un dato muy revelador, es que, a mayor precio del propano, debido a sus características hace que el consumo sea menor, y a pesar del sobre precio en comparación al gasóleo sea una solución global más económica que la actual.

Respecto al sistema solar térmico, el ajustarse a la normativa, supone un mayor aporte de ACS renovable y gratis, lo que hace que la reducción del aporte fósil se reduzca drásticamente.

Desde el punto de vista de la cocina, el precio de las bombonas de 35kg de propano es un precio libre, es decir no se encuentra regulado, esto hace que el precio pactado del propano a granel sea más económico que el de las bombonas de mercado libre. La diferencia es que se pasa de 1,43€/kg a 0,776041€/kg.

Tabla 40. Ahorro económico anual.

	Actual	Propuesta	Ahorro
Calefacción	13.365,39 €	10.599,55 €	2.765,84 €
ACS	4.303,66 €	2.233,29 €	2.070,37 €
Cocina	4.549,66 €	2.475,47 €	2.074,20 €
		Base imponible	6.910,41 €
		IVA (21%)	1.451,19 €
		Total	8.361,59 €



12.2 Rendimiento o eficiencia del sistema

Al cambiar las calderas de gasóleo convencionales por calderas de propano de condensación, se aprovecha de una forma mucho más eficiente el combustible empleado, ya que se pasa de aprovechar el PCI del gasóleo que es de 9,98 kW/l a aprovecha el PCS del propano que es de 14,08 kWh/kg. Es cierto que no se miden en las mismas unidades, el gasóleo se mide en litros mientras que el propano se mide en kilos, pero el poder calorífico respecto a la unidad de la facturación es superior. Además, hay que tener en cuenta que también se cambia la tecnología de las calderas, se pasa de calderas que no llegan al 95% de rendimiento en los mejores regímenes de funcionamiento, por calderas cuyo rendimiento mínimo es del 98% en el caso del ACS y del 106% en calefacción, y que como se ha desarrollado en los cálculos en ocasiones pueden llegar hasta el 109% de rendimiento.

Todo esto se resume en:

- Aumento del rendimiento del sistema por el cambio tecnológico de las calderas
- Aprovechamiento máximo del poder calorífico del combustible, al aprovechar el PCS

Tabla 41. Ahorro energético anual en kWh gracias al rendimiento y a la eficiencia del sistema.

	Actual	Propuesta	Ahorro
Calefacción	224.475,30	192.311,56	32.163,74
ACS	82.921,12	77.844,32	5.076,80
Cocina	41.245,00	41.245,00	0,00
		Total	37.240,54

El aporte solar térmico no se ha incluido en la tabla anterior, para dejar constancia de la reducción del consumo de los sistemas no renovables.

12.3 Reducción de emisiones

La mejora de rendimiento global del sistema hace que el consumo energético sea menor. El nuevo cálculo y la reinstalación del sistema solar térmico, hace que el consumo energético final quede de la siguiente manera:

Tabla 42. Ahorro energético anual en kWh.

	Actual	Propuesta	Ahorro
Calefacción	224.475,30	192.311,56	32.163,74
ACS	72.281,12	40.519,32	32.761,80
Cocina	41.245,00	41.245,00	0,00
		Total	63.925,54

El incremento del aporte solar térmico es del 345,90%, que reduce la dependencia de la energía no renovable, en este caso de gas propano, reduciendo su consumo, y por tanto, reduciendo toneladas de CO₂ emitidas.



Otro aspecto fundamental es el cambio tecnológico del gasóleo al propano, el gasóleo tiene un factor de emisiones de 0,289kg/kW y el propano de 0,244kg/kW. Por tanto, la reducción es evidente a simple vista, que, sumado a la reducción del consumo energético, da el siguiente resultado.

Tabla 43. Emisiones de CO₂.

CO ₂ (kg)	Actual		Propuesta	Ahorro
	Propano	Gasóleo	Propano	
Total (kg)	10.063,78	85.169,09	66.874,51	28.358,36

La reducción de emisiones de CO₂ total asciende a prácticamente 28,36 toneladas de CO₂.

12.4 Reunificación de combustibles

Por último, pero no menos importante, el cambio propuesto significa la reunificación de combustibles, que, a parte de los beneficios ya nombrados, cabe sumarle uno más, y es la comodidad de suministro del combustible al edificio. Actualmente es necesario llamar al suministrador de gasóleo y propano para reponer el depósito de gasóleo y para reabastecer las bombonas de propano para la cocina; el sistema propuesto facilita las acciones anteriores, al necesitar llamar al distribuidor de propano para reponer el único combustible de la instalación en contadas ocasiones al año.

12.5 Balance global del sistema

Comparados ambas situaciones, queda latente el beneficio económico y medioambiental de la reforma propuesta. De esta forma la justificación de la reforma propuesta tiene su base en:

- Ahorro anual de 8.361,59€
- Aumento del rendimiento y eficiencia del sistema al reducir la demanda energética en 63.925,54kWh anuales
- Reducción de las emisiones de CO₂ por valor de 28,36 toneladas anuales
- Comodidad de suministro energético al reunificar combustibles y pasar a tener un suministro continuo.



13 Diseño de las mejoras

13.1 Punto de funcionamiento del sistema de ACS

El sistema de ACS tiene por objeto el mantener la temperatura del sistema de acumulación y de distribución por encima de unos valores consigna para asegurar el correcto estado del agua caliente y así evitar enfermedades como la legionelosis.

13.1.1 Funcionamiento de la caldera

La caldera de ACS es el medio con el cual se puede regular la temperatura de almacenamiento de agua. Es la encargada de mantener la temperatura de almacenamiento de agua entre unos valores consigna determinados. Su mayor o menor grado de funcionamiento vendrá determinado por el apoyo del sistema solar térmico.

La caldera de gas propano se encuentra justo a la cola del sistema de almacenamiento, para así asegurar la temperatura suficiente antes de enviar el agua a la red de distribución. Tiene el objeto de aumentar la temperatura de la acumulación de agua para cumplir con el capítulo 3 de la “Guía técnica para la prevención y control de la legionelosis en instalaciones” titulado “Sistemas de agua caliente sanitaria”. En este se determina que toda instalación de ACS ha de asegurar una temperatura de 60°C en el sistema de ACS y que de ninguna forma baje a los 50°C en ningún punto del circuito de distribución. Para ello en la instalación, se almacenará el agua a una temperatura aproximada de 70°C, de esta forma se elimina la bacteria de la legionella.

Para conseguir esto, la caldera de propano entrará en funcionamiento cuando se detecte una temperatura en la acumulación de 68°C hasta que eleve la temperatura de acumulación hasta los 75°C, momento en el que se apagará.

13.1.2 Funcionamiento de los paneles solares

Los captadores solares constituyen el sistema de apoyo de ACS. Todo el salto térmico generado en estos se trata de energía limpia y gratuita aportada al sistema de ACS. El aporte solar térmico se realiza al primero de los dos inter-acumuladores colocados en serie, de esta forma se consigue el precalentamiento del sistema y que el salto térmico que tenga que aportar la caldera de gas sea menor.

El sistema solar térmico, se encuentra en cabeza del sistema de acumulación, y tiene por objetivo precalentar el agua fría que entra a la acumulación, para reducir el salto térmico que ha de aportar el sistema de gas propano. El sistema de captadores solares se encontrará en continuo funcionamiento durante el día, siempre y cuando que la temperatura de impulsión del agua sea superior a la temperatura del inter acumulador. Durante la noche el sistema se apagará para evitar enfriar el agua acumulada. El funcionamiento del sistema por tanto se encontrará supeditado a la radiación solar y a la temperatura del agua de impulsión, que siempre deberá ser superior en 5°C a la temperatura de acumulación para que el sistema entre en marcha y se parará, cuando la temperatura de impulsión sea igual o menor a la temperatura del inter-acumulador de 60°C.

Debido al cambio de la instalación solar, es necesario recalcular la distancian entre los captadores y todo el sistema de redes y conductos de la instalación, para que la nueva instalación funciona correctamente. Como ya se ha dicho la instalación constara de 15 captadores solares colocados en dos hileras en paralelo, una de 7 captadores y otra de 8

captadores. La conexión los captadores es en paralelo “puro”, reduciendo así las pérdidas de carga.

13.1.2.1 Distancia entre hileras de captadores

Para minimizar las perdidas por sombras, es necesario colocar las dos baterías de captadores, lo suficientemente alejadas entre sí para evitar que se den sombra. El principal problema de esto es que el espacio disponible en la terraza es limitado, por lo que se deberá ajustar al máximo la instalación.

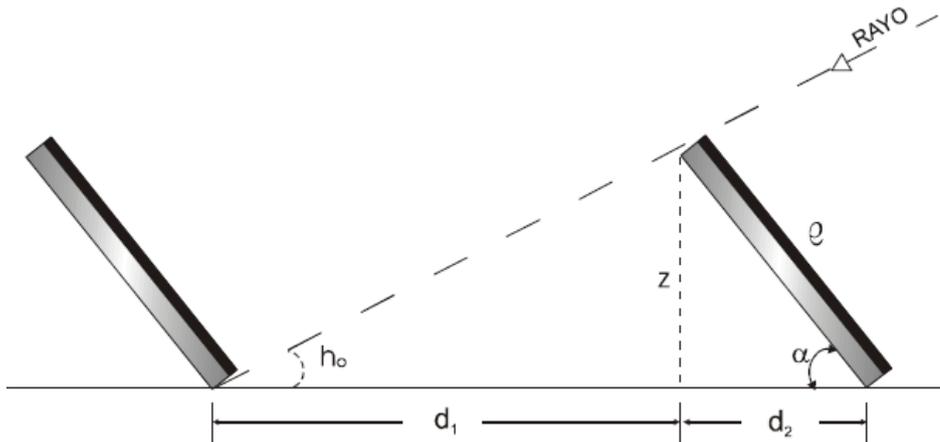


Figura 22. Distancia entre captadores solares.

La distancia mínima se define según:

$$d = l * \left\{ \frac{\sin(\alpha)}{\tan(h_0)} + \cos(\alpha) \right\}$$

Donde:

d es la distancia mínima

l es la longitud del captador, 2,16 metros

α es el ángulo de inclinación de los captadores (25°)

h₀ es la resta de 90° menos la latitud del lugar, en este caso 38,54°

Aplicando la formula y sustituyendo los valores el resultado son 2,68 metros de distancia entre las dos baterías. Dado que el espacio se encuentra limitado, no se considera incluir ningún coeficiente de seguridad.



13.1.2.2 Circuito hidráulico

Antes de entrar a calcular nada, hay que dar a conocer que la instalación actual, cuenta con una tubería general de 5/8”, y que la única bomba de impulsión no se encuentra operativa debido a la corrosión. Por lo que se cambiará de ante mano la bomba de impulsión por una adecuada y se intentará reutilizar la mayor cantidad del resto de componentes.

Caudales de la instalación

La normativa de la sección del HE4, en lo referido a tuberías, se indica que se deberán utilizar de cobre o de acero inoxidable. Además, en el pliego de condiciones técnicas de “Instalaciones de Baja Temperatura” del IDAE, se establece que la velocidad máxima para un fluido canalizado que discurre por zonas habitables ha de ser inferior a 2m/s, y a 3m/s si discurre por exteriores o locales no habitados. También establece la limitación de un máximo de 40mm de columna de agua de pérdidas por metro lineal.

Una vez conocido esto, va a ser necesario conocer los siguientes términos:

- Caudal circulante por la instalación
- Pérdida de carga de los conductos
- Diámetro del conducto
- Velocidad del fluido

Para conocer las características de la instalación se utilizará el siguiente ábaco de cálculo.

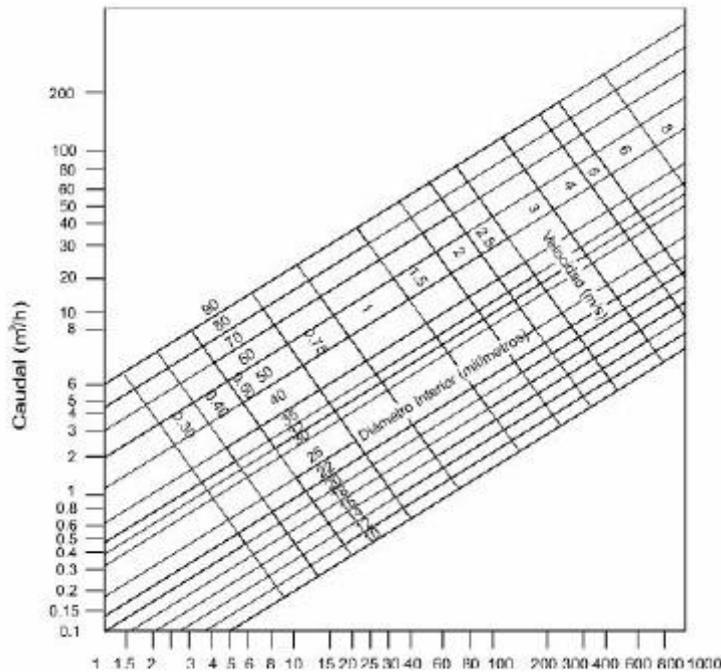


Figura 23. Ábaco de cálculo de pérdidas de carga.

En el eje de abscisas se muestran las pérdidas de carga en mmca/m.

Lo primero es conocer el caudal necesario para la instalación. El caudal dependerá de la radiación solar incidente, así como del salto térmico que sea necesario aportar y el calor específico del fluido. Ya que el fluido principal es el agua se tendrá en cuenta el calor específico del agua. Lo que se va a hacer es igualar la intensidad útil solar (W/m²) máxima, media y mínima, ya calculada y se igualara a la siguiente formula:



$$Q = \dot{m} * C_e * \Delta T$$

Donde

\dot{m} es el gasto másico en kg/s

C_e es el calor específico del agua (4.180 J/(°C*kg))

ΔT es el salto térmico del agua

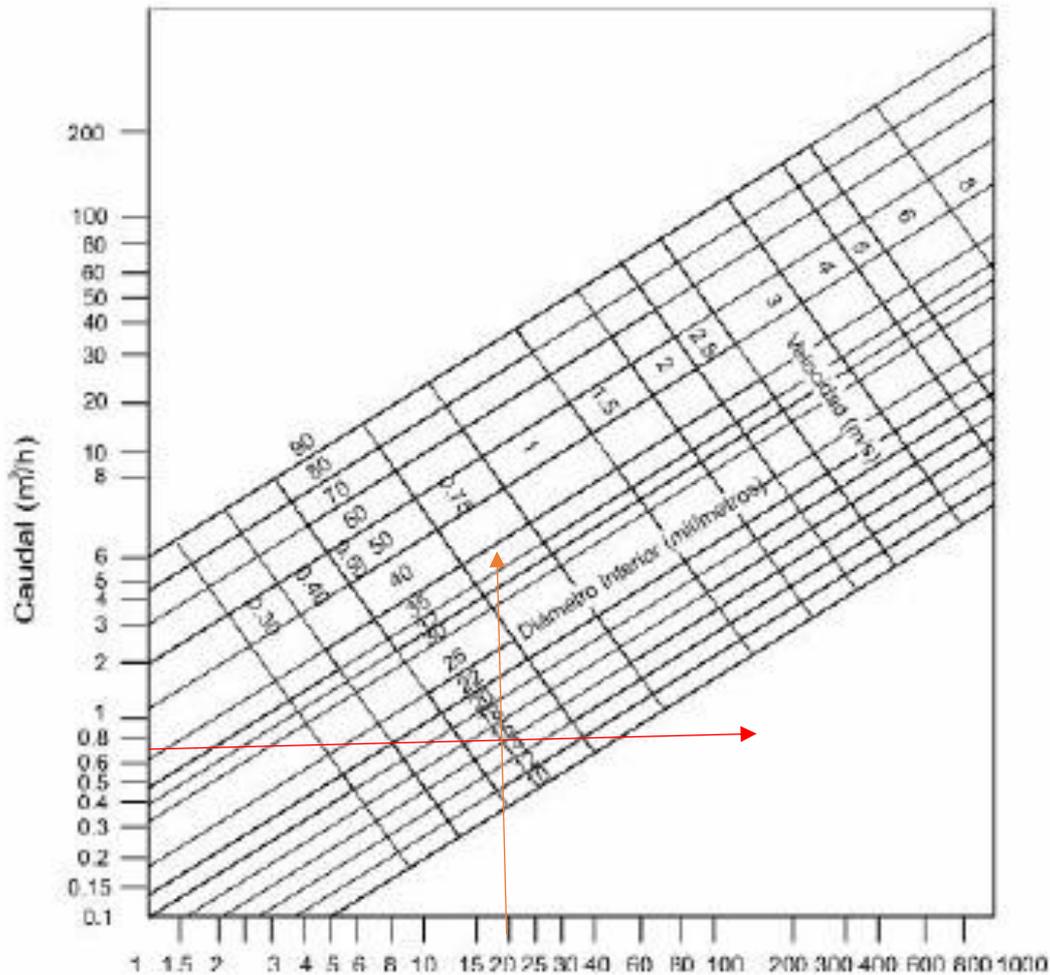
Dado que la intensidad útil viene dada en unidades de W/m² se multiplicará por el área de los captadores (2,57m²) por el número de captadores de cada hilera, para tener las unidades en Vatios. Además, se multiplicará por 3.600 para pasar el caudal másico a kg/h, o lo que es lo mismo, a l/h.

Tabla 44. Caudal másico de la instalación.

Intensidad útil (W/m ²)	ΔT (°C)	\dot{m} (l/h) 15 captadores
848,21	41,4	680,23
607,34	48,57	487,06
352,69	54,4	282,84

Diámetros de los conductos

Una vez conocidos los caudales de la instalación hay que ir al ábaco de cálculo de las pérdidas de carga para determinar el diámetro de la canalización. Se utiliza el caudal más alto, ya que es el más perjudicial referido a pérdidas de carga.



Estableciendo el caudal en $0,680 \text{ m}^3/\text{h}$, aproximadamente en $0,7 \text{ m}^3/\text{h}$, y fijando unas pérdidas de carga lineales de $20 \text{ mmca}/\text{m}$ aproximadamente, se obtiene que la tubería válida ha de tener 16 mm de diámetro interior, y se determina una velocidad del fluido de entre $0,5$ y $0,75 \text{ m/s}$.

Esto significa que la tubería actual de $5/8''$, equivalente a $15,88 \text{ mm}$ actual vale, dado que aún tiene la instalación 20 mmca de margen y la velocidad del fluido no es limitante.

Por otro lado, las tuberías actuales que van a cada una de las baterías de captadores en serie, no se van a reutilizar debido a la diferente distribución en la cubierta. Se opta por instalar tubo de $5/8''$ a modo de colector de impulsión como de retorno, optando con una distribución de retorno invertido para equilibrar el circuito.

Aislamientos de los conductos

Una vez establecidos los diámetros de los conductos es necesario aislarlos según dicte la normativa. Como se ha establecido en el punto "9.3 Tuberías", de la memoria, el aislamiento mínimo viene determinado según el RITE.



Tabla 45. Espesores mínimos de aislamiento en interior. Fuente: RITE.

Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
D ≤ 35	35	35	40
35 < D ≤ 60	40	40	50
60 < D ≤ 90	40	40	50
90 < D ≤ 140	40	50	60
140 < D	45	50	60

En este caso se va a sobre aislar a las conducciones hasta los 70mm de espesor mediante espuma de poliuretano, con el objetivo de minimizar pérdidas térmicas, así como para proteger en invierno las conducciones de la congelación.

Anticongelante

El fluido calo portador no es únicamente agua destilada, sino que además se le añade un porcentaje de un anticongelante biodegradable y no tóxico, como es el propilenglicol. Dado que no se esperan problemas de congelación, el porcentaje de anticongelante en el agua es del 9%. El principal motivo para elegir el propilenglicol frente a otros anticongelantes es que, al formar parte de un suministro de ACS, ante cualquier fuga en el inter acumulador, este anticongelante no es tóxico para la salud como exige la norma DIN 4757 y que es biodegradable. La temperatura de congelación es de -27°C.

Bombas de impulsión

Para poder elegir la bomba adecuada para la instalación, es necesario tener en cuenta las pérdidas de carga del circuito hidráulico. La bomba ha de ser capaz de tener una altura superior a la suma de las pérdidas de carga del circuito. Por ello hay que establecer las pérdidas de carga de cada uno de los elementos que se encuentran en el circuito que son:

- Tubería de cobre de 5/8"
- Intercambiador de calor del inter-acumulador
- Captador solar

Tubería de cobre de 5/8"

Ya se ha calculado la pérdida de carga en este mismo punto, dando como resultado para el máximo caudal, el más desfavorable con valor de 680,23l/h, unas pérdidas de 20mmca/m. Como la longitud del circuito equivalente es de 90m, las pérdidas de carga en la situación más desfavorable son de 1,8m.

Intercambiador de calor del inter-acumulador

El inter-acumulador es de la casa Buderus y tiene una capacidad de 1000l. Por lo tanto, es necesario recurrir a la ficha del fabricante para conocer las pérdidas de carga.



Tabla 46. Características del interacumulador.

Tipos		SU 500	SU 750	SU 1000
Capacidad del acumulador	▶ [l]	500	750	1000
Contenido del intercambiador tubular	▶ [l]	16	23	28
Potencia de mantenimiento ⁽¹⁾	▶ [kwh/24h]	2,94	3,94	1,31
Presión máx. del agua de calefacción/agua sanitaria	▶ [bar]	16/10		
Ancho paso puerta	▶ [mm]	660	810	910
Temp. máx. del agua de calefacción ⁽²⁾ /agua sanitaria	▶ [°C]	160/95		
Índice de demanda NL a 60 °C		17,8	27,4	34,8
Caudal continuo a 45 °C	▶ [l/h]	1757	2176	2487
Potencia de funcionamiento a caudal continuo a 45 °C	▶ [kW]	71,5	88,6	101,2
Caudal continuo a 60 °C	▶ [l/h]	1041	1267	1551
Potencia de funcionamiento a caudal continuo a 60 °C	▶ [kW]	60,5	73,7	90,2
Caudal de agua de primario	▶ [m³/h]	4,95	4,3	3,8
Pérdidas de carga	▶ [mbar]	350	350	350
Peso (sin embalaje) ⁽²⁾	▶ [kg]	238	319	406
Superficie de intercambiador	▶ [m²]	2,2	3,0	3,7

El fabricante indica un valor de 350mbar lo que equivale a 3,5m de altura de columna de agua.

Captador solar

El fabricante facilita la siguiente grafica para conocer las pérdidas de carga en función del caudal. Se toma el valor más desfavorable, el de mayor caudal, para el cálculo de la perdida de carga. El caudal máximo calculado es de 680,23l/h para el conjunto de captadores, que supone un caudal de 45,35l/h por cada captador solar.

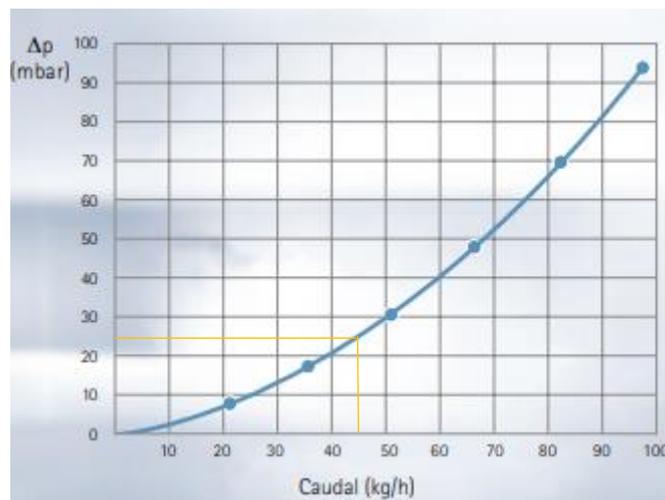


Figura 24. Pérdidas de carga del colector en función del caudal.

Por tanto, a caudal máximo se considera una pérdida de carga de 24mbar, equivalente a 0,24m.

A la hora de elegir el grupo hidráulico de la instalación se tendrá en cuenta unas pérdidas totales de 5,54m.

El grupo hidráulico elegido ha de ser capaz de regular el caudal entre 4,71 y 11,33 l/min, lo que hace un caudal entre 282l/h y 680l/h. Para evitar que el sistema solar térmico se encuentre fuera de servicio por un fallo en el grupo hidráulico, se opta por la instalación de dos grupos hidráulicos, para que siempre uno sirva de apoyo en caso de fallo del otro, y se opta por el grupo hidráulico Chromagen-2 vías.



Figura 25. Grupo hidráulico Chromagen.

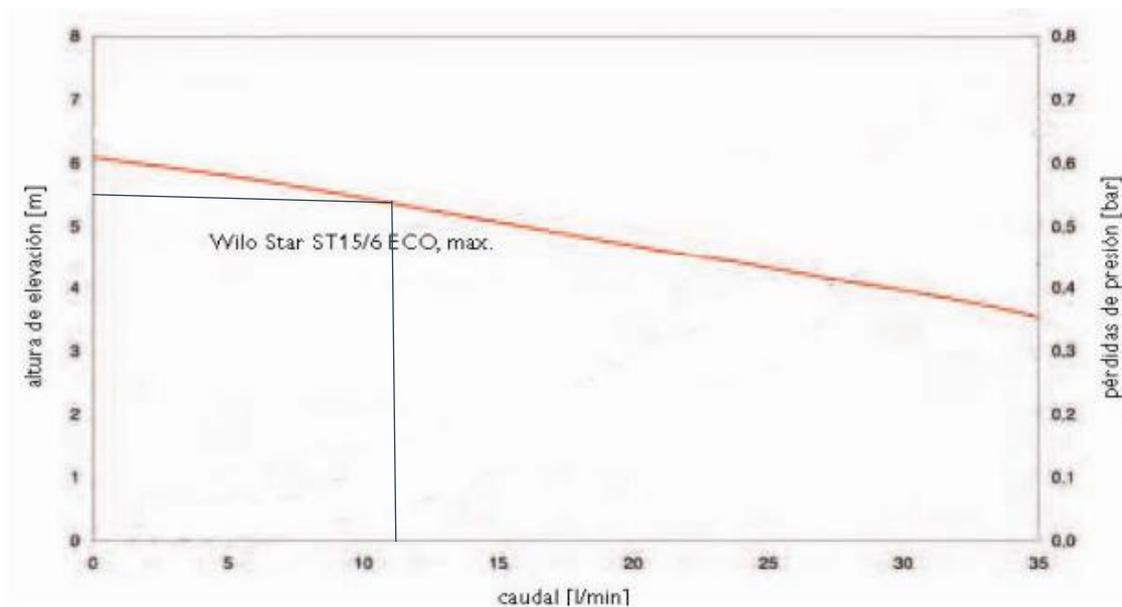


Figura 26. Curva característica del grupo hidráulico.

Dado que la altura de elevación de la bomba, cuando se encuentre periodos de tiempo de caudal máximo va a quedarse corto, se va a instalar un grupo hidráulico gemelo para servir de apoyo al principal en caso de avería o mantenimiento. Los dos grupos hidráulicos se conectarán para dar la posibilidad de funcionar en solitario o en serie para así duplicar la altura de impulsión de la bomba y poder suministrar sin problemas el caudal necesario para el correcto funcionamiento del circuito hidráulico.



Vaso de expansión

Dado que en la instalación actual cuenta con menos captadores solares y de menor capacidad, el vaso expansor actual de 10 litros se puede quedar pequeño por lo que es necesario calcular si se necesita uno nuevo. Su cálculo se realiza según la siguiente formula:

$$V_t = V * C_e * C_p$$

Donde:

V_t es el volumen del vaso de expansión

V es el volumen de fluido caloportador de la instalación

C_e es el coeficiente de dilatación del fluido caloportador

C_p es el coeficiente de presión de gas

Lo primero es conocer el volumen de fluido que discurre por el circuito, para asegurarnos de que el vaso expansor no se queda pequeño, se calcula para una longitud de 90 metros para la única tubería de 5/8" el volumen de los conductos es:

$$V_c = \pi * r^2 * l$$

$$V_c = 0,017813 \text{ m}^3 = 17,81 \text{ l}$$

También hay que tener en cuenta el volumen de fluido en los captadores, que es de 1,85l por captador lo que hace un total de 27,75l. El serpentín del inter acumulador tiene una capacidad de 28 litros.

Esto hace que $V = 17,81 + 27,75 + 28 = 73,56 \text{ l}$

Dado que no se conoce el coeficiente de dilatación de la mezcla de fluido caloportador, se toma un valor de $C_e=0,08$. Este valor indica la relación entre el volumen del vaso de expansión útil y el volumen total de fluido en la instalación. El C_e del agua sin aditivos es de 0,043 a pesar de que nuestro porcentaje de agua es del 91%, al no conocer el C_e real se prefiere sobredimensionar el vaso a quedarse corto.

Por último, el coeficiente de gas es la relación entre el volumen total y el volumen util del vaso de expansión. Se define por la siguiente expresión:

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m}$$

Donde

P_M es la presión máxima del vaso

P_m es la presión mínima del vaso

Los captadores solares Escosol FMAX 2.8 tienen una presión máxima de servicio de 10 bar. Pero el circuito no va a funcionar a la presión máxima de los captadores, sino a $P_s=4$ bar (presión de servicio).



El valor PM viene definido por el menor resultado de las siguientes expresiones:

$$PM = 0,9 * P_s + 1 = 0,9 * 4 + 1 = 4,6 \text{ bar}$$

$$PM = P_s + 0,65 = 4 + 0,65 = 4,65 \text{ bar}$$

Y Pm queda definida por:

$$P_m = 1,5 + 0,1 * h$$

Siendo h la altura entre el punto más alto de la instalación y el más bajo, siendo este de 12m

$$P_m = 1,5 + 0,1 * 12 = 2,7 \text{ bar}$$

De esta forma Cp queda:

$$C_p = \frac{4,6}{4,6 - 2,7} = 2,42$$

Conocidos todos los parámetros se calcula el volumen total del vaso expansor:

$$V_t = V * C_e * C_p$$

$$V_t = 73,56 * 0,08 * 2,42$$

$$V_t = 14,24 \text{ l}$$

Lo que hace que el vaso expansor sea de 15l de capacidad.

Sistema de llenado del circuito

El sistema de llenado mediante bombeo se va a reutilizar ya que se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento.

13.2 Funcionamiento de las UTAs

Las siglas UTA corresponden con Unidad de Tratamiento de Aire. Su funcionamiento consiste en la renovación y la climatización del aire interior de edificios, para ello se regula la temperatura y humedad del aire impulsado en función de las necesidades del edificio a climatizar. Las Utas están compuestas por diferentes elementos:

- Toma del aire exterior: Se trata de la entrada principal de aire a la UTA. Está formada por el ventilador de impulsión a la UTA y los filtros necesarios para evitar la entrada de polvo y partículas a la unidad de tratamiento de aire.
- Climatización del aire: Está formada por dos baterías de agua, la primera de calor y la segunda de frío. Este orden siempre es así, para evitar que en invierno la batería de frío se congele. Estas baterías no funcionan a la vez, si no que cada batería funcionara en función de las necesidades térmicas de la instalación. De esta forma en invierno se utilizará la batería caliente y en verano se utilizará la batería fría. Además, cuenta con un sistema de humectación del aire, que se utiliza sobre todo en invierno para evitar reseca el ambiente interior del edificio. La temperatura de las baterías de frío y calor, cuentan cada una con una válvula de tres vías, que sirve para controlar la temperatura del agua impulsada por las baterías, de esta forma en función de



las necesidades térmicas del edificio, la válvula dejara pasar más o menos cantidad de agua recirculada para disminuir o aumentar la temperatura, en función de las necesidades térmicas.

- Extracción del aire interior: Dado a que se está inyectando aire en el interior del edificio, es necesario un sistema de extracción de aire del interior. La extracción del aire interior se puede reutilizar para precalentar o enfriar el tomado del exterior o verter directamente al ambiente.

En rasgos generales la descripción anterior corresponde al esquema de funcionamiento de una UTA, una vez conocido el proceso de funcionamiento general, es necesario conocer las características de las UTAs que tiene la instalación. Las partes que las componen son:

- Toma de aire exterior
- Climatización del aire
- Extracción de aire
- Recirculación del aire interior
- Rueda de calor
- Sección de humectación de fibra de vidrio
- Separador de gotas
- Enfriamiento libre

Los elementos adicionales de nuestras UTAs sirven para lo siguiente:

- Recirculación del aire interior: en ocasiones se recircula hacia el interior del edificio una parte del aire extraído, de esta forma se ahorra energía al no tener que calentar o enfriar el total de la masa de aire a impulsar.
- Recuperador adiabático: Tanto en el sistema de humectación de la climatización, así como el recuperador adiabático anterior a la rueda de calor, está formado por unas placas de fibra de vidrio que se empapan para humedecer el aire. Consiste en humedecer el aire caliente de salida, para que el aire de entrada evapore la humedad del aire extraído y así se enfríe gratis el aire de entrada.
- Rueda de calor: se trata de un intercambiador que lo que hace es: en invierno, precalienta el aire de entrada con el aire de extracción; en verano, el aire caliente se humecta para que al llegar a la rueda de calor vaporice la humedad que lleva y así pre enfriar el aire de entrada a la UTA.
- Separador de gotas: en la etapa justo después de la climatización, una vez pasada la humectación se encuentra el separador de gotas. Se trata de un filtro que recoge las gotas de agua que pueda arrastrar la corriente de aire para evitar su entrada a los conductos de climatización. El agua recogida, al igual que el agua condensada en la batería de frío, va directamente al desagüe.
- Enfriamiento libre: se trata de una forma gratuita de enfriar el edificio de forma natural, se utiliza en las mañanas y noches de primavera y verano, se abre la extracción del edificio y la impulsión, de forma que las corrientes de aire no se encuentren en contacto, de esta forma se extrae aire caliente y se impulsa aire frío del exterior. En el momento que la temperatura exterior es superior a la interior entra a funcionar la batería de frío.

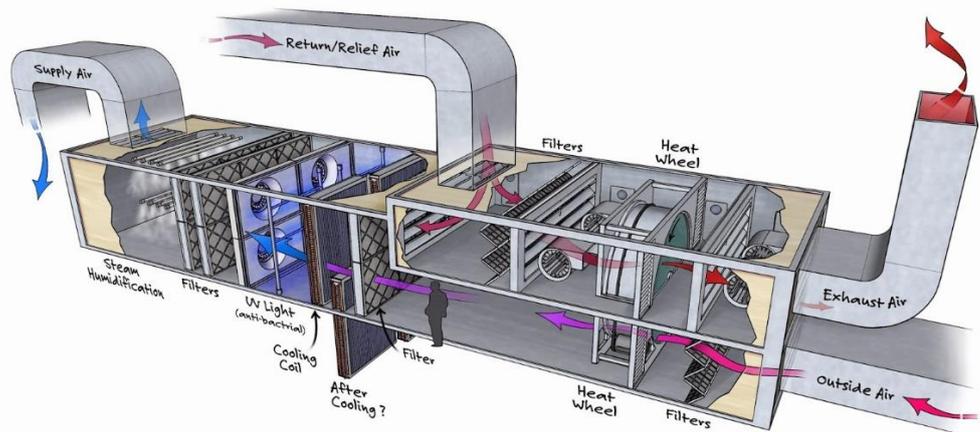


Figura 27. Modelo explicativo de las partes de una UTA. Fuente: <http://instalaciones-termicas.blogspot.com.es>.

Una vez conocidas las partes de las UTAs instaladas, es útil conocer la forma de funcionamiento en el periodo de verano y de invierno.

Verano

El aire del exterior pasa por la batería de frío y por la batería de humectación. El aire extraído pasa por la batería de humectación para ganar humedad y que, al llegar a la rueda de calor, se evapore la humedad ganada y así pre enfriar el aire de entrada, lo que consigue la reducción de la temperatura del aire de entrada de forma gratuita.

Durante las mañanas y noches de primavera y verano, cuando la temperatura exterior es inferior a la temperatura interior, se cierra la compuerta de mezclado de aire interior, de forma que el aire exterior entra directamente al interior y el aire extraído se vierte al medio. En este proceso de funcionamiento la batería de frío se encuentra apagada. Cuando la temperatura exterior sea superior a la del interior, la batería de frío entrara en funcionamiento y la compuerta de mezclado de aire volver a regular.

Invierno

El aire del exterior pasa por la batería de calor y por la batería de humectación. El aire extraído pasa por la rueda de calor, que funciona como un intercambiador de calor calentando el aire de entrada a costa del aire de extracción. De esta forma se consigue el aumento de la temperatura del aire de entrada de forma gratuita.

En el modo invierno el recuperador adiabático no se encuentra en funcionamiento.

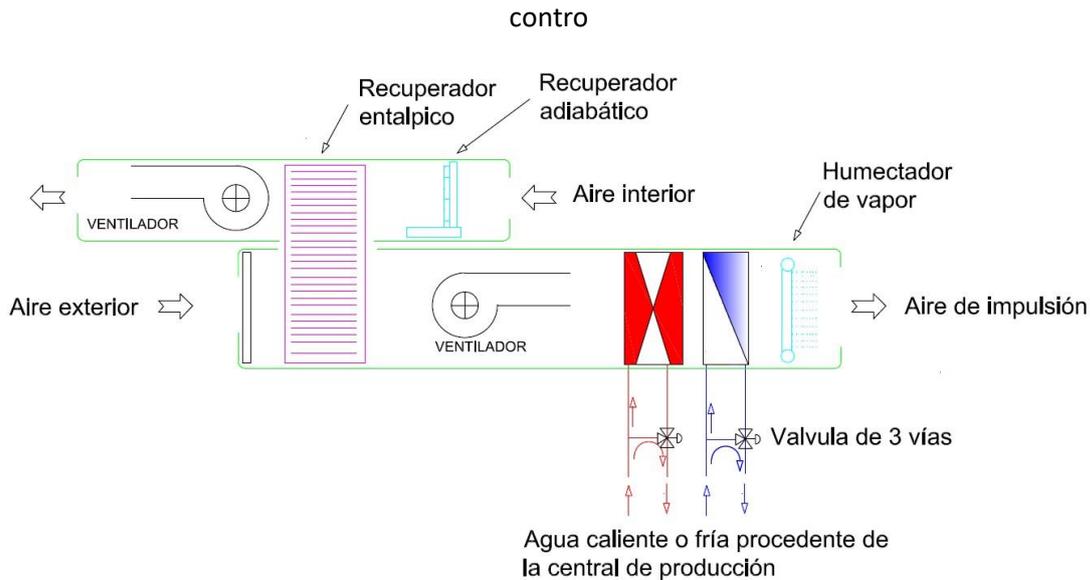


Figura 28. Esquema partes de una UTA. Fuente: juanfrancisco207.files.wordpress.com

13.3 Punto de funcionamiento del sistema de calefacción

El sistema de calefacción es el encargado de mantener la temperatura del edificio entre los valores fijados en el punto 8.1.3 condiciones interiores de cálculo. Se estima que el sistema de calefacción se encuentre en funcionamiento aproximadamente 7 meses al año, durante los cuales la temperatura interior del edificio se ha de encontrar entre los 21 y 23 grados centígrados. Para ello se cuenta con el sistema de calefacción mediante suelo radiante y la climatización de las UTAs de la azotea. Las UTAs aparte de calefactar el aire del edificio se encargan de otro punto muy importante de bienestar e higiene de la instalación, controlar la humedad del aire que se respira, la cual debe encontrarse entre el 40 y 50%.

Como ya se ha explicado el sistema de calefacción pretende mantener una temperatura constante de entre 21°C y 23°C con una humedad relativa entre el 40% y el 50%. Para conseguir estas condiciones se reutilizará el sistema de automatización y control de la instalación reajustando los parámetros para mantener las condiciones deseadas.

13.3.1 Control de la temperatura

A la hora de establecer la temperatura es necesario combinar el uso de los dos métodos de climatización de áreas de la instalación, por un lado, el suelo radiante y por el otro, la climatización del aire por medio de las UTAs.

En primer lugar, las UTAs trabajaran de forma conjunta a cargas parciales para satisfacer las necesidades de climatización y renovación de aire. En lo referido a la temperatura, entraran en funcionamiento cuando la temperatura ambiente alcance los 21°C y se detendrán cuando se alcancen los 23°C. El aire emitido se encontrará a una temperatura máxima de 24°C de forma puntual, funcionando normalmente a 23°C. Durante la noche la climatización se mantendrá apagada.

En lo referido al suelo radiante, los suelos radiantes se diseñan para temperaturas máximas de 29°C (UNE 1264: Calefacción por suelo radiante. Sistemas y componentes), a pesar de esto, no

significa que la temperatura de funcionamiento sea de 29°C. Los suelos radiantes son sistemas muy eficientes de calefacción que permiten ahorrar espacio, pero su diseño de funcionamiento además ha de cumplir con las necesidades de confort de las personas que van a disfrutar del suelo radiante.

Para conseguir el modelo de confort hay que evitar grandes diferencias de temperatura entre los pies y la cabeza de las personas. Así se elimina el efecto “pies calientes” y cabeza fría, que da la sensación de corrientes entre los puntos a diferente temperatura de la habitación. Por tanto, la temperatura del suelo radiante, así como la temperatura del aire proveniente de los climatizadores no deberá ser muy distante. Para establecer la temperatura del suelo radiante en función de la temperatura ambiente se puede usar el siguiente gráfico:

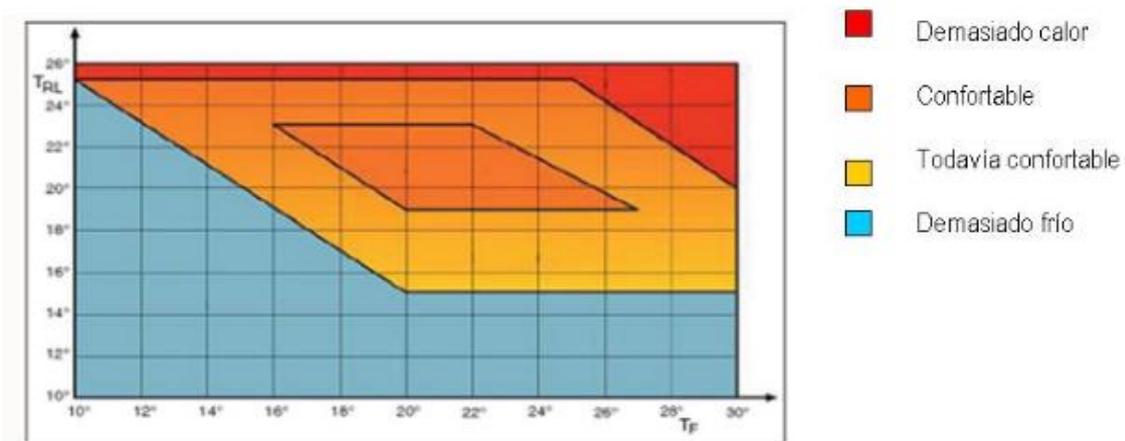


Figura 29. Zona de confort. Fuente: blog.construmatica.com.

De esta forma, la temperatura del suelo radiante será de 23°C cuando la temperatura ambiente sea de 21°C y 22°. Una vez la temperatura ambiente sea de 23°C se parará el sistema de suelo radiante, volviendo a encender cuando la temperatura sea de 23°C. Durante los periodos de noche, el sistema de calefacción no estará en funcionamiento, y por las mañanas, volverá a funcionar consiguiendo una temperatura de tres grados superior a la temperatura ambiente hasta que se llegue a la temperatura de 21°C ambiente, que entonces funcionara el sistema como ya se ha explicado.

El motivo del apagado de la climatización y del suelo radiante durante la noche es que, al no haber actividad, encontrarse las persianas bajadas y los residentes en sus habitaciones, la temperatura en estas disminuirá progresivamente sin ser un problema al estar protegidos con el ropaje de la cama. Además, que las temperaturas especialmente altas (23°C), pueden dificultar la toma del sueño de los residentes.

En conclusión, el sistema funcionara de la siguiente manera:

- Unidades de tratamiento de aire
 - o La temperatura emitida por estas será de 23°C y puntualmente de 24°C su periodo de funcionamiento comienza a temperatura ambiente de 21°C y finaliza a los 23°C.
 - o En el periodo de noche, apagado a las 22.30h, no se encuentra en funcionamiento la climatización, volviendo a su actividad normal a las 8.30h de la mañana.



- Suelo radiante
 - o El suelo se mantendrá a 23°C con temperaturas ambiente de 21°C y 22°C. La temperatura de encendido y apagado es de 21°C y 23°C respectivamente.
 - o Durante la noche no se encuentra en funcionamiento, apagado a las 22.30h, pero a partir de las 8.30h la temperatura del suelo será siempre 3°C superior a la temperatura ambiente hasta llegar 21°C, donde comenzará su funcionamiento normal.

7.1.2 Control de la humedad

Respecto a la humedad, en invierno no hay riesgo de condensación de la humedad ambiente en el suelo radiante, dado que este emitirá calor, pero si se producirá la deshumidificación del ambiente, por esto, las UTAs deberán mantener la humedad entre el 40% y el 50%, para ello, comenzaran a humidificar el ambiente cuando la humedad sea del 42% y dejaran de inyectar humedad con valores de 48%. Al ser parte de la unidad de la climatización el control de la humedad, por la noche se mantendrá apagado hasta las 8.30h del día siguiente. Esto se debe a que la humedad no caerá drásticamente al cesar la climatización y se mantendrá dentro de los valores deseados durante la noche.

Por tanto, el funcionamiento de la humectación del ambiente funcionara de la siguiente forma:

- Unidades de tratamiento de aire
 - o Mantendrán la humedad entre el 40% y 50% de humedad iniciando y parando el control de humedad a 42% y 48% de humedad respectivamente.

13.4 Punto de funcionamiento del sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración de la instalación cumple el trabajo completamente opuesto al trabajo de calefacción, pero su forma de funcionamiento es similar. Para refrigerar el edificio en los meses de verano, se utiliza de forma conjunta el sistema de suelo radiante como las UTAs. Se estima que el uso del sistema de refrigeración funcione durante 5 meses al año aproximadamente. El objetivo de esta instalación es garantizar un ambiente agradable en el interior del edificio, mediante una temperatura entre 23 y 25°C y entre el 45 y 60% de humedad ambiental. En el caso de verano el control de la humedad y temperatura es fundamental, para evitar condensación en el suelo y posibles caídas.

13.4.1 Control de la temperatura

Antes de empezar y ya visto el modelo de confort, se aplicará la misma lógica en el control del sistema de refrigeración.

Debido a esto y a no generar grandes diferencias térmicas entre el suelo y el ambiente, el suelo se mantendrá a 23°C cuando la temperatura ambiente sea de 25°C y 24°C. Mientras que la climatización, disminuirá de forma gradual, esto significa que emitirá aire a 24°C cuando el ambiente se encuentre a 25°C; y emitirá aire a 23°C cuando el ambiente se encuentre a 24°C. Si en algún momento se llegase a superar la temperatura de 25°C, las UTAs emitirían aire a 25°C para reducir la temperatura a la máxima establecida y una vez llegada a esta volverían al funcionamiento normal. La temperatura del suelo radiante se mantendrá constante en 23°C pese a una hipotética temperatura ambiente superior a 25°C.



Ambos sistemas no funcionarán durante las noches, ya que se espera la caída de la temperatura exterior y no será necesario la climatización nocturna.

En resumen, el funcionamiento del sistema de temperatura es el siguiente:

- Suelo radiante
 - o La temperatura de funcionamiento es de 23°C. El funcionamiento del sistema comienza a partir de las 8.30h de la mañana y finaliza a las 22.30h.
 - o El sistema entrara en funcionamiento cuando la temperatura ambiente sea de 25°C o superior, y no cesará hasta que la temperatura ambiente sea de 23°C.
- Sistema de climatización
 - o El periodo de funcionamiento es el mismo que el del suelo radiante, de 8.30h a 22.30h.
 - o El sistema arrancara a temperatura mínima ambiente de 25°C y emitirá aire a 24°C, cuando la temperatura ambiente sea de 24°C emitirá aire a 23°C.
 - o Cuando la temperatura suba por encima de 25°C, las UTAs emitirán aire a 25°C para conseguir llegar a la temperatura máxima permitida, a la cual volverán a su funcionamiento normal ya descrito.

13.4.2 Control de la humedad

Al fijar la temperatura del suelo radiante a 23°C la posibilidad de condensación de la humedad ambiente se reduce. La humedad se debe encontrar entre el 45% y el 60%, para evitar que se salga de dichos valores, las UTAs humectaran el ambiente entre el 57% y 48% evitando llegar a los extremos de lo establecido.

Una vez establecida la humedad máxima de la instalación en el 57% es necesario buscar la posibilidad más probable de condensación de la humedad en el suelo radiante. Esta probabilidad será mayor cuanto mayor sea la humedad (humedad máxima 57%) y a mayor temperatura ambiente, corriendo el riesgo de alcanzar la temperatura de rocío en el suelo más fácilmente.

La temperatura de rocío es la temperatura mínima a la que un determinado punto característico, formado por temperatura y humedad, comienza a condensar la humedad del ambiente al reducirse la temperatura. Esto se muestra en los diagramas psicrométricos.

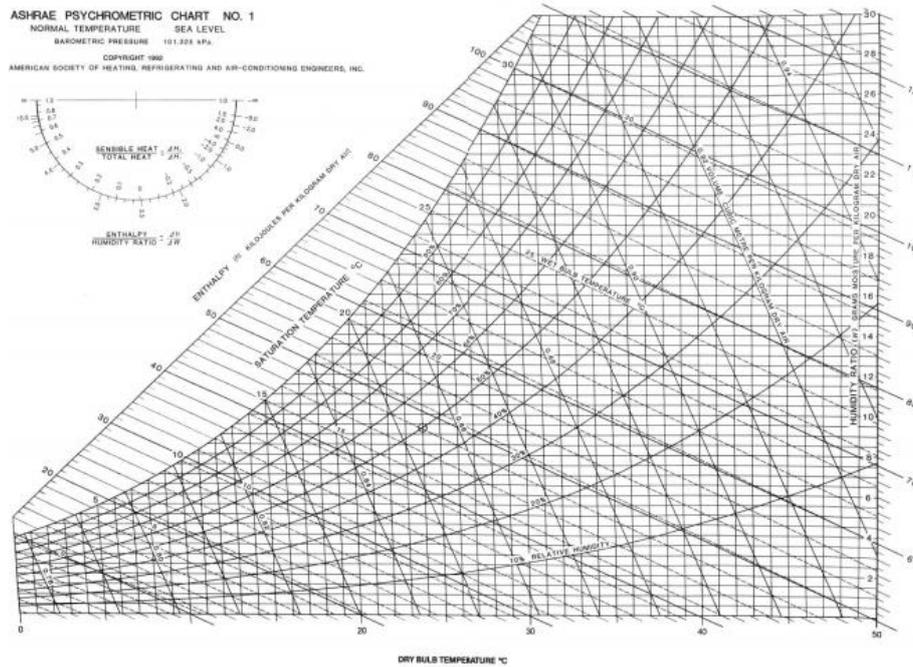


Figura 30. Diagrama psicrométrico.

Para calcular el punto de rocío de 25°C y 57% de humedad, he recurrido a una calculadora psicrométrica online de la universidad del País Vasco (www.sc.ehu.es/nmwmigaj/CartaPsy.htm), dado que el valor será más preciso que calcularlo a mano al tener en cuenta la altitud de la localidad donde se encuentra la instalación. El resultado para 25°C y 57% de humedad es de 15,93°C. Por tanto, se confirma que no condensará la humedad en el suelo. Una vez hecho esto se calcula la temperatura máxima ambiente, a 57% de humedad relativa a la que el punto de rocío es de 23°C y esta es de 32,5°C, una temperatura muy lejana a la máxima esperada en la instalación de 25°C. Estos cálculos también se han realizado en el diagrama psicrométrico, para corroborar los datos dados por el diagrama online.

Por tanto, el control de humedad queda de la siguiente forma:

- Unidades de tratamiento de aire
 - o Mantendrán la humedad entre el 45% y 60% de humedad iniciando y parando el control de humedad a 48% y 57% de humedad respectivamente.



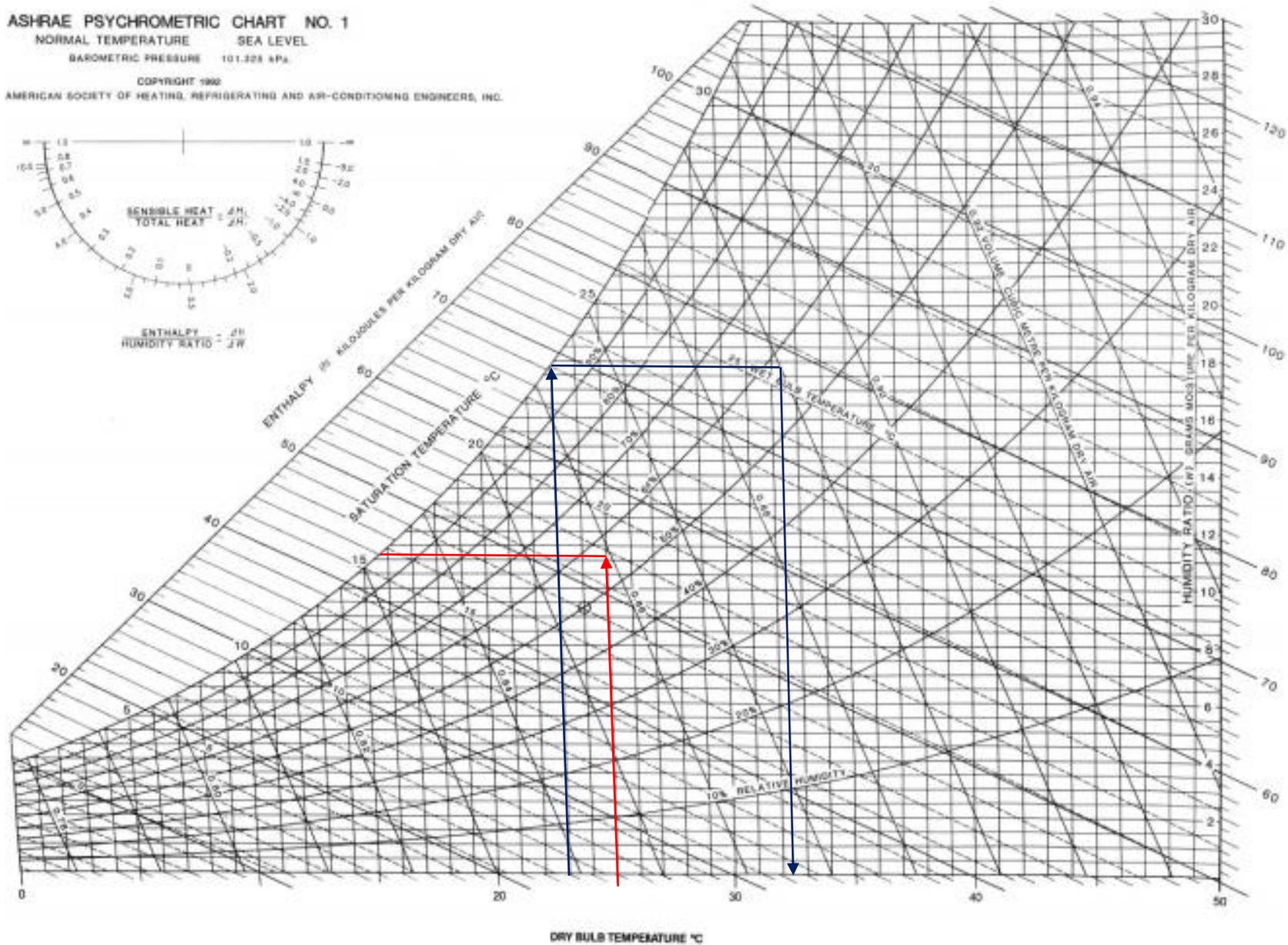
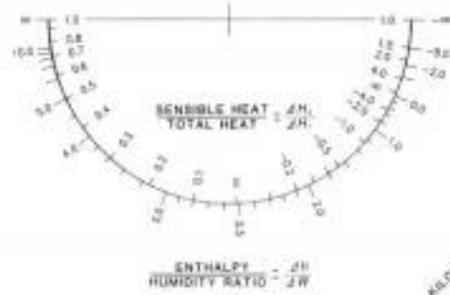
ASHRAE PSYCHROMETRIC CHART NO. 1

NORMAL TEMPERATURE SEA LEVEL

BAROMETRIC PRESSURE 101.325 kPa

COPYRIGHT 1992

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC.





13.5 Cálculo de la chimenea

El cálculo de la chimenea se realiza con el software del distribuidor de la chimenea además de mediante una gráfica de cálculo de chimeneas para asegurar que el software del fabricante está bien dimensionado.

Mediante software del fabricante

Para el cálculo se introducen las características de la instalación:

- Potencia total de las calderas
- Tipo de calderas utilizadas
- Combustible de las calderas
- Temperatura de los humos
- Longitud de la chimenea por el interior y exterior
- Numero codos y grados de estos
- Ubicación
- Tipo de tubo de chimenea deseado

Para realizar el cálculo, al no haber la disponibilidad de seleccionar GLP como combustible, se ha seleccionado gas natural. El material de la chimenea elegida es de pared simple. El software utilizado es de la casa Convesa. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Generador		Chimenea	
Generador:	Estanco	Gama:	PSLI pared simple
Combustible:	Gas Natural	Diámetro: 300 mm	
Condensación:	Si	Tramo Horizontal	
Potencia Nominal:	290 kW	Altura:	1 m
Rendimiento:	98 %	Longitud total:	4 m
Caudal de humos:	124.5 g/s	Longitud por el exterior:	4 m
Tª de Humos:	60 °C	Codos 45°:	1 uds.
Tiro Mínimo:	0 Pa	Codos 90°:	1 uds.
Suministro de aire:	Ventilado	Tes 45°:	1 uds.
		Tes 90°:	0 uds.
		Tramo Vertical	
		Altura:	8 m
		Longitud total:	8 m
		Longitud por el exterior:	8 m
		Codos 45°:	0 uds.
		Codos 90°:	0 uds.
		Tes 45°:	1 uds.
		Tes 90°:	0 uds.
		Salida:	Caperuza
Ubicación			
Provincia:	Ciudad Real		
Tª Máxima Aire Exterior:	10 °C		
Tª Mínima Aire Exterior:	5 °C		
Altitud:	640 m		
Salida en presión opuesta:	No		



	Potencia Nominal		Potencia Mínima	
	Tramo Horizontal	Tramo Vertical	Tramo Horizontal	Tramo Vertical
Tª media de humos	55 °C	44 °C	37 °C	29 °C
Velocidad media de humos	1.9 m/s	1.8 m/s	0.6 m/s	0.6 m/s
Velocidad de salida de los humos		1.8 m/s		0.6 m/s
Tiro disponible		2.3 Pa		5.5 Pa

PRESIÓN $PZ \geq PZe$ [Pa]	Potencia Nominal: $5.4 \geq 3.1$ Requisito cumplido Potencia Mínima: $5.1 \geq -0.5$ Requisito cumplido
PRESIÓN $PZ \geq PB$ [Pa]	Potencia Nominal: $5.4 \geq 0$ Requisito cumplido Potencia Mínima: $5.1 \geq 0$ Requisito cumplido
TEMPERATURA $Tiob \geq Tg$ [°C]	Potencia Nominal: $14 \geq 0$ Requisito cumplido Potencia Mínima: $7 \geq 0$ Requisito cumplido

Mediante grafica de cálculo

Para el cálculo mediante la gráfica de cálculo, es necesario conocer la potencia conjunta de las calderas, en este caso 290kW, que es igual a 249.355,12kcal/h y la altura total de la chimenea, 9 metros. Una vez conocidos estos valores es hora de entrar a la gráfica de cálculo.

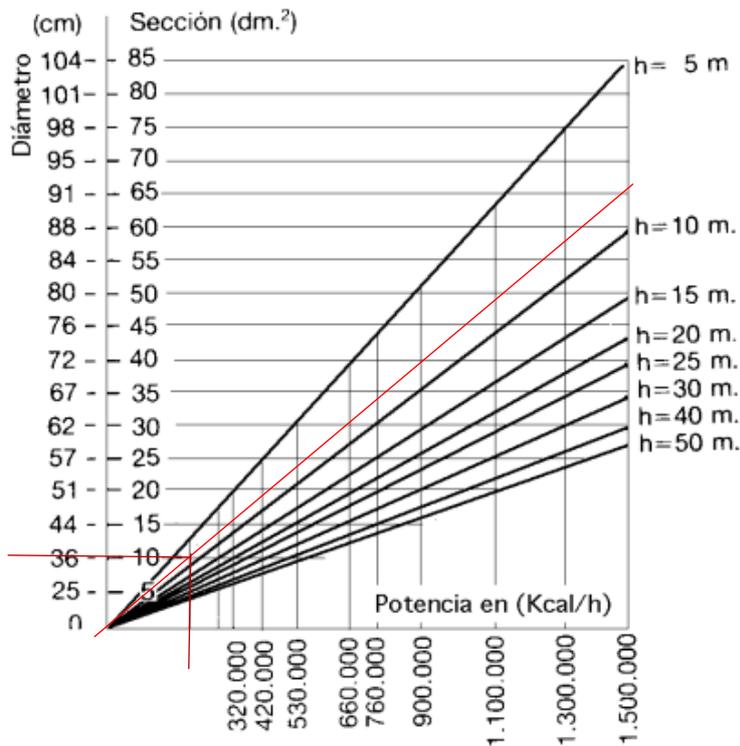


Figura 31. Gráfica de cálculo de chimeneas. Fuente: pfernandezdiez.es.



Como muestra la gráfica logarítmica, para una chimenea de 9 metros de altura le corresponde un diámetro de chimenea de 36cm.

Dado que los diámetros obtenidos en cada una de las formas de cálculo son parejos, 30cm y 36cm, y puesto que teniendo en cuenta la escala logarítmica se puede incurrir en el error dado que no existe el valor exacto para la potencia de la instalación, se opta por dar por bueno el valor obtenido por medio del software del distribuidor de la chimenea. Además, de esta forma no se incurre en el error de sobredimensionar la chimenea, permitiendo así que pueda entrar aire por el sombrerete de la chimenea, dificultando el tiro.

Por tanto, el diámetro del colector general de la chimenea es de 300mm, y se utilizarán colectores individuales de 175mm y 150mm de diámetro para las calderas Quadrifoglio y Energy top respectivamente como punto de unión entre las calderas y la chimenea. Esto se debe a que los diámetros de las salidas de humos, y por tanto mínimos, son de diámetro 160mm y 80mm para cada caldera. Se utilizarán adaptadores hechos a medida para pasar de los diámetros de salida a los diámetros de cada una de las tomas, y a su vez, también se realizarán a medida los adaptadores para pasar de 175mm y 150mm a los 300mm de diámetro del colector general.

14 Diseño del depósito de propano

14.1 Características

Se trata de la unidad de almacenamiento del combustible, en este caso propano. El propano a granel se suministra en forma líquida debido a la presión a la que se encuentra el gas dentro del recipiente. El motivo de que se suministre en forma líquida es que el volumen del gas se reduce hasta 250 veces respecto al estado gaseoso.

La ventaja que tiene el propano respecto a otros combustibles, a parte de su bajo nivel de emisiones, es que al suministrarse en forma líquida y consumirse en forma gaseosa, permite tener una gran autonomía al tener un volumen de gas 250 veces superior al almacenado a presión, respecto a otros combustibles como el gasóleo. Además, al tener un mayor poder calorífico se necesita menos cantidad de combustible para calentar el ACS o el agua de calefacción.

A la hora de elegir propano suministrado a granel, es necesario tener en cuenta una serie de características para elegir el depósito correcto, que son:

- Autonomía: en función de la capacidad del depósito, será más o menos necesario llamar al suministrador de propano para rellenar el depósito.
- Vaporización: Es la capacidad que tiene el depósito para cambiar de estado el propano, de líquido a gas gracias a la superficie del depósito en contacto con el propano líquido. Si la superficie de contacto no es lo suficientemente grande, es necesario instalar un grupo de vaporización adicional. La vaporización viene marcada por el caudal instantáneo máximo de la instalación, es decir para el consumo máximo



- de todos los consumidores de gas al momento. Existen diferentes tamaños de depósitos en función de la capacidad, esto se debe al diámetro del depósito.
- Seguridad: La normativa clasifica los depósitos de propano en diferentes familias en función de la capacidad, en cada uno de los grupos se aumenta las distancias de seguridad respecto al anterior.
 - Situación: los depósitos de propano ofrecen dos posibilidades. Instalarles aéreos es la solución más económica y vaporizan mejor en temperaturas mínimas cercanas a 0°C y superiores, pero las distancias de seguridad son mayores; Instalarles enterrados es una solución más costosa al necesitar excavación, cimentación de la base... Es la mejor solución para zonas con temperaturas muy bajas (inferiores a -5°C) y tienen las distancias de seguridad mucho más reducidas que los depósitos aéreos.

Teniendo todo esto en cuenta, el depósito a instalar deberá ser de instalación aérea y ser capaz de vaporizar el caudal máximo por sí solo, sin la necesidad de un equipo auxiliar de vaporización. El tamaño del depósito vendrá dado por las exigencias de seguridad, así como por el precio.

14.1.1 Cálculo de los caudales máximos de consumo, vaporización

El caudal máximo demandado por la instalación depende de la potencia de los elementos consumidores de propano. En este caso los diferentes elementos son:

- Caldera destinada a ACS: 70kW
- Caldera destinada a calefacción: 220kW
- Cocina y horno: 40,2kW
- Freidora: 28kW
- Toma ciega: 30kW

Se tiene en cuenta la toma ciega de la cocina, dado que hay que dimensionar la instalación ante una futura demanda, y dado que existe la toma de consumo de gas, a pesar de que hoy en día no se utilice, eso no indica que el día de mañana se utilice.

Para tener en cuenta el consumo de propano, los cálculos de caudal se han de realizar teniendo en cuenta el poder calorífico superior del propano. Dado que las calderas son de condensación, no es necesario corregir el valor de la potencia instalada. En el caso de la cocina, si es necesario tener en cuenta el PCS, dado que dichos elementos funcionan aprovechando el PCI; si el día de mañana se instalase algún elemento que aprovechara el PCS, la instalación podría no ser capaz de proporcionar el caudal necesario de funcionamiento al no haber tenido en cuenta el PCS a la hora de realizar el cálculo de la instalación.

$$\frac{PCS}{PCI} \approx 1,1$$

La fórmula para conocer el caudal es:

$$Q = \frac{P}{H}$$

Siendo H la constante de transformación del caudal en kg/h o kg/m³.

H=13,95kWh/kg

H=29,23kWh/m³



De esta forma se obtienen los siguientes resultados:

Según m³

$$Q_{calderas} = \frac{290}{29,23}$$

$$Q_{calderas} = 9,92m^3/h$$

$$Q_{cocina} = \frac{98,2 * 1,1}{29,23}$$

$$Q_{cocina} = 3,7m^3/h$$

$$Q_{total} = 13,62m^3/h$$

Según kg

$$Q_{calderas} = \frac{290}{13,95}$$

$$Q_{calderas} = 20,79kg/h$$

$$Q_{cocina} = \frac{98,2 * 1,1}{13,95}$$

$$Q_{cocina} = 7,74kg/h$$

$$Q_{total} = 28,53kg/h$$

14.1.2 Características de servicio

Una vez conocidos el caudal máximo de la instalación, hay que establecer las primeras características del depósito. Antes de elegir el depósito hay que establecer la presión de servicio del depósito, es decir, la presión a la que va a salir el gas del depósito. Esta presión es de 1,75bar. A su vez, la temperatura mínima, la más perjudicial para la vaporización, esperada en la localidad podría considerarse de 0°C, dado que no cuenta con temperaturas negativas en su histórico medio, pero si con temperaturas cercanas a 0°C.

Con la presión de salida del propano y la temperatura mínima esperada, se puede elegir el depósito adecuado a falta de determinar el tamaño de este.

14.1.3 Elección del tamaño del depósito

Como se ha establecido en la memoria, el depósito elegido ha de ser aéreo y que vaporice por medios propios si n la necesidad de un equipo auxiliar. Además, se han de tener en cuenta las distancias de seguridad del depósito elegido. Por último, el precio no ha de ser excesivamente alto.

Antes de elegir el depósito, es necesario conocer el consumo total anual esperado de propano, este ya se ha calculado en el punto "2.5 Cálculo del consumo total de combustibles fósiles, costes y emisiones" de este mismo anexo, dando como resultado 19.726,15kg/anales. Para conocer el volumen en m³ de propano en estado líquido, se considera la densidad del propano liquido como $\rho = 510 \text{ kg/m}^3$.

$$V_{total} = \frac{19.726,15}{510} = 38,7m^3$$



Ahora ya se está en disposición de elegir el depósito adecuado para la instalación.

Tabla 47. Características de los depósitos. Fuente: Lapasa.

Capacidad nominal (litros)	Modelo Ref.	Peso en vacío aprox. (Kg.)	Propano almacenado (Kg.)	Superficie total (m²)	Descarga mínima de válvula de seguridad (m³/min. aire)		Dimensiones (mm)						
					Aéreo	Enterrado	D	A	B	G	G1	I	J
990	LP1000*	280	415	5,2	41,2	28,8	1.000	1.470	700	520	-	670	1.370
1.450	LP1450*	390	609	6,7	50,7	35,5	1.200	1.562	700	565	-	800	1.655
1.825	LP1825*	470	766	7,9	58,0	40,6	1.200	1.872	900	720	-	800	1.655
2.250	LP2250*	550	945	9,3	66,3	46,4	1.200	2.255	1.300	915	-	800	1.655
2.450	LP2450*	590	1.029	10,1	71,0	49,7	1.200	2.450	1.500	1.020	-	800	1.655
2.670	LP2670*	650	1.121	10,9	75,6	52,9	1.200	2.660	1.500	1.010	-	800	1.655
4.000	LP4000*	880	1.680	15,3	99,8	69,8	1.200	3.840	2.000	1.010	1.800	800	1.655
4.440	LP4440*	1.000	1.865	16,8	107,7	75,4	1.200	4.230	2.300	1.010	1.900	800	1.655
4.660	LP4660*	1.050	1.957	17,6	111,9	78,3	1.200	4.440	2.400	1.010	1.900	800	1.655
4.880	LP4880*	1.100	2.050	18,4	116,1	81,2	1.200	4.650	2.500	1.010	2.000	800	1.655
6.430	LP6430*	1.350	2.701	23,5	141,9	99,3	1.200	6.010	3.300	1.010	2.790	800	1.655
6.650	LP6650*	1.400	2.793	24,3	145,8	102,1	1.200	6.240	3.400	1.010	3.000	800	1.655
6.870	LP6870*	1.450	2.885	25,1	149,7	104,8	1.200	6.430	3.500	1.010	2.790	800	1.655
7.090	LP7090*	1.550	2.978	25,9	153,6	107,5	1.200	6.640	3.600	1.010	3.000	800	1.655
8.334	LP8334*	1.750	3.500	30,3	174,7	122,3	1.200	7.830	4.200	1.010	3.790	800	1.655
4.950	LP4950*	1.300	2.079	16,1	104,0	72,8	1.500	3.140	1.500	1.090	-	1.000	1.960
7.000	LP7000*	1.700	2.940	21,7	132,9	93,0	1.500	4.320	2.300	1.090	-	1.000	1.960
10.000	LP10*	2.300	4.200	29,9	172,8	121,0	1.500	6.050	3.500	1.090	2.830	1.000	1.960
13.000	LP13*	2.900	5.460	38,1	210,8	147,6	1.500	7.790	4.300	1.090	3.690	1.000	1.960
16.000	LP16*	3.500	6.720	46,2	246,9	172,8	1.500	9.520	5.100	1.090	5.430	1.000	1.960
19.000	LP19*	4.100	7.980	54,4	282,3	197,6	1.500	11.250	6.200	1.090	6.290	1.000	1.960
22.000	LP22*	4.700	9.240	62,6	316,8	221,7	1.500	12.990	7.100	940	6.140	1.000	1.960
10.750	LP11*	2.450	4.515	28,6	166,6	116,6	1.750	4.880	2.600	1.160	-	1.200	2.210
13.000	LP13*-17	2.900	5.460	34,0	192,0	134,4	1.750	5.850	3.500	1.160	3.100	1.200	2.210
15.300	LP15*	3.350	6.426	39,3	216,3	151,4	1.750	6.820	3.500	1.160	3.100	1.200	2.210
19.900	LP20*	4.200	8.358	50,0	263,5	184,4	1.750	8.760	4.500	1.160	4.070	1.200	2.210
24.450	LP24*	5.150	10.269	60,6	308,5	215,9	1.750	10.700	5.600	1.100	3.920	1.200	2.210
29.000	LP29*	6.050	12.180	71,3	352,4	246,7	1.750	12.640	6.900	1.010	6.830	1.200	2.210
33.600	LP34*	6.900	14.112	82,0	395,3	276,7	1.750	14.580	8.000	1.010	6.830	1.200	2.210
38.200	LP38*	7.800	16.044	92,6	436,7	305,7	1.750	16.520	9.100	1.010	6.830	1.200	2.210

*A: para depósitos aéreos - *E: para depósitos enterrados - G1: cota para la opción de «salir»

Tabla 48. Características de vaporización de los depósitos. Fuente: Lapasa.

Modelo Ref.	Capac. nominal (L.)	Diám. (mm)	Superf. (m²)	CAUDAL DE VAPORIZACIÓN NATURAL (Kg. de propano por hora)																								
				Presión de servicio: 1'25 bar					Presión de servicio: 1'50 bar					Presión de servicio: 1'75 bar					Presión de servicio:									
				Depósitos aéreos					Depósitos enterrados					Depósitos aéreos					Depósitos enterrados					Depósitos aéreos				
				Temperatura mín. ext. (°C)					Temperatura mín. ext. (°C)					Temperatura mín. ext. (°C)					Temperatura mín. ext.									
					-10	-5	0	5	10	-10	-5	0	5	10	-10	-5	0	5	10	-10	-5	0	5	-10	-5	0	5	
LP1000A	975	1000	5,2	3,6	4,8	5,9	7,0	8,2	4,9	2,7	3,9	5,0	6,1	7,3	4,3	2,3	3,4	4,5	5,7	6,8	4,0	1,6	2,7	3,9	5,0			
LP1450	1460	1200	6,8	4,7	6,1	7,6	9,0	10,5	6,3	3,5	5,0	6,4	7,9	9,3	5,5	2,9	4,4	5,8	7,3	8,8	5,1	2,0	3,5	5,0	6,4			
LP1825	1825	1200	8,1	5,6	7,3	9,0	10,8	12,5	7,5	4,2	5,9	7,6	9,4	11,1	6,6	3,5	5,2	6,9	8,7	10,4	6,1	2,4	4,2	5,9	7,6			
LP2250*	2250	1200	9,3	6,4	8,4	10,4	12,4	14,4	8,7	4,8	6,8	8,8	10,8	12,8	7,5	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	7,0	2,8	4,8	6,8	8,8			
LP2450*	2450	1200	10,1	6,9	9,1	11,3	13,4	15,6	9,4	5,2	7,4	9,5	11,7	13,9	8,2	4,3	6,5	8,7	10,8	13,0	7,6	3,0	5,2	7,4	9,5			
LP2670*	2670	1200	10,9	7,5	9,8	12,2	14,5	16,8	10,1	5,6	7,9	10,3	12,6	15,0	8,8	4,7	7,0	9,4	11,7	14,0	8,2	3,3	5,6	7,9	10,3			
LP4000*	4000	1200	15,3	10,5	13,8	17,1	20,3	23,6	14,2	7,9	11,2	14,4	17,7	21,0	12,4	6,6	9,8	13,1	16,4	19,7	11,5	4,6	7,9	11,2	14,4			
LP4440*	4440	1200	16,8	11,5	15,1	18,7	22,3	25,9	15,6	8,6	12,3	15,9	19,5	23,1	13,6	7,2	10,8	14,4	18,0	21,6	12,6	5,0	8,6	12,3	15,9			
LP4660*	4660	1200	17,6	12,1	15,9	19,6	23,4	27,2	16,4	9,1	12,8	16,6	20,4	24,2	14,3	7,5	11,3	15,1	18,9	22,6	13,2	5,3	9,1	12,8	16,6			
LP4880*	4880	1200	18,4	12,6	16,6	20,5	24,5	28,4	17,1	9,5	13,4	17,4	21,3	25,3	14,9	7,9	11,8	15,8	19,7	23,7	13,8	5,5	9,5	13,4	17,4			
LP6430*	6430	1200	23,5	16,1	21,2	26,2	31,2	36,3	21,9	12,1	17,1	22,2	27,2	32,3	19,1	10,1	15,1	20,2	25,2	30,2	17,6	7,1	12,1	17,1	22,2			
LP6650*	6650	1200	24,3	16,7	21,9	27,1	32,3	37,5	22,6	12,5	17,7	22,9	28,1	33,4	19,7	10,4	15,6	20,8	26,1	31,3	18,2	7,3	12,5	17,7	22,9			
LP6870*	6870	1200	25,1	17,2	22,6	28,0	33,4	38,8	23,4	12,9	18,3	23,7	29,1	34,5	20,3	10,8	16,1	21,5	26,9	32,3	18,8	7,5	12,9	18,3	23,7			
LP7090*	7090	1200	25,9	17,8	23,3	28,9	34,4	40,0	24,1	13,3	18,9	24,4	30,0	35,6	21,0	11,1	16,7	22,2	27,8	33,3	19,4	7,8	13,3	18,9	24,4			
LP8334*	8334	1200	30,3	20,8	27,3	33,8	40,3	46,8	28,2	15,6	22,1	28,6	35,1	41,6	24,6	13,0	19,5	26,0	32,5	39,0	22,7	9,1	15,6	22,1	28,6			
LP4950*	4950	1500	16,1	11,0	14,5	18,0	21,4	24,9	15,0	8,3	11,7	15,2	18,6	22,1	13,1	6,9	10,4	13,8	17,3	20,7	12,1	4,8	8,3	11,7	15,2			
LP7000*	7000	1500	21,7	14,9	19,5	24,2	28,9	33,5	20,2	11,2	15,8	20,5	25,1	29,8	17,6	9,3	14,0	18,6	23,3	27,9	16,3	6,5	11,2	15,8	20,5			
LP10*	10000	1500	29,9	21	27	33	40	46	28	15	22	28	35	41	24	13	19	26	32	38	22	9	15	22	28			
LP13*	13000	1500	38,1	26	34	42	51	59	35	20	28	36	44	52	31	16	25	33	41	49	29	11	20	28	36			
LP16*	16000	1500	46,2	32	42	52	61	71	43	24	34	44	54	63	37	20	30	40	50	59	35	14	24	34	44			
LP19*	19000	1500	54,4	37	49	61	72	84	51	28	40	51	63	75	44	23	35	47	58	70	41	16	28	40	51			
LP22*	22000	1500	62,6	43	56	70	83	97	58	32	46	59	72	86	51	27	40	54	67	81	47	19	32	46	59			
LP11*	10750	1750	28,6	20	26	32	38	44	27	15	21	27	33	39	23	12	18	25	31	37	21	9	15	21	27			
LP13*-17	13000	1750	34,0	23	31	38	45	53	32	18	25	32	39	47	28	15	22	29	36	44	26	10	18	25	32			
LP15*	15300	1750	39,3	27	35	44	52	61	37	20	29	37	46	54	32	17	25	34	42	51	30	12	20	29	37			
LP20*	19900	1750	50,0	34	45	56	66	77	47	26	36	47	58	69	41	21	32	43	54	64	38	15	26	36	47			
LP24*	24450	1750	60,6	42	55	68	81	94	56	31	44	57	70	83	49	26	39	52	65	78	45	18	31	44	57			
LP29*	29000	1750	71,3	49	64	80	95	110	66	37	52	67	83	98	58	31	46	61	76	92	54	21	37	52	67			
LP34*	33600	1750	82,0	56	74	91	109	127	76	42	60	77	95	113	66	35	53	70	88	106	62	25	42	60	77			
LP38*	38200	1750	92,6	64	83	103	123	143	86	48	68	87	107	127	75	40	60	79	99	119	70	28	48	68	87			



Antes de elegir finalmente el depósito, es necesario conocer las familias de depósitos en función a sus características de seguridad.

Tabla 49. Distancias de seguridad de los depósitos. Fuente: UNE 60250. Anexo B.

Distancias mínimas de seguridad, expresadas en metros

D_o : Desde orificios
 D_p : Desde paredes

Clasificación	Instalaciones de superficie (aéreos, A)														Instalaciones enterradas (E)								
	A-1		A-5		A-13		A-35		A-60		A-120		A-500		A-2 000		E-1	E-5	E-13	E-60	E-120	E-500	
	$V \leq 1$		$1 < V \leq 5$		$5 < V \leq 13$		$13 < V \leq 35$		$35 < V \leq 60$		$60 < V \leq 120$		$120 < V \leq 500$		$500 < V \leq 2 000$		$V \leq 1$	$1 < V \leq 5$	$5 < V \leq 13$	$13 < V \leq 60$	$60 < V \leq 120$	$120 < V \leq 500$	
	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_o	D_o	D_o	D_o	D_o	
Referencia 1		0,3		0,6		0,6		1		1		1		1		2		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Referencia 2		0,65		1,25		1,25		1,25		2		3		5		15		1,5	1,5	2,5	3,5	5	7,5
Referencia 3		0,3		0,6		0,6		1		2		3		5		10		0,8	0,8	1	1,5	2,5	5
Referencia 4	1,5	1	3	2	5	3	7,5	5	8,5	6,5	10	7,5	15	10	30	20	1,5	1,5	3	4	5	10	10
Referencia 5	3		6		10		15		17		20	10	30		60		3	3	6	8	10	20	20
Referencia 6	3																						

Referencia 1: Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno de las paredes o, en el caso de enterrados, desde los orificios del depósito.

Referencia 2: Distancia al cerramiento.

Referencia 3: Distancia a muros o paredes ciegas (RF-120).

Referencia 4: Distancias a límites de propiedad, aberturas de inmuebles, focos fijos de inflamación, motores fijos de explosión, vías públicas, férreas o fluviales, proyección de líneas aéreas de alta tensión, sótanos, alcantarillas o desagües.

Referencia 5: Distancias a aberturas de edificios de uso docente, de uso sanitario, de culto, de esparcimiento o espectáculo, de acuartelamientos, de centros comerciales, museos, bibliotecas o lugares de exposición públicos. Estaciones de Servicios. (Bocas de almacenamiento y puntos de distribución).

Referencia 6: Distancias de la boca de carga a la cisterna de trasvase.

El valor más limitante que muestra la tabla de la norma UNE, es la distancia de seguridad mínima, que se ha de guardar con aberturas de edificio de uso sanitario, culto, esparcimiento... El edificio de la instalación entra dentro de la catalogación de edificio de uso sanitario.

Dado que se descarta la instalación de un depósito enterrado por sobrecoste, tan solo queda elegir un depósito de la familia de desde 5m^3 a 13m^3 , ya que un depósito mayor implicaría necesitar de una distancia de seguridad demasiado alta para los límites de la parcela.

Ante estos condicionamientos, se decide instalar el depósito denominado LP13-17. Este depósito es de 13m^3 de capacidad. Se opta por la mayor capacidad, debido a que la distancia de seguridad es semejante al inmediatamente inferior, el precio es tan solo un poco superior y va a proporcionar una mayor autonomía. Entre otros modelos de depósito de la misma capacidad, se elige este dado que ocupa el mínimo espacio, al ser de mayor diámetro, además, cumple con la exigencia de que vaporice de forma natural. Como se muestra en la Tabla 39, el valor de la vaporización para una presión de 1,75bar y 0°C de temperatura es igual a 29kg/h , un valor ligeramente superior al caudal máximo de la instalación de $28,53\text{kg/h}$.

Aunque pueda parecer que la vaporización del depósito se encuentra demasiado al límite de la capacidad, se ha de tener en cuenta que se ha considerado el caudal para el consumo máximo y coincidente de todos los instrumentos consumidores de gas. Esto hace que la simultaneidad total de la instalación sea muy difícil de darse en condiciones normales, y que la vaporización del depósito sea suficiente.

Para descartar finalmente la situación de instalar un depósito enterrado, se ha sopesado el precio de los depósitos superiores, que son poco más caros y con poca más capacidad



requiriendo ser enterrados. Sin embargo, un depósito con una diferencia de capacidad lo suficientemente grande para resultar interesante la instalación, se sube demasiado de precio, sin tener en cuenta el tener que realizar la obra para su enterramiento. Por estos motivos se descarta la opción del depósito enterrado.

14.1.4 Cálculo de la autonomía del depósito

Una vez elegido el depósito de la instalación, es interesante conocer la autonomía de este, es decir, conocer cada cuanto tiempo necesitas llamar al suministrados de propano para que recargue el depósito.

Hay que tener en cuenta que no se dispone de toda la capacidad del depósito para el consumo, ya que hay que tener una serie de márgenes de seguridad:

- El 15% del volumen del depósito se deja vacío para permitir la vaporización natural del propano.
- Se deja como reserva el otro 15% del depósito, para llamar al suministrador y darle tiempo de realizar la recarga antes de quedarse sin combustible.

Por tanto, solo se dispone del 85% del depósito para el consumo de propano, y cuando el depósito se encuentre al 15% de su capacidad se deberá avisar al suministrador para no dejar sin servicio la instalación.

El primer llenado del depósito será del 85%, mientras que los restantes llenados serán aproximadamente del 70%. El volumen del depósito son 13.000l, que es igual a 13m³.

El volumen del primer llenado será de:

$$V = 13 * 0,85 = 11,05m^3$$

Las recargas del depósito serán de:

$$V = 13 * 0,70 = 9,1m^3$$

Como el consumo total de propano es de 38,7 m³, la autonomía en condiciones normales (sin tener en cuenta el primer llenado), será de:

$$Autonomía = \frac{38,7}{9,1} = 4,25 \text{ cargas/anales}$$

$$N^{\circ} \text{ meses} = \frac{12}{4,25} = 2,82 \text{ meses}$$

Teniendo en cuenta que el mes tiene 30 días:

$$\text{Días de autonomía} = 30 * 2,82 = 84,6 \text{ días}$$

También es importante conocer el tiempo que se dispone para que el suministrador del propano recargue el depósito.

$$V = 13 * 0,15 = 1,95m^3$$



$$N^{\circ} \text{ meses en reserva} = \frac{1,95 * 2,82}{9,1} = 0,6 \text{ meses}$$

$$\text{Días en reserva} = 30 * 0,6 = 18 \text{ días}$$

14.2 Ubicación del depósito

Teniendo en cuenta la configuración de la parcela, el mejor lugar para ubicar del depósito de propano es la zona noroeste de la parcela. Actualmente esta zona se encuentra dedicada a aparcamientos de coches para trabajadores y visitas. La elección de este lugar se debe a encontrarse en un lugar intermedio a la cocina y la sala de calderas, además se trata de una zona situada enfrente del semisótano, en el cual se encuentra la cocina, la sala de calderas y diversos almacenes de servicio de la residencia. Otra característica que avala esta ubicación para el tanque de propano es que, al ser una zona de entrada de suministros a los almacenes, cuenta con un amplio espacio de separación del edificio, lo cual hace más factible la elección del lugar teniendo en cuenta distancias de seguridad; también se tiene en cuenta que se trata de una zona cimentada, capaz de soportar el peso de camiones de reparto, por lo que el terreno no plantea problemas para el soporte del depósito. Además, se trata del límite de la parcela, contando con dos terraplenes pertenecientes a la parcela de la residencia, que aseguran que el tanque no se va a encontrar pegado de forma literal a las parcelas colindantes y por tanto las distancias de seguridad a las parcelas vecinas van a ser de fácil cumplimiento eligiendo el depósito adecuado.

14.3 Red de distribución del gas propano

La red de distribución discurrirá por la pared exterior del edificio. En concreto discurrirá por la pared norte y oeste del edificio, partes pertenecientes al semisótano. Esto se debe a que se trata del punto intermedio entre la sala de calderas, pared oeste, y la cocina, pared norte; a su vez las canalizaciones tendrán una longitud de 30m y 30,5m a la sala de calderas y cocina respectivamente, dejando la distancia entre la esquina norte y noroeste a la espera de conocerse en función de las características técnicas del tanque de propano. La conducción general de propano, que se dividirá en las canalizaciones de cocina y sala de calderas, discurrirá de forma subterránea para conectar el depósito con la esquina norte-oeste del edificio.

Como la cocina ya cuenta con red de distribución interna, la nueva canalización tan solo conectara la nueva red, a la distribución interna de la cocina. En cambio, es necesario la construcción de la red de reparto en el interior de la sala de calderas. Las redes "generales" funcionarán a una presión entre 1,75bar y 0,15bar, mientras que las redes de distribución dentro de cocina y sala de calderas funcionarán a presiones inferiores a 0,15bar.

14.3.1 Cálculo de la red de distribución del propano

Antes de entrar a calcular la instalación de propano, hay que dar a conocer las características de la instalación, así como condiciones de la instalación establecidas por el proyectista.

Las dos calderas funcionan con una presión de entrada de gas de 37mbar.

La cocina funciona con una presión de entrada de 37mbar.

Las distancias de los conductos son las siguientes:

- Distancia de la tubería general: 20m, 9 de ellos enterrados.
- Distancia de la tubería a cocina: 30,5m.



- Distancia de la tubería a la sala de calderas: 30m.

Presión inicial de la distribución 1,75bar.

Presión final de la distribución 0,15bar.

Presión de reparto en cocina y en la sala de calderas entre 0,15 bar y 0,037bar.

Se pretende diferenciar dos tramos en la instalación de gas, la distribución a la sala de calderas como de la cocina, la distribución de propano se realizará a media presión (hasta 0,15bar), y el reparto de propano dentro de la instalación se realizará a media presión (inferior a 0,15bar).

Al final de la red de distribución se encontrarán válvulas reductoras de presión a 0,15bar. Y justo antes de la entrada de gas a calderas, cada caldera dispondrá de un regulador de 37mbar de presión máxima. También se dispondrán de contadores después de cada una de las válvulas para conocer el consumo al detalle de cada parte de la instalación.

La instalación de la sala de calderas es totalmente nueva, al cambiar de combustible las calderas. La instalación de la cocina se reutiliza el tramo interior de la cocina al encontrarse completamente diseñado para el consumo de propano y encontrarse en buenas condiciones, por lo que, en la cocina, solo se eliminara la instalación de distribución actual que discurre por el exterior del edificio y se reconectara la instalación de la cocina a la nueva tubería de distribución.

Para el cálculo de los conductos se toma una longitud de cálculo un 20% superior a la real.

Para llevar a cabo el cálculo se va a usar la fórmula de Renouard:

$$P_1^2 - P_2^2 = 51,5 * \rho * L_c * Q^{1,82} / D^{4,82}$$

*P en valores absolutos

**Fórmula válida para presiones superiores a 0,1bar

$$\rho = 2,01\text{kg/m}^3$$

$$L_c = L_r * 1,2$$

Lr= longitud real

$$P_{atm} = 1,013\text{bar}$$

Que tiene como condicionantes:

$$V = 360 * \frac{Q}{D} < \frac{20m}{s}$$

$$\frac{Q}{D} < 150$$

D en mm y Q en m³/h

En el caso de esta instalación el factor más limitante de los condicionamientos va a ser la velocidad del gas, dado que para los pequeños caudales que se manejan no va a ser limitante el otro condicionante.



Dado que se va a reducir la presión en la distribución de 1,75bar a un mínimo de 0,15bar, la caída máxima de presión será de 1,6bar. De la misma forma el tramo más largo será la suma del suministro general más el de cocina, haciendo un total de 50,5m. Teniendo en cuenta un 20% para obtener la longitud de cálculo, esta será de 60,6m.

La pérdida de carga máxima lineal será de:

$$\frac{\Delta P}{m} = \frac{1,6}{60,6} = 26,4 * 10^{-3} bar/m$$

14.3.1.1 Tramo 1-General

$$Q=13,62m^3/h$$

$$Lr=20m$$

Se calcula la máxima caída de presión:

$$\Delta P = 26,4 * 10^{-3} * 20 * 1,2 = 0,634bar$$

Se calcula la presión relativa mínima en P₂:

$$P = 1,75 - 0,634 = 1,116bar$$

Aplicando la fórmula de Renouard, se obtiene que D=10,74mm

Despejando el diámetro del condicionante de la velocidad se obtiene que el diámetro mínimo es de 15,65mm.

Se elige el diámetro inmediatamente superior, 16mm y se recalcula la presión al final del tramo con la fórmula de Renouard.

$$P_2 = 1,667bar$$

14.3.1.2 Tramo 2-Cocina

$$Q=3,7m^3/h$$

$$Lr=30,5m$$

Se calcula la máxima caída de presión:

$$\Delta P = 26,4 * 10^{-3} * 30,5 * 1,2 = 0,966bar$$

Se calcula la presión relativa mínima en P₂:

$$P = 1,667 - 0,966 = 0,701bar$$

Aplicando la fórmula de Renouard, se obtiene que D=6,71mm

Despejando el diámetro del condicionante de la velocidad se obtiene que el diámetro mínimo es de 8,16mm.

Se elige el diámetro inmediatamente superior, 10mm y se recalcula la presión al final del tramo con la fórmula de Renouard.



$$P_2 = 1,549\text{bar}$$

14.3.1.3 Tramo 3-Sala de calderas

$$Q=9,92\text{m}^3/\text{h}$$

$$L_r=30\text{m}$$

Se calcula la máxima caída de presión:

$$\Delta P = 26,4 * 10^{-3} * 30 * 1,2 = 0,950\text{bar}$$

Se calcula la presión relativa mínima en P_2 :

$$P = 1,667 - 0,950 = 0,717\text{bar}$$

Aplicando la fórmula de Renouard, se obtiene que $D=9,73\text{mm}$

Despejando el diámetro del condicionante de la velocidad se obtiene que el diámetro mínimo es de $13,36\text{mm}$.

Se elige el diámetro inmediatamente superior, 14mm y se recalcula la presión al final del tramo con la fórmula de Renouard.

$$P_2 = 1,528\text{bar}$$

14.3.1.3.1 Tramo 4-Interior sala de calderas

Dentro de la sala de calderas, se va a seguir utilizando la fórmula de Renouard, dado que la presión se encuentra por encima de entre 50mbar y 100mbar , para una presión inferior a 50mbar o 100mbar para la cual se puede utilizar la fórmula lineal.

La distancia desde la distribución a cada caldera es de 3m , y la presión mínima en esta parte de la instalación es de 37mbar . Por lo que la caída máxima de presión es de:

$$\Delta P = 0,15 - 0,037 = 0,113\text{bar}$$

Los caudales máximos para cada una de las calderas son:

Según m^3

$$Q_{acs} = \frac{70}{29,23} = 2,39\text{m}^3/\text{h}$$

$$Q_{calefacción} = \frac{220}{29,23} = 7,53\text{m}^3/\text{h}$$

Según kg



$$Q_{acs} = \frac{70}{13,95} = 5,02\text{kg/h}$$

$$Q_{calefacción} = \frac{220}{13,95} = 15,77\text{kg/h}$$

Caldera de ACS

$$Q=2,39\text{m}^3/\text{h}$$

$$Lr=3\text{m}$$

Presión relativa mínima en P_2 :

$$P = 0,037\text{bar}$$

Aplicando la fórmula de Renouard, se obtiene que $D=6,33\text{mm}$

Despejando el diámetro del condicionante de la velocidad se obtiene que el diámetro mínimo es de $6,56\text{mm}$.

Se elige el diámetro inmediatamente superior, 8mm y se recalcula la presión al final del tramo con la fórmula de Renouard.

$$P_2 = 0,115\text{bar}$$

Caldera de calefacción

$$Q=7,53\text{m}^3/\text{h}$$

$$Lr=3\text{m}$$

Presión relativa mínima en P_2 :

$$P = 0,037\text{bar}$$

Aplicando la fórmula de Renouard, se obtiene que $D=9,76\text{mm}$

Despejando el diámetro del condicionante de la velocidad se obtiene que el diámetro mínimo es de $11,64\text{mm}$.

Se elige el diámetro inmediatamente superior, 12mm y se recalcula la presión al final del tramo con la fórmula de Renouard.

$$P_2 = 0,110\text{bar}$$

14.3.2 Elementos de regulación de la instalación

Como ya se ha nombrado en la instalación se van a colocar una serie de válvulas reguladoras de presión. Estas válvulas son:

- Reductora a 1,75: se encuentra a la salida del depósito de propano.
- Reductora a 0,15bar: se encuentran al final del suministro, tanto en la cocina como en la sala de calderas
- Reductora a 0,037bar: se encuentran antes de la entrada a cada una de las calderas

El Tramo 1 contará con una válvula manual de corte de suministro. También se va a instalar una electroválvula de corte de suministro para el Tramo 3, es decir para el ramal de alimentación a calderas. Cada una de las calderas también cuentan con una válvula de corte manual de suministro de gas.

Se va a instalar un contador justo al final del Tramo 3. En el caso del caso del Tramo 2, ya cuenta con contador. De esta forma se conocerá la demanda energética de cada uno de los consumidores de gas de la instalación. Además, se podrá obtener el rendimiento global de la sala de calderas, gracias a los contadores de calorías de los sistemas de ACS y calefacción.

Las válvulas reductoras serán:



Figura 32. Válvula reductora a 1,75bar.



Figura 33. Válvula reductora a 0,15bar.



Figura 34. Válvula reductora a 37mbar.



La reductora de 1,75bar tiene un caudal de funcionamiento máximo de 40kg/h. Por ello se instalará una válvula reductora para dar servicio a la instalación.

La reductora de 0,15bar tiene un caudal de funcionamiento máximo de 8kg/h. Por ello se instalarán tres válvulas reductoras de 8kg/h en paralelo para dar servicio a la sala de calderas y se instalará otra reductora de 8kg/h para dar servicio a la cocina.

La reductora de 37mbar tiene un caudal de funcionamiento máximo de 8kg/h. Por ello se instalará una válvula de 8kg/h en la caldera de ACS y dos en paralelo en la caldera de calefacción. Además, estas válvulas cuentan con un dispositivo de corte de suministro.

14.4 Medidas de seguridad

Una vez elegido el depósito de propano se han de seguir las indicaciones de seguridad que se establecen en la norma UNE 60250.

Lo primero se ha de establecer en la familia en la que se encuadra el depósito aéreo seleccionado según lo establece la norma:

- A-1 hasta 1m³
- A-5 desde 1m³ hasta 5m³
- A-13 desde 5m³ hasta 13m³
- A-35 desde 13m³ hasta 35m³
- A-60 desde 30m³ hasta 60m³

Dado el consumo anual, no se tienen en cuenta el resto de los tipos de depósitos dado a que superan ampliamente el consumo anual de la instalación.

En materia contra incendios se tendrá en cuenta la tabla 3 de la norma.

Tabla 50. Medidas contra incendios. Fuente: 60250.

Tabla 3 – Medios de extinción según el tipo y volumen de la instalación

Volumen (m ³)	V ≤ 1	1 < V ≤ 5	5 < V ≤ 13	V > 13
Depósito aéreo	No se precisa	Materia extintora o toma de agua a menos de 15 m	Materia extintora	Materia extintora
Depósito enterrado	No se precisa	No se precisa	Materia extintora o toma de agua a menos de 15 m	Materia extintora

Estableciendo literalmente que:

“Las instalaciones de GLP clasificadas A-5 cuando estén dotadas de materia extintora deben disponer un mínimo de dos extintores de eficacia mínima unitaria de 21A-113B-C.

Las clasificadas como A-13, A-35, A-60 deben disponer un mínimo de dos extintores de eficacia mínima unitaria de 34A-183B-C.”

También se indica que es obligatoria la puesta a tierra de todos los depósitos sea cual sea la capacidad, con una resistencia inferior a 80 ohmios.

Por último, el depósito ha de cumplir las distancias de seguridad al edificio de la instalación siendo estas de:

Tabla 51. Distancias de seguridad de los depósitos. Fuente: UNE 60250. Anexo B.

Distancias mínimas de seguridad, expresadas en metros

D_o : Desde orificios
 D_p : Desde paredes

Clasificación	Instalaciones de superficie (aéreos, A)														Instalaciones enterradas (E)								
	A-1		A-5		A-13		A-35		A-60		A-120		A-500		A-2 000		E-1	E-5	E-13	E-60	E-120	E-500	
	$V \leq 1$		$1 < V \leq 5$		$5 < V \leq 13$		$13 < V \leq 35$		$35 < V \leq 60$		$60 < V \leq 120$		$120 < V \leq 500$		$500 < V \leq 2 000$		$V \leq 1$	$1 < V \leq 5$	$5 < V \leq 13$	$13 < V \leq 60$	$60 < V \leq 120$	$120 < V \leq 500$	
Volúmen total Instalación $V(m^3)$	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	D_o	D_p	
Referencia 1		0,3		0,6		0,6		1		1		1		1		2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Referencia 2		0,65		1,25		1,25		1,25		2		3		5		15	1,5	1,5	2,5	3,5	5	7,5	7,5
Referencia 3		0,3		0,6		0,6		1		2		3		5		10	0,8	0,8	1	1,5	2,5	5	5
Referencia 4	1,5	1	3	2	5	3	7,5	5	8,5	6,5	10	7,5	15	10	30	20	1,5	1,5	3	4	5	10	10
Referencia 5	3		6		10		15		17		20	10	30		60		3	3	6	8	10	20	20
Referencia 6	3																						

- Referencia 1: Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno de las paredes o, en el caso de enterrados, desde los orificios del depósito.
- Referencia 2: Distancia al cerramiento.
- Referencia 3: Distancia a muros o paredes ciegas (RF-120).
- Referencia 4: Distancias a límites de propiedad, aberturas de inmuebles, focos fijos de inflamación, motores fijos de explosión, vías públicas, férreas o fluviales, proyección de líneas aéreas de alta tensión, sótanos, alcantarillas o desagües.
- Referencia 5: Distancias a aberturas de edificios de uso docente, de uso sanitario, de culto, de esparcimiento o espectáculo, de acuartelamientos, de centros comerciales, museos, bibliotecas o lugares de exposición públicos. Estaciones de Servicios. (Bocas de almacenamiento y puntos de distribución).
- Referencia 6: Distancias de la boca de carga a la sistema de trasvase.

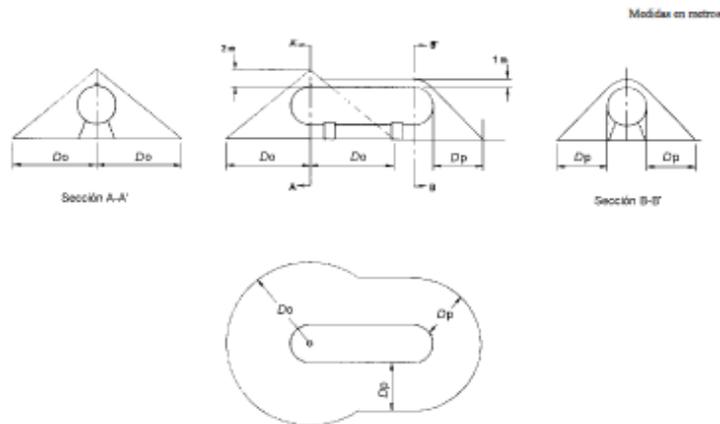


Figura A.2 – Medición de distancia: desde paredes y orificios

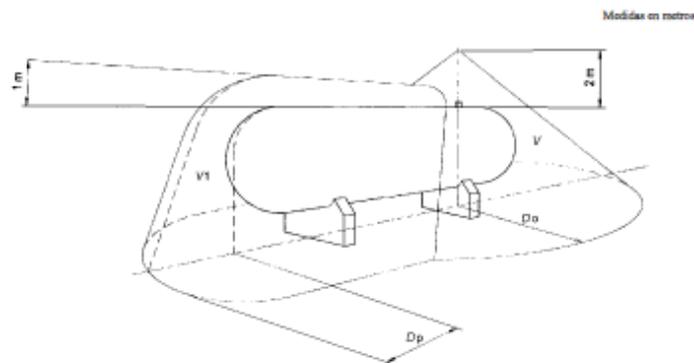


Figura A.3 – Medición de distancia: para referencias 4 y 5

Figura 35. Medición de distancias de seguridad. Fuente: UNE 60250.

14.4.1 Medidas de seguridad a adoptar

Dado que el depósito elegido se encuentra calificado como A-13, se vallará un perímetro de seguridad alrededor del depósito de radio 1,25m sobre las paredes del depósito.

Dentro del vallado de seguridad se encontrarán dos extintores en un lugar inmediatamente cercano a la puerta de entrada de calificación 34A-183B-C, similares a los instalados en la sala de calderas.

También se colocará en la puerta y en el perímetro de acceso al tanque de propano cartelería de seguridad.



Figura 36. Cartelería en el perímetro vallado del depósito de propano.

15 Plan de puesta en marcha

El plan de puesta en marcha tiene por objeto, establecer los tiempos de implementación de las mejoras propuestas para la instalación a lo largo de un determinado periodo de tiempo. Lo primero que es necesario establecer, son las diferentes tareas que se han de llevar a cabo para poder finalizar la obra. Las tareas que se han de llevar a cabo se obtienen a partir de las mejoras propuestas; el periodo de tiempo para la realización de la obra variara en función de la cantidad de mano de obra destinada al desarrollo del proyecto.

Una vez expuesto el conjunto de propuestas de la instalación, las tareas necesarias para implementar las mejoras propuestas se han dividido en 23 tareas diferentes, las cuales son:

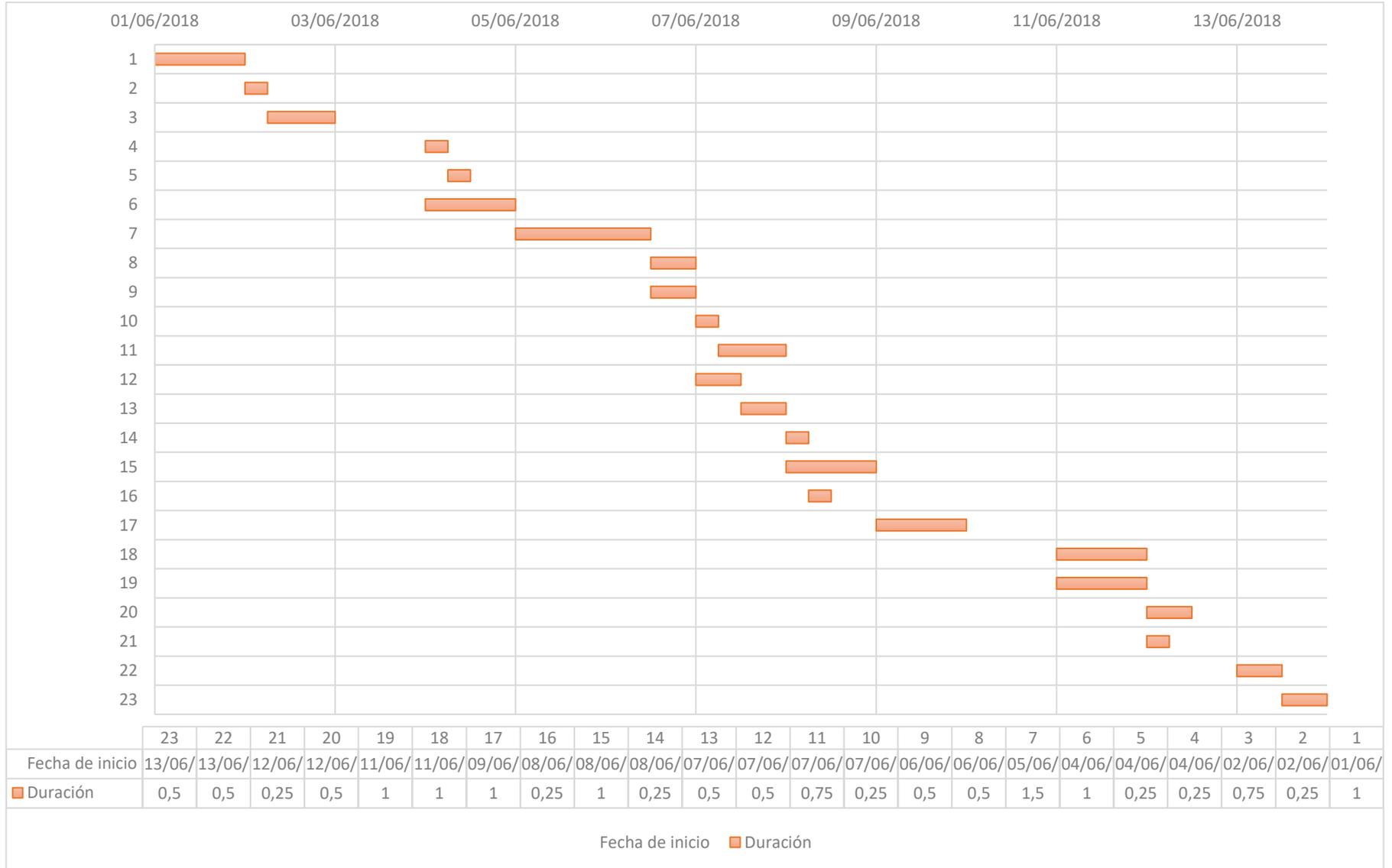
- 1- Desmontaje de la instalación solar y de la bomba de impulsión.
- 2- Eliminación de los anclajes de la instalación solar.
- 3- Desmontaje de calderas y del depósito de gasóleo.
- 4- Replanteo de anclajes de la nueva instalación solar.
- 5- Construcción de nuevos anclajes de la nueva instalación solar.
- 6- Instalación de la red de distribución de gas propano por la fachada y la sala de calderas.
- 7- Instalación de la nueva instalación solar.
- 8- Instalación solar: cambio del vaso expansor, instalación del grupo de bombeo y llenado del circuito.
- 9- Instalar calderas de gas.
- 10- Desinstalar la chimenea.
- 11- Instalar la nueva chimenea.
- 12- Instalar el depósito de propano y colocar extintores en sus inmediaciones.



- 13- Conectar el depósito de propano con la red de distribución.
- 14- Sala de calderas: instalación de los detectores de gas y de los extintores.
- 15- Inclusión de los nuevos sistemas en el sistema de automatización y control.
- 16- Llenado del depósito de propano.
- 17- Pruebas de estanqueidad en los circuitos.
- 18- Reaislar el circuito de la instalación solar.
- 19- Vallado de seguridad del depósito de propano.
- 20- Prueba del sistema de ACS.
- 21- Prueba de funcionamiento de la cocina.
- 22- Simulacro “Verano” – Incluye: refrigeración, climatización, ACS y cocina.
- 23- Simulacro “Invierno” – Incluye: calefacción, climatización, ACS y cocina.

Para realizar las tareas expuestas se va a emplear un equipo de 5 personas. El horario de trabajo será de lunes a sábado 8 horas diarias, con el objetivo de minimizar el tiempo de ejecución de la obra. El periodo de duración de los trabajos está estipulado en 11 días laborables. La fecha de inicio de la obra se ha establecido el viernes 1 de junio de 2018 y la fecha de entrega de llaves es el 14 de junio de 2018. Se ha establecido este periodo de tiempo, pero se podría modificar a otro en función de la opinión del cliente.

Para dejar definidos los diferentes trabajos que se han de desarrollar a lo largo de la duración de la obra, así como la duración de las diferentes tareas, se ha realizado un diagrama de Gantt. Se ha elegido el diagrama de Gantt, dado que se trata de una obra de “corta” duración, además el grafo permite ver con facilidad las diferentes obras a desarrollar en los tiempos esperados. Permitiendo así un seguimiento sencillo de los objetivos diarios para finalizar la obra dentro del periodo de tiempo proyectado.



16 Estudio económico de las mejoras propuestas

Partida	Precio unitario	Unidades	Coste
Sistema solar térmico			
Colector solar Escosol FMAX 2.8	308,75 €/ud	15,00	4.631,25 €
Soporte universal de aluminio	54,60 €/ud	15,00	819,00 €
Tapón rosca hembra de latón 3/4"	1,07 €/ud	30,00	32,10 €
Purgador automático 3/4"	12,32 €/ud	15,00	184,80 €
Sonda térmica PT-1000	16,25 €/ud	2,00	32,50 €
Válvula de seguridad 4bar 3/4"	14,95 €/ud	15,00	224,25 €
Garrafa de 10 litros de glicol	22,75 €/ud	1,00	22,75 €
Grupo de bombeo chromagen 2 vías	447,85 €/ud	2,00	895,70 €
Vaso de expansión 4bar 15 litros	16,74 €/ud	1,00	16,74 €
Tubo de cobre de 10m 5/8"	38,33 €/ud	6,00	229,98 €
Codos de cobre con rosca de 90º 3/4"	2,53 €/ud	30,00	75,90 €
Codos de cobre de 90º 5/8"	0,79 €/ud	30,00	23,70 €
Adaptador cobre de 5/8" a 3/4"	0,60 €/ud	30,00	18,00 €
Tes de cobre de 5/8"	0,92 €/ud	30,00	27,60 €
Contador de calorías Heat Plus de Standard Hidráulica	170,79 €/ud	1,00	170,79 €
Sala de calderas			
Caldera de propano Ferroli Energy Top 70kW	3.450,00 €/ud	1,00	3.450,00 €
Caldera de propano Ferroli Quadrifoglio B 220kW	8.700,00 €/ud	1,00	8.700,00 €
Tubo chimenea de 1m de Ø 300mm	60,39 €/ud	12,00	724,68 €
Te de chimenea 135º de Ø 300mm	147,72 €/ud	2,00	295,44 €
Tapa de chimenea inferior Ø 300mm	19,40 €/ud	1,00	19,40 €
Codo de chimenea 90º de Ø 300mm	65,12 €/ud	1,00	65,12 €
Soportes de chimenea de Ø 300mm	19,99 €/ud	13,00	259,87 €
Caperuza de chimenea de Ø 300mm	61,72 €/ud	1,00	61,72 €
Adaptador chimenea de Ø 80mm a Ø 150mm	52,00 €/ud	1,00	52,00 €
Adaptador chimenea de Ø 150mm a Ø 300mm	52,00 €/ud	1,00	52,00 €
Adaptador chimenea de Ø 160mm a Ø 175mm	52,00 €/ud	1,00	52,00 €
Adaptador chimenea de Ø 175mm a Ø 300mm	52,00 €/ud	1,00	52,00 €
Tubo chimenea de 1m de Ø 175mm	30,87 €/ud	2,00	61,74 €
Detector de gas Siemens LYC 13.5 con tres sondas	363,29 €/ud	1,00	363,29 €
Sistema de propano general			
Tubo de cobre de 10m 8mm	19,07 €/ud	1,00	19,07 €
Tubo de cobre de 10m 10mm	24,45 €/ud	3,00	73,35 €
Tubo de cobre de 10m 12mm	25,92 €/ud	1,00	25,92 €



Tubo de cobre de 10m 14mm	31,99 €/ud	3,00	95,97 €
Tubo de cobre de 10m 16mm	38,33 €/ud	2,00	76,66 €
Válvula reductora de 1,75bar 40kg/h	104,37 €/ud	1,00	104,37 €
Válvula reductora de 0,15bar 8kg/h	52,72 €/ud	4,00	210,88 €
Válvula reductora de 37mbar 8kg/h con dispositivo de corte	75,61 €/ud	3,00	226,83 €
Contador de gas propano	174,95 €/ud	1,00	174,95 €
Válvula de corte de suministro	12,61 €/ud	1,00	12,61 €
Electroválvula de corte de suministro	106,20 €/ud	1,00	106,20 €
Depósito de gas propano Lapesa LP13-17	9.540,00 €/ud	1,00	9.540,00 €
Abrazaderas de anclaje tubería de gas	0,09 €/ud	20,00	1,80 €
Codo de cobre de 90º de Ø 16mm	0,79 €/ud	5,00	3,95 €
Codo de cobre de 90º de Ø 10mm	0,69 €/ud	3,00	2,07 €
Codo de cobre de 90º de Ø 14mm	0,75 €/ud	5,00	3,75 €
Codo de cobre de 90º de Ø 12mm	0,71 €/ud	3,00	2,13 €
Codo de cobre de 90º de Ø 8mm	0,67 €/ud	3,00	2,01 €
Tes de cobre de Ø 16mm	0,92 €/ud	1,00	0,92 €
Tes de cobre de Ø 14mm	0,89 €/ud	3,00	2,67 €
Adaptador cobre de Ø 16mm a Ø 14mm	0,60 €/ud	1,00	0,60 €
Adaptador cobre de Ø 16mm a Ø 10mm	0,60 €/ud	1,00	0,60 €
Adaptador cobre de Ø 14mm a Ø 12mm	0,60 €/ud	1,00	0,60 €
Adaptador cobre de Ø 14mm a Ø 8mm	0,60 €/ud	1,00	0,60 €
Otros gastos			
Aislamiento poliuretano proyectado	6,00 €/ud	7,00	42,00 €
Cubo de pintura blanca mate ultrarresistente para exteriores 15l	45,47 €/ud	1,00	45,47 €
Valla simple torsión plastificada 2mx10m	30,00 €/ud	3,00	90,00 €
Poste verde 2m y 48mm	6,93 €/ud	7,00	48,51 €
Poste esquinero verde 2m y 48mm	8,11 €/ud	4,00	32,44 €
Poste verde de refuerzo 2m y 48mm	8,11 €/ud	2,00	16,22 €
Riostras para postes 1,2m	6,73 €/ud	12,00	80,76 €
Puerta valla de simple torsión verde	74,99 €/ud	1,00	74,99 €
Extintor 9kg 34A-183B-C	34,26 €/ud	3,00	102,78 €
Retimbrar extintores 9kg 34A-183B-C	22,00 €/ud	3,00	66,00 €
Alquiler equipo de pintura	150,00 €/ud	1,00	150,00 €
Trabajos de albañilería	20,00 €/ud	4,00	80,00 €
Cartelería de seguridad	3,00 €/ud	10,00	30,00 €
Alambre de tensión verde 5m y 1,1mm	1,95 €/ud	2,00	3,90 €
Medios de elevación: maquina elevadora	150,00 €/ud	3,00	450,00 €
Mano de obra	7,50 €/h	440,00	3.300,00 €
Gastos generales	10%		3.691,59 €
Beneficio industrial	19%		7.715,42 €
Base imponible			48.322,91 €
IVA	21%		10.147,81 €



Total

58.470,72 €

La suma total de las mejoras propuestas asciende a **58.470,72€ (CINCUENTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS SETENTA EUROS CON SETENTA Y DOS CÉNTIMOS DE EURO)**.

16.1 Ayudas y subvenciones

El cambio tecnológico y las mejoras propuestas para la instalación en estudio, al tener el objeto de mejorar la eficiencia energética de la instalación, hace que estas tareas sean susceptibles de ser subvencionadas por parte de la administración pública. En este caso en concreto dado el objetivo de la Unión Europea de reducir las emisiones de CO₂, la mejora propuesta se puede acoger a la “Segunda convocatoria del programa de ayudas para la rehabilitación energética de edificios existentes (programa PAREER II)” perteneciente al Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

El programa de ayudas mencionado tipifica como una actuación de “tipo 2” a la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas y de iluminación, subvencionando el 20% de la actuación. A parte de esto, facilita la financiación de la actuación en forma de préstamo sin intereses por un tiempo máximo de amortización de 12 años, siendo financiable hasta el 70% del coste de la actuación.

Esto significa que, del coste total de la actuación propuesta, se consiga:

- Una ayuda del 20% del coste final, lo que supone 11.694,14€
- La posibilidad de financiar hasta a 12 años sin intereses el 70% del coste final, lo que supone 40.929,50€

Hay que tener en cuenta que el fondo PAREER II, permite cualquier otra fuente de ayuda o subvención, ya que no limita la concesión de dicha ayuda a la imposibilidad de adquirir otras ayudas de carácter nacional, regional o local. No se han tenido en cuenta otras ayudas de carácter nacional, regional o local dado que no se encuentran en plazo en la actualidad.

16.2 Amortización de la obra

Para realizar el cálculo de la amortización de las mejoras propuestas en la edificación, es necesario plantear dos situaciones: la primera, sin tener en cuenta ayuda o subvención alguna; y la segunda, teniendo en cuenta las ayudas y subvenciones susceptibles a ser concedidas.

16.2.1 Sin tener en cuenta ayudas y subvenciones

La suma del coste final de las mejoras propuestas en el edificio asciende a un total de 58.470,72€ (CINCUENTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS SETENTA EUROS CON SETENTA Y DOS CÉNTIMOS DE EURO).

El ahorro anual estimado de la instalación asciende a 8.361,59€ (OCHO MIL TRESCIENTOS SESENTA Y UN EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS DE EURO).

Teniendo en cuenta el ahorro anual como una constante invariable en el tiempo, la amortización de las mejoras propuestas se finalizaría en 7 años.



16.2.2 Teniendo en cuenta ayudas y subvenciones

La suma del coste final de las mejoras propuestas en el edificio asciende a un total de 58.470,72€ (CINCUENTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS SETENTA EUROS CON SETENTA Y DOS CÉNTIMOS DE EURO).

El ahorro anual estimado de la instalación asciende a 8.361,59€ (OCHO MIL TRESCIENTOS SESENTA Y UN EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS DE EURO).

La ayuda del 20% proveniente del fondo del FEDER "PAREER II" asciende a 11.694,14€ (ONCE MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS DE EURO).

Teniendo en cuenta el ahorro anual como una constante invariable en el tiempo, la amortización de las mejoras propuestas se finalizaría en 5,59 años, que es igual a 5 años y 7 meses.

Además, se cuenta con la opción de financiar hasta un máximo de 12 años sin intereses hasta el 70% del coste de la actuación, lo que supone 40.929,50€ (CUARENTA MIL NOVECIENTOS VEINTINUEVE EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS DE EURO), lo cual permite la cómoda devolución del préstamo contando con beneficios de la actuación cada año, en el caso en el que se pretenda realizar dicha financiación a un tiempo superior a 5 años y 7 meses.

17 Bibliografía y enlaces web

Guía Técnica de Agua Caliente Sanitaria Central del IDAE

<http://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-agua-caliente-sanitaria-central>

Guía Técnica de Instalaciones de Climatización con Equipos Autónomos del IDAE

<http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/reglamento-de-instalaciones-termicas-de-los-0>

Guía técnica para la Prevención y Control de la Legionelosis en instalaciones

<https://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/guia.htm>

Cálculo potencia de calefacción

<https://www.caloryfrio.com/calefaccion/calefaccion-instalaciones-componentes/calcular-la-potencia-calorifica-para-una-casa-o-habitacion.html>

Temperatura de confort en sistemas de suelo radiante

<http://blog.construmatica.com/sistemas-radiantes-calefaccion-y-refrescamiento-segun-naturaleza/>

Cálculo de la potencia de la enfriadora

<http://clickrenovables.com/blog/como-calcular-la-potencia-de-un-aire-acondicionado/>

Funcionamiento de la UTAs

<https://juanfrancisco207.wordpress.com/2014/10/11/climatizadores-y-unidades-terminales/>



<http://instalaciones-termicas.blogspot.com.es/2013/10/climatizador-o-uta-unidad-de.html>

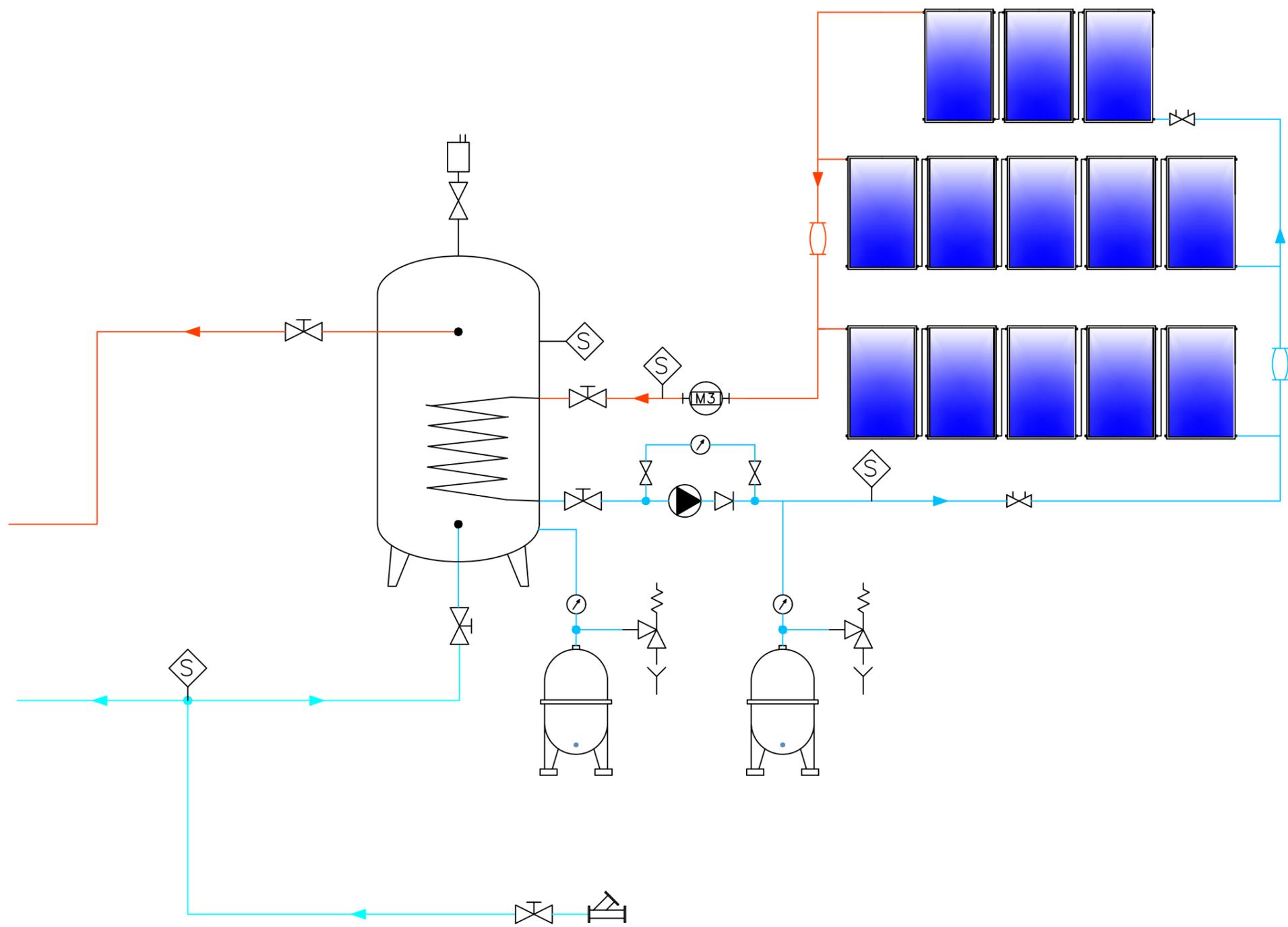
Cálculo del aporte solar, colectores solares térmicos

<https://temariosformativosprofesionales.files.wordpress.com/2013/05/calculo-energia-solar-termica.pdf>



Anexo de esquemas

- 1- Instalación térmica actual
- 2- Detalle instalación solar actual
- 3- Instalación térmica propuesta
- 4- Detalle instalación solar propuesta
- 5- Disposición de colectores solares propuesta
- 6- Ubicación del depósito de propano



LEYENDA	
	Válvula de Corte Manual
	Válvula Antirretorno
	Bomba Circulación
	Caudalímetro
	Válvula equilibrado
	Red de Agua General
	Manómetro
	Desagüe
	Sonda Temperatura
	Purgador Automático con llave de corte incorporada
	Dilatador Térmico
	Válvula de Seguridad
	Válvula de Compuerta
Tuberías	
	Impulsión de ACS
	Retorno de ACS
	Red de Agua General

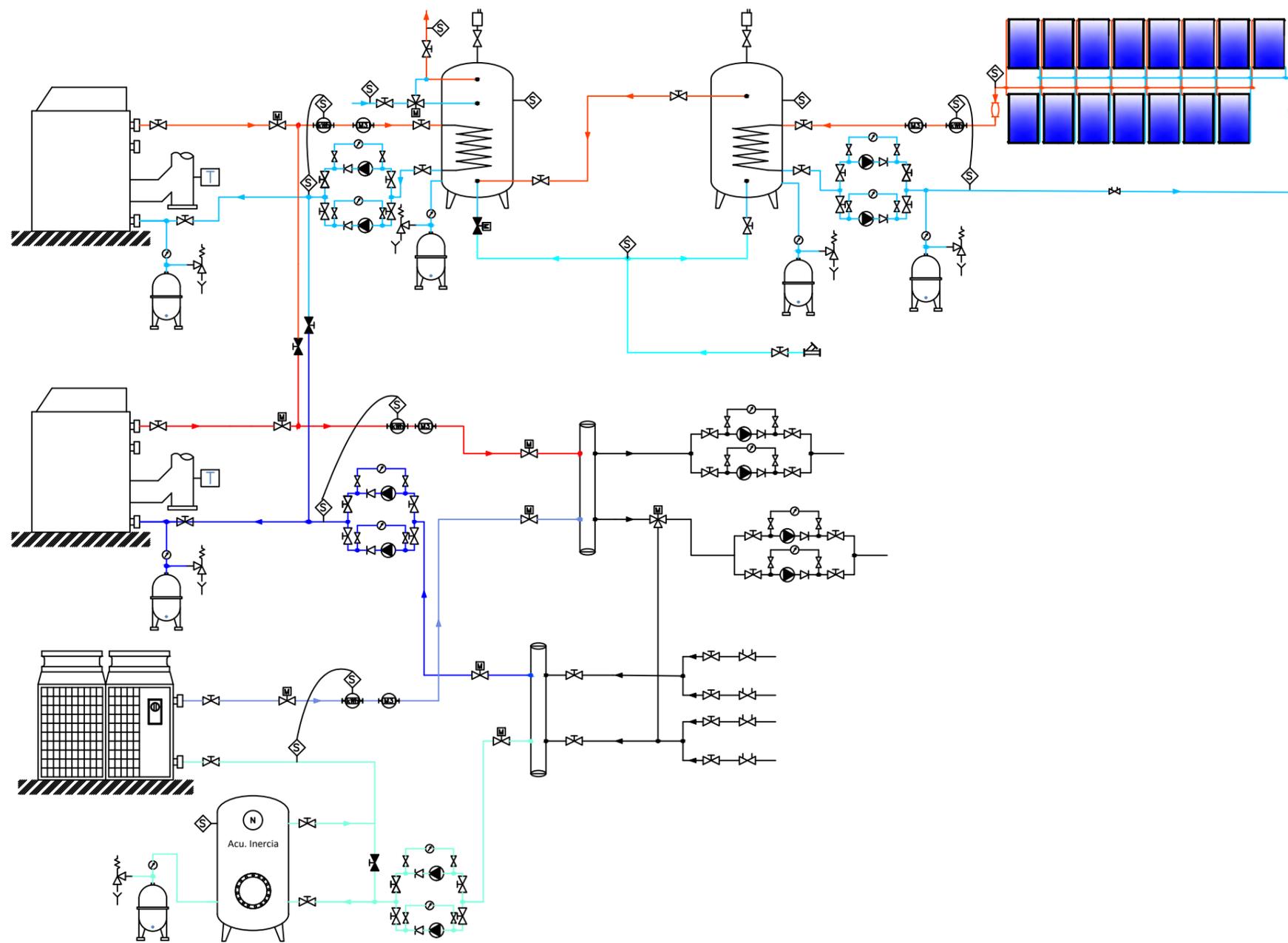
Detalle instalación solar actual

Nº de esquema:
2

Auditoria y puesta en marcha de la instalación térmica de una residencia de la tercera edad

Autor:
Pedro Emilio de la Fuente González

Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía
Universidad de Cantabria



LEYENDA	
	Válvula de Corte Manual
	Válvula Antirretorno
	Bomba Circulación
	Caudalímetro
	Válvula equilibrado
	Válvula de 3 Vías Motorizada
	Válvula de 2 Vías Motorizada
	Red de Agua General
	Manómetro
	Desagüe
	Sonda Temperatura
	Purgador Automático con llave de corte incorporada
	Dilatador Térmico
	Válvula de Seguridad
	Contador de energía
	Válvula de Compuerta
Tuberías	
	Impulsión de ACS
	Retorno de ACS
	Impulsión de Calefacción
	Retorno de Calefacción
	Impulsión de Refrigeración
	Retorno de Refrigeración
	Red de Agua General

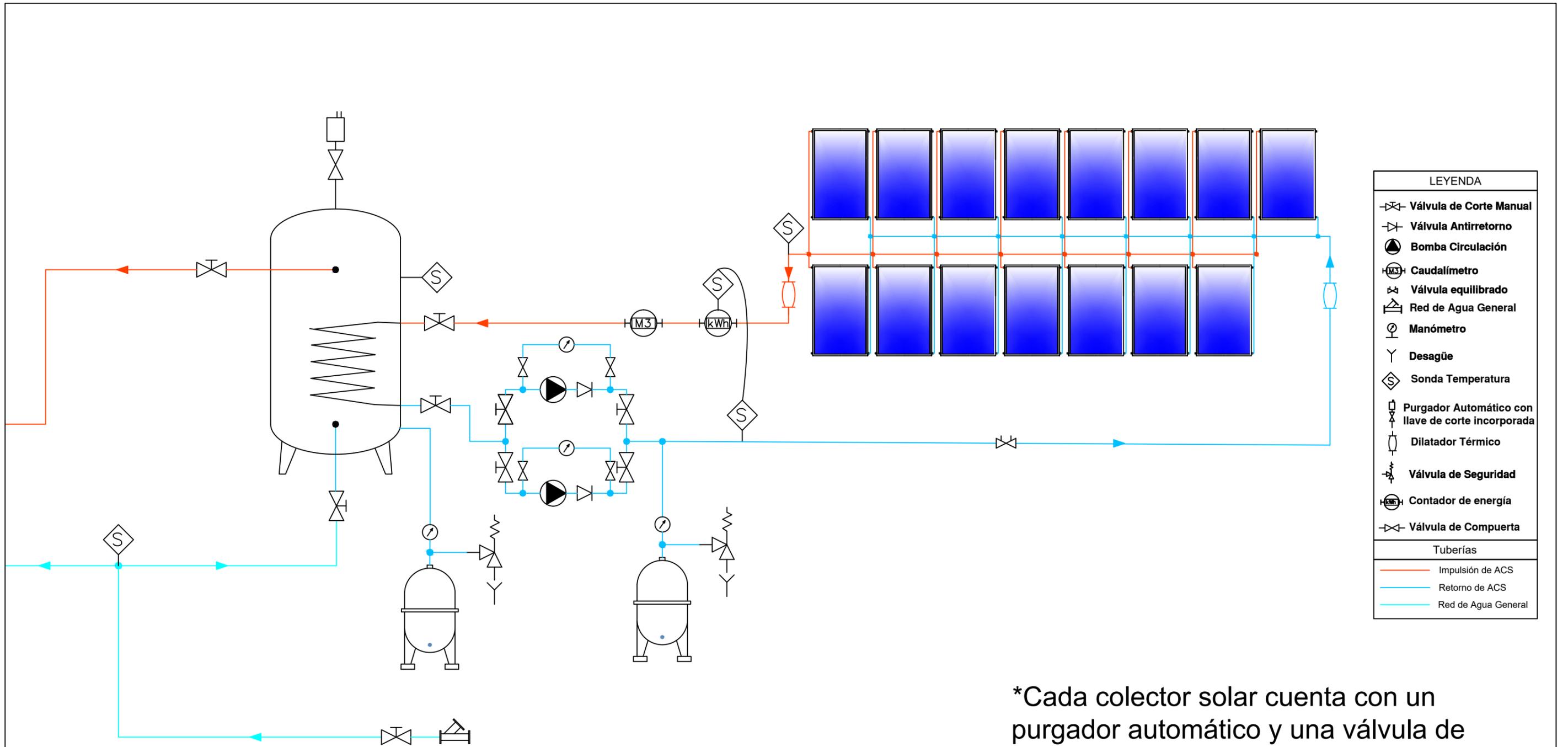
Instalación térmica propuesta

Nº de esquema:
3

Auditoria y puesta en marcha
de la instalación térmica de una
residencia de la tercera edad

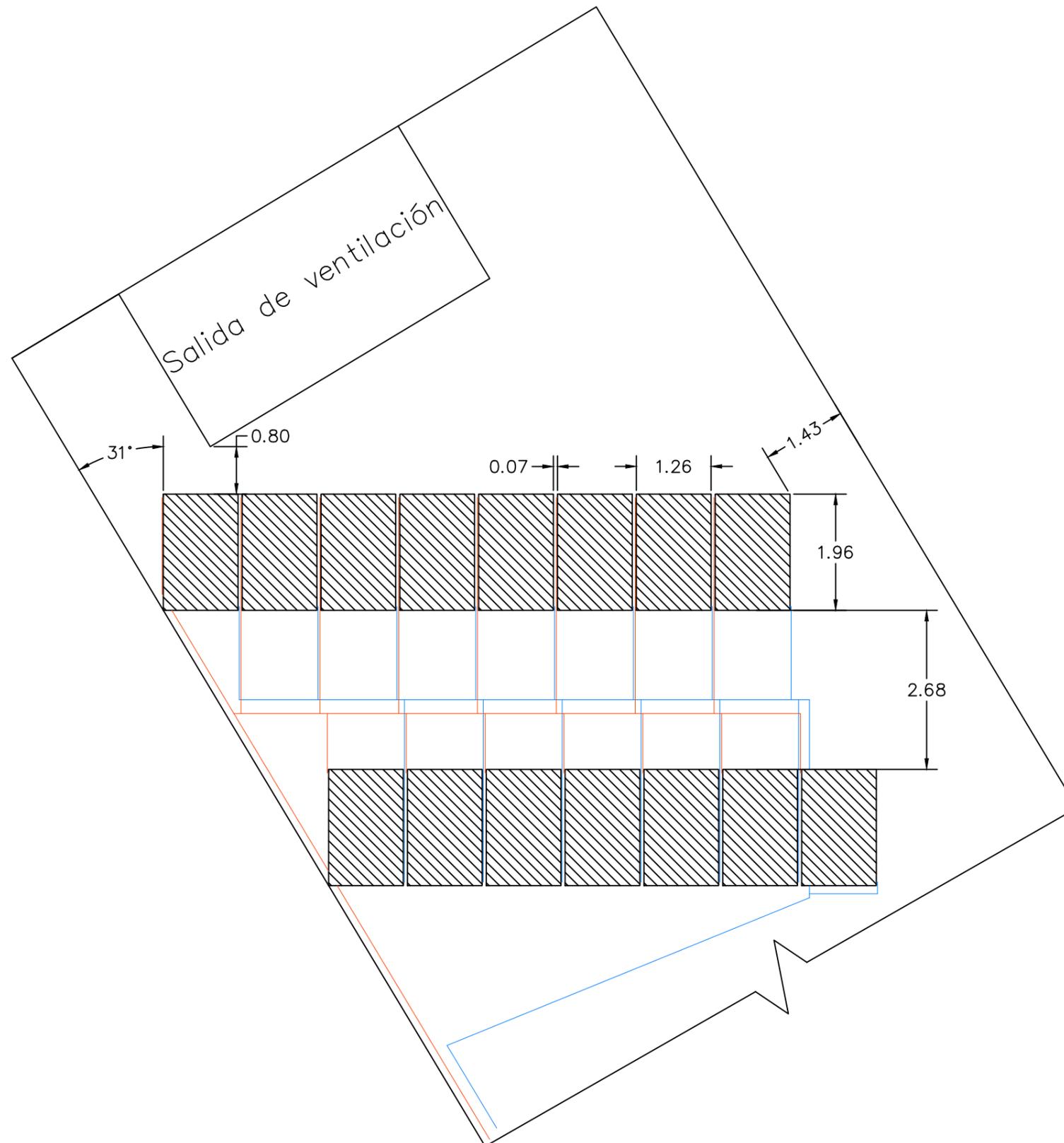
Autor:
Pedro Emilio de la Fuente González

Escuela Politécnica de Ingeniería de
Minas y Energía
Universidad de Cantabria



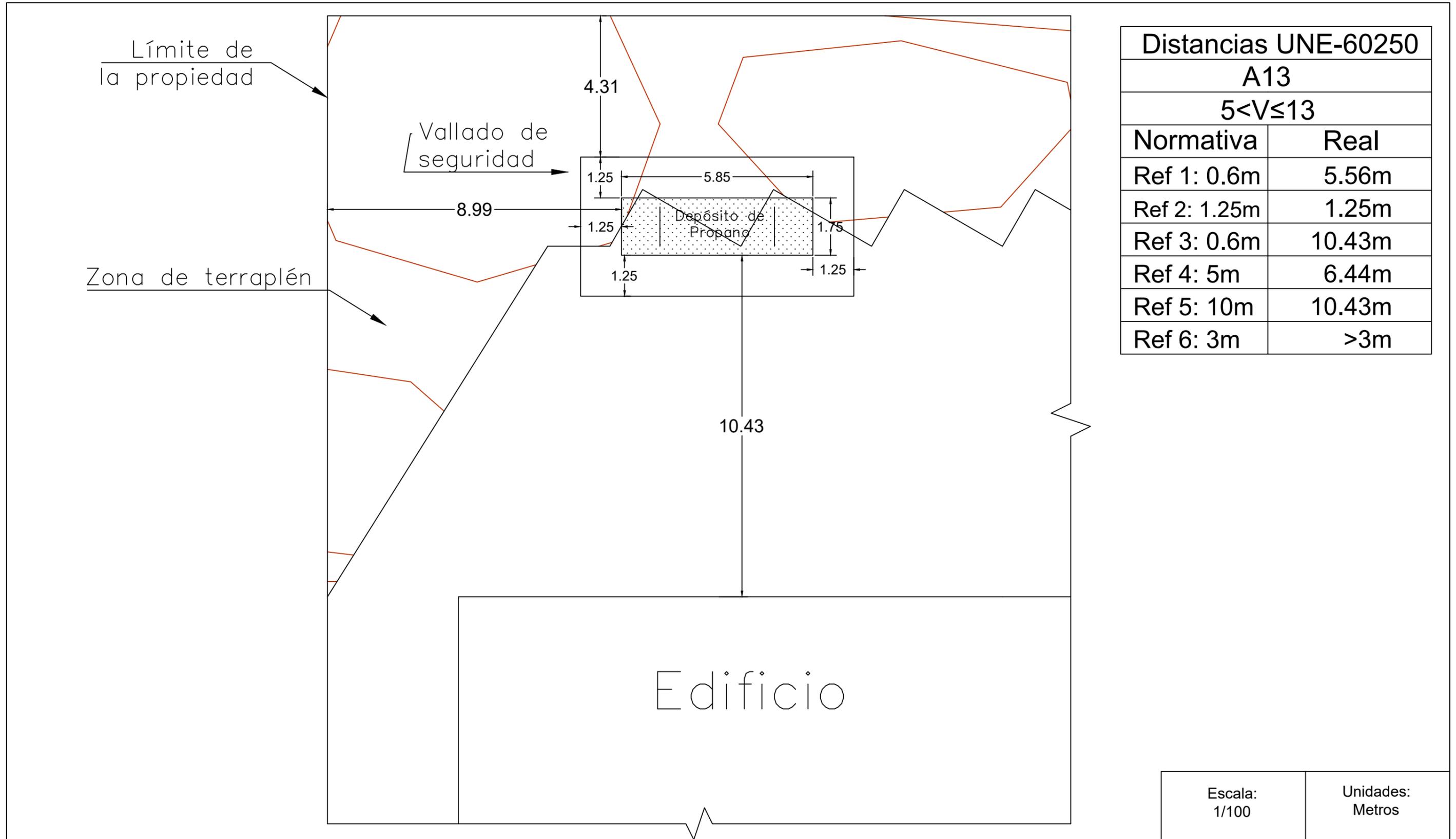
*Cada colector solar cuenta con un purgador automático y una válvula de seguridad y corte. Estos elementos no se incluyen para evitar emborronar el esquema.

<p>Detalle instalación solar propuesta</p>	<p>Nº de esquema: 4</p>	<p>Auditoria y puesta en marcha de la instalación térmica de una residencia de la tercera edad</p>	<p>Autor: Pedro Emilio de la Fuente González</p>	<p>Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía Universidad de Cantabria</p>
---	------------------------------------	--	--	--



Escala: 1/100	Unidades: Metros
------------------	---------------------

Disposición de colectores solares propuesta	Nº de esquema: 5	Auditoria y puesta en marcha de la instalación térmica de una residencia de la tercera edad	Autor: Pedro Emilio de la Fuente González	Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía Universidad de Cantabria
--	----------------------------	---	---	---



Escala: 1/100	Unidades: Metros
------------------	---------------------

Ubicación del depósito de propano	Nº de esquema: 6	Auditoria y puesta en marcha de la instalación térmica de una residencia de la tercera edad	Autor: Pedro Emilio de la Fuente González	Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía Universidad de Cantabria
--	----------------------------	---	--	--