

ANEXO CALEFACCIÓN

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente Proyecto es la definición de los trabajos a realizar para llevar a cabo una reforma de la sala de calderas existente del IES MONELOS, adaptándola para la instalación de nuevos generadores de calor a gas natural.

Junto con el cambio de calderas se prevé una alimentación de agua caliente sanitaria para el pabellón y la instalación de captadores solares térmicos.

2. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE), y en particular:
 - Documento Básico HE: ahorro de energía
 - Documento Básico SI: seguridad en caso de incendio
- Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos (RIG) y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11
- Real Decreto 1416/2006, de 1 de diciembre, por el que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 06 «Procedimiento para dejar fuera de servicio los tanques de almacenamiento de productos petrolíferos líquidos»
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de Julio, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (*versión consolidada Sep'13*)
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión (REP) y sus instrucciones técnicas complementarias
- Normas UNE de obligado cumplimiento

3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

3.1. ESTADO ACTUAL

La sala de calderas existente se ubica en la planta baja del edificio, en la fachada suroeste, con acceso directo desde el exterior desde uno de los patios del instituto, y está compuesta por dos calderas a gasóleo. El depósito de gasóleo que alimenta a las calderas es enterrado, y está situado delante de la puerta de acceso de la sala.

La instalación existente solo da servicio de calefacción al instituto mediante tres circuitos de calefacción independientes: uno para el Edificio principal, otro para el módulo de Ampliación, y el tercero para el Pabellón.

En el instituto solo hay A.C.S. en los vestuarios del Pabellón, siendo generada esa agua caliente mediante 5 termos eléctricos.

Caldera Roca TR3-420 (488,4 kW): da servicio de calefacción al Edificio principal, al módulo Ampliación, y al Pabellón	
Caldera Roca AR-25 (26,7 kW): sin uso actual	
<p>La instalación hidráulica está ejecutada con tubería de acero negro aislada y con revestimiento de aluminio. Hay un colector principal del que parten 3 circuitos secundarios:</p> <ul style="list-style-type: none">– Circuito 1 (bomba DAB BPH 60/340.65M): circuito de calefacción para el módulo de Ampliación– Circuito 2 (bomba ROCA MC.1230): circuito de calefacción para el Edificio principal. Antes de salir de la sala se ramifica en 3 subcircuitos (2 enterrados y 1 visto)– Circuito 3 (bomba ROCA MC.1230): circuito de calefacción para el Pabellón	 
Termos eléctricos en vestuarios (hay 5 unidades: 2x200L en vestuarios masculinos, 2x200L en vestuarios femeninos y 1x100L en vestuarios de profesores).	

3.2. ESTADO REFORMADO

La sala de calderas reformada estará dotada con tres calderas murales alimentadas a gas natural, de condensación, con una potencia nominal unitaria de 90 kW (potencia total instalada 270 kW, $T_i/T_r = 80/60$ °C), y funcionamiento en cascada.

La evacuación de productos de la combustión de las calderas se realizará mediante un colector de humos de polipropileno de DN200, con conductos individuales para cada caldera, y que se conectará a una chimenea de doble pared, de acero inoxidable AISI 316L (tanto la pared interior como la exterior), de DN250/310.

El primario de los generadores de calor se ejecutará con una cascada hidráulica propia del fabricante de las calderas, dotada con bombas de alta eficiencia y trabajando contra una aguja hidráulica DN80.

Toda la instalación hidráulica existente en la sala de calderas será desmontada, ejecutándose nuevamente según el esquema de principio y planos detallados en este Proyecto.

Además del servicio original de calefacción, con la reforma se prevé generar el A.C.S. que se consume en el Pabellón en la sala de calderas, anulando los termos eléctricos existentes e instalando en la sala de calderas un depósito interacumulador de A.C.S. de 1000L.

La instalación de generación de A.C.S. tendrá asociada una instalación de energía solar térmica mediante 12 captadores instalados en cubierta y un depósito de acumulación solar de 2500L.

Con respecto a las tuberías, las de calefacción serán de acero negro sin soldadura DIN 2440; se aprovechará la ejecución de los trabajos de reforma de la sala de calderas para instalar tubería vista en aquellos tramos de circuitos secundarios de calefacción que ahora discurren enterrados en el interior del Edificio principal. Las tuberías de A.C.S. serán de polipropileno con fibras y las del primario de energía solar de cobre. Todas las tuberías ejecutadas en la sala de calderas y en el exterior estarán dotadas con aislamiento elastomérico de célula cerrada con los espesores definidos en planos y acabadas con chapa de aluminio. Las tuberías de A.C.S. ejecutadas en el Pabellón irán aisladas, y las tuberías de calefacción ejecutadas en el Edificio principal irán sin aislamiento y pintadas

Todos los circuitos secundarios estarán dotados con su correspondiente equipo de bombeo electrónico monofásico; además, los circuitos de calefacción se dotarán de válvulas de 3 vías proporcionales para regulación del calor de impulsión en función de la temperatura exterior.

La instalación de calefacción existente en el edificio (salvo la propia de la sala de calderas y los mencionados circuitos enterrados) permanecerá inalterada, manteniéndose los emisores térmicos y circuitos existentes, garantizando su buen dimensionamiento y confort la experiencia de todos estos años de funcionamiento.

El cuadro de mando y protección y toda la instalación eléctrica existente de la sala de calderas serán desmontados, ejecutándose nuevamente según esquema unifilar y planos detallados en este Proyecto.

El depósito de gasóleo será anulado y dado de baja en la delegación de Industria.

Se ejecutará una red interior de usuario de gas natural, que se desarrolla en Anexo aparte.

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y RESUMEN DE EQUIPOS

Carga interna de calefacción:	112.499 W
Potencia térmica instalada en emisores ($\Delta 39^{\circ}\text{C}$):	145.319 W
Potencia generación A.C.S.:	49.400 W
Demanda térmica total:	194.719 W
Potencia equipos generadores:	270.000 W

RESUMEN DE EQUIPOS	
GENERADORES DE CALOR	3 uds. VITODENS 200-W (270 kW - $T_i/T_r = 80/60^{\circ}\text{C}$ // 297 kW - $T_i/T_r = 50/30^{\circ}\text{C}$) 1 ud. CASCADA HIDRÁULICA CON BOMBAS A.E. 1 ud. AGUJA HIDRÁULICA DN80
EVACUACIÓN DE PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN	1 ud. CASCADA DE HUMOS DN200 1 ud. CHIMENEA DOBLE PARED INOX. DN250/310
EQUIPOS DE BOMBEO	1 ud. WILO STRATOS 32/1-10 (230V) 4 ud. WILO STRATOS 40/1-10 (230V) 1 ud. WILO STRATOS-Z 25/1-8 2 ud. WILO TOP-Z 25/1-6 1 ud. WILO YONOS PICO-STG 30/1-7,5
DEPÓSITO ACS	1 ud. INTERACUMULADOR – 1000 L
DEPÓSITO SOLAR	1 ud. INERCIA – 2500 L
INTERCAMBIADOR	1 ud. DE PLACAS – 20 kW
VASOS DE EXPANSIÓN	1 ud. DE MEMBRANA – 300 L 1 ud. DE MEMBRANA – 150 L 1 ud. DE MEMBRANA – 8 L
SISTEMA DE REGULACIÓN	VITRONIC 100 (GC7B) + VITRONIC 300-K (MW1B) + VITRONIC 200-H + MÓDULO COMUNICACIÓN LON

4. DISEÑO Y DIMENSIONADO

4.1. EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE

4.1.1. Exigencia de calidad térmica del ambiente

Para el cálculo de la demanda térmica del edificio, se toman las condiciones termohigrométricas para exteriores establecidas en las normas UNE 100.001:2001 y UNE 100014:2004 IN:

- Municipio: A Coruña
- Longitud: 8° 24' W
- Latitud: 43° 22' N
- Altura: 54 m
- Nivel Percentil Estacional: 97,5%
- Temperatura Seca (invierno): +3,8 °C
- Velocidad del viento: 5,2 m/s

Las condiciones interiores de diseño son las establecidas en la Tabla 1.4.1.1 del RITE:

- Temperatura operativa (invierno): 21 °C
- Humedad relativa: 50%

Las características térmicas de los cerramientos (transmitancias) son:

- Fachadas: 0,30 W/m².K
- Cubierta: 0,34 W/m².K
- Solera: 1,00 W/m².K
- Ventanas: 1,60 W/m².K

En estas condiciones se ha calculado la demanda de carga interna del instituto, obteniéndose un total de **112.499 W**. Al mismo tiempo, se ha estudiado el conjunto de la potencia instalada según los emisores térmicos existentes en el instituto, para un salto térmico de 39 °C (temperatura media de los emisores 60 °C), obteniéndose un total de **145.319 W**.

4.1.2. Exigencia de calidad del aire interior

(No aplica; el alcance del proyecto es exclusivamente la reforma de la sala de calderas)

4.1.3. Exigencia de higiene

Se prevé la generación de A.C.S. mediante un depósito interacumulador de 1000L con una potencia instalada de **49.400 W**

En la preparación de agua caliente para usos sanitarios se cumple con la legislación vigente higiénico-sanitaria para la prevención de la legionelosis.

Para tal fin, la instalación se ha diseñado con un depósito de acumulación de A.C.S. que se mantendrá en todo momento por encima de los 60°C, y una instalación de retorno de A.C.S. cuya temperatura será superior a los 50°C.

Además, la instalación está diseñada la realización de desinfección mediante choque térmico, ya que todos sus componentes puedan alcanzar los 70°C.

Todos los depósitos del sistema de A.C.S. disponen de boca de hombre para su mantenimiento y limpieza, y de drenajes en su parte inferior.

4.1.4. Exigencia de calidad del ambiente acústico

En el diseño de la instalación se han tenido en cuenta los sistemas y su disposición en relación con el uso del edificio de forma que el nivel máximo sonoro de ambiente interior no sobrepase 40 dB(A) durante el día.

Se adoptarán las siguientes medidas con el fin de evitar molestias por ruidos y vibraciones:

- Instalación de elementos antivibratorios en máquinas (bancadas desolizantes).
- Aislamiento mediante manguitos elásticos de los elementos bomba de la instalación.
- Pasamuros elásticos de tubería a través de elementos constructivos.
- Cálculo con velocidades adecuadas en tuberías.

Con las soluciones adoptadas los niveles sonoros obtenidos estarán en torno a los 35 – 40 dB(A).

4.2. EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.2.1. Generación de calor

El equipo generador de calor proyectado se ha ajustado a la demanda máxima simultánea de las instalaciones servidas, considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos.

En el análisis realizado se han estudiado las distintas demandas al variar la hora del día y el mes del año, para hallar la demanda máxima simultánea, así como las demandas parciales y mínima, con el fin de facilitar la selección del tipo y número de generadores.

Las características del equipo generador de calor proyectado son:

Fabricante: VIESSMANN

Modelo: VITODENS 200-W

Potencia: 270 kW (3x90 kW – Ti/Tr = 80/60 °C)

Rendimiento: Carga térmica 100% - Temp. 80/60 = 97,3% ($\geq 90 + 2 \cdot \log(P_n)$)

Carga térmica 30% - Temp. 50/30 = 108% ($\geq 97 + \log(P_n)$)

Quemador: Modulante

4.2.2. Redes de tuberías

Todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos, dispondrán de aislamiento térmico cuando se instalen en la sala de calderas o discurran por locales no calefactados.

Espesor del aislamiento (mm) en el interior de locales no calefactados
--

Diámetro exterior tubería (mm)	Tubería calefacción	Tubería ACS
$D_{ext} \leq 35$	25	30
$35 < D_{ext} \leq 90$	30	35
$90 < D_{ext} \leq 140$	40	45

Espesor del aislamiento (mm) en el exterior del edificio		
Diámetro exterior tubería (mm)	Tubería calefacción	Tubería ACS
$D_{ext} \leq 35$	35	40
$35 < D_{ext} \leq 90$	40	45

4.2.3. Control

El control de las condiciones termo-higrométricas será de categoría THM-C1, basado en una sonda exterior que comandará las válvulas de 3 vías motorizadas de los circuitos de impulsión de calefacción, de forma que se modifica la temperatura de ida a emisores adaptándolos a la demanda.

Con respecto al ACS, el control se basa en una sonda de temperatura ubicada en el interior del depósito interacumulador que dará orden de arranque a la bomba del primario de ACS cuando la temperatura interior del depósito baje de 60 °C.

Para la gestión de los comandos de las sondas y de sus actuaciones, así como de la programación horaria de los equipos, se instalará un sistema de control del fabricante de las calderas compuesto por regulación de caldera digital VITRONIC 100, regulación de calderas en cascada VITRONIC 300-K y un módulo de ampliación 200-H.

Con respecto a la energía solar, el control se basa en un diferencial de temperatura entre dos sondas, una ubicada en el interior del depósito de acumulación y otra en el punto de salida de los captadores solares. Cuando la temperatura de los captadores sea superior en 10 °C a la temperatura interior del depósito de acumulación el sistema activará las bombas del primario y del secundario para trasegar energía.

Para la gestión de estas sondas de energía solar se instalará una centralita independiente.

4.2.4. Contabilización de consumos

Al ser una instalación térmica de potencia útil mayor de 70 kW, se instalarán equipos de medición y registro del consumo de combustible y de energía eléctrica, de forma separada del consumo debido a otros usos del resto del edificio.

Para la medición del consumo de combustible, como los equipos generadores de calor son los únicos consumidores de gas natural del edificio, es válido el contador general del gas natural.

Para la medición del consumo eléctrico se instalará un contador de carril DIN en el cuadro eléctrico de la sala de calderas.

Además, se instalará un contador para medición de energía térmica generada que tomará datos de un caudalímetro ubicado en el retorno del primario de la instalación de calor, y de dos sondas de temperatura (una en la ida y otra en el retorno del primario).

4.2.5. Aprovechamiento de energías renovables

En cumplimiento del *DB-HE.4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria*, se ha previsto la instalación de un campo solar compuesto por 12 captadores y un depósito de acumulación solar de 2500L; con dicha instalación se cubre el 30% de las necesidades de ACS anuales, cumpliéndose con los requerimientos establecidos en el DB-HE.4 (ver anexo CHEQ4)

4.3. EXIGENCIA DE SEGURIDAD

4.3.1. Generadores de calor

Según datos del fabricante, los equipos generadores de calor prescritos disponen de Homologaciones, Certificados de Conformidad y/o Marcado CE exigibles para su uso según la normativa vigente.

4.3.2. Sala de máquinas

El local previsto para la sala de calderas cumple con las prescripciones establecidas en la sección SI-1 del Código Técnico de la Edificación, además de con las siguientes condiciones:

- Su acceso normal no es una abertura en suelo o techo
- Las dimensiones de la puerta (2,00 x 1,15 m – Al x An) son suficientes para permitir el movimiento sin riesgo o daño de aquellos equipos que deba ser reparados fuera de la sala de máquinas
- La puerta estará dotada de una cerradura con fácil apertura desde el interior, aunque haya sido cerrada con llave desde el exterior
- En el acceso a la sala se colocará un cartel con la inscripción: “Sala de Máquinas. Prohibida la entrada a toda persona ajena al servicio”.
- La sala no dispone de ninguna toma de ventilación que comunique con otros locales cerrados
- Los cerramientos de la sala no permitirán filtraciones de humedad
- La sala dispone de un sistema de desagüe por gravedad
- El cuadro eléctrico se ubicará en las proximidades de la puerta, y se instalará un interruptor general fuera de la sala.
- El nivel de iluminación es >200 lux con una uniformidad media de 0,5
- La sala no se utilizará para otros fines, ni podrán realizarse en ella trabajos ajenos a los de la propia instalación
- Los motores y sus transmisiones estarán suficientemente protegidos contra accidentes fortuitos del personal
- La conexión entre generadores de calor y chimeneas será perfectamente accesible
- En el interior de la sala figurarán, visibles y debidamente protegidas, las indicaciones siguientes:
 - Instrucciones para efectuar la parada de la instalación en caso necesario, con señal de alarma de urgencia y dispositivo de corte rápido
 - Nombre, dirección y nº de teléfono de la persona o entidad encargada del mantenimiento de la instalación

- Dirección y nº de teléfono del servicio de bomberos más próximo, y del responsable del edificio
- Indicación de los puestos de extinción y extintores cercanos
- Plano con esquema de principio de la instalación

Además, al ser una sala de máquinas con generadores de calor a gas, se cumplirá:

- La sala dispone de un elemento de baja resistencia mecánica cuya superficie sea (en m^2) la centésima parte del volumen del local (en m^3), en comunicación directa a una zona exterior. En nuestro caso, la sala tiene un volumen de $61,38 m^3$ ($S=19,80 m^2$ y $h=3,10$), por lo que la superficie de baja resistencia mecánica será como mínimo de $0,61 m^2$. La puerta de acceso ($2,00 m \times 1,15 m$) cumple con estos requisitos.
- En la sala se instalará un sistema de detección de fugas y corte de gas, formado por dos detectores y una centralita que dará señal de corte a la electroválvula ubicada en la línea de alimentación de gas a la sala, en el exterior, y cuyo rearme es manual.

La ventilación de la sala será natural directa por orificios al exterior, para lo cual se dispondrán aberturas de área libre mínima de $5 cm^2/kW$ de potencia térmica nominal (en nuestro caso, $5 \times 270 = 1.350 cm^2$)

La puerta de la sala está compuesta por lamas inclinadas con un área libre estimada de $200 \times 115 \times 0,7 = 16.100 cm^2$. Además, se instalará otra abertura de ventilación en la parte superior de la fachada de la sala, con su lado inferior a menos de 30 cm del techo y cuya superficie mínima será $10 \times 19,80 = 198 cm^2$ (se instalará una rejilla de $20 \times 20 cm$).

4.3.3. Chimeneas

Se prevé la instalación de una cascada de humos de polipropileno DN200 instalada en la sala de caderas, y que se conectará una chimenea de acero inoxidable de doble pared DN250/310, que discurre por el exterior del edificio hasta la cubierta (ver anexo Chimenea).

El tramo horizontal del sistema de evacuación tendrá pendiente hacia el generador de calor y será lo más corto posible.

La chimenea tendrá un registro en la parte inferior que permita la eliminación de residuos sólidos y líquidos.

4.3.4. Redes de tuberías

Para la instalación de las tuberías y de su sistema de soportación, se emplearán las instrucciones del fabricante, considerando el material empleado, su diámetro y la colocación (enterrada o al aire, horizontal o vertical).

La alimentación del sistema de calefacción se realizará mediante un desconector que servirá para reponer las pérdidas de agua de la instalación, y a su vez, será capaz de evitar el refluo de agua de forma segura en caso de caída de presión en la red pública. El diámetro mínimo de la conexión de la alimentación será DN25 mm.

Todas las redes de tuberías podrán vaciarse de forma parcial y total; para ello, cada circuito del secundario dispone de un vaciado DN20 mm, mientras que en los colectores generales de la sala de calderas se instalará un vaciado total de DN32 mm.

Las conexiones entre válvulas de vaciado y los desgües se harán de forma que el paso de agua resulte visible.

4.3.5. Expansión y circuitos cerrados

Todos los circuitos cerrados de agua y/o soluciones acuosas estarán equipados con dispositivos de expansión de tipo cerrado que permitan absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

Para tal fin, se ha dotado a la instalación con 3 vasos de expansión de membrana:

- Circuito de calefacción: se instalará un vaso de expansión de 300 L
- Circuito de ACS: se instalará un vaso de expansión de 150 L
- Circuito de energía solar: se instalará un vaso de expansión de 8 L

Además, todos los equipos a presión de la instalación (calderas, depósitos, vasos de expansión...) estarán dotados de válvulas de seguridad, taradas a un valor superior a la máxima de servicio e inferior a la presión de prueba.

4.3.6. Señalización

En la sala de calderas se dispondrá un plano con el esquema de principio de la instalación, enmarcado en un cuadro de protección.

Todas las instrucciones de seguridad, manejo y maniobra y de funcionamiento, según lo que figure en el “Manual de Uso y Mantenimiento”, deben estar situadas en lugar visible de la sala de calderas.

Las conducciones de la instalación deben estar señalizadas de acuerdo a la norma UNE 100100.

5. VERIFICACIONES Y PRUEBAS

5.1. PRUEBAS

5.1.1. Equipos

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

Los quemadores se ajustarán a las potencias de los generadores, verificando, al mismo tiempo los parámetros de la combustión; se medirán los rendimientos de los conjuntos caldera-quemador, exceptuando aquellos generadores que aporten la certificación CE conforme al Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero.

5.1.2. Redes de tuberías

Todas las redes de circulación de fluidos portadores deben ser probadas hidrostáticamente, a fin de asegurar su estanquidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o por el material aislante.

Son válidas las pruebas realizadas de acuerdo a la norma UNE 100151 o a UNE-ENV 12108, en función del tipo de fluido transportado.

5.1.3. Pruebas de libre dilatación

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

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

5.1.4. Pruebas finales

Se consideran válidas las pruebas finales que se realicen siguiendo las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599:01 en lo que respecta a los controles y mediciones funcionales, indicados en los capítulos 5 y 6.

Las pruebas de libre dilatación y las pruebas finales del subsistema solar se realizarán en un día soleado y sin demanda.

En el subsistema solar se llevará a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario, a realizar con este lleno y la bomba de circulación parada,

cuando el nivel de radiación sobre la apertura del captador sea superior al 80 % del valor de irradiancia fijada como máxima, durante al menos una hora.

5.2. AJUSTE Y EQUILIBRADO

La empresa instaladora realizará y documentará el procedimiento de ajuste y equilibrado de los sistemas de distribución de agua, de acuerdo con lo siguiente:

- De cada circuito hidráulico se deben conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales en ramales y unidades terminales.
- Se comprobará que el fluido anticongelante contenido en los circuitos expuestos a heladas cumple con los requisitos especificados en el proyecto.
- Cada bomba, de la que se debe conocer la curva característica, deberá ser ajustada al caudal de diseño, como paso previo al ajuste de los generadores de calor a los caudales y temperaturas de diseño.
- Las unidades terminales, o los dispositivos de equilibrado de los ramales, serán equilibradas al caudal de diseño.
- En circuitos hidráulicos equipados con válvulas de control de presión diferencial, se deberá ajustar el valor del punto de control del mecanismo al rango de variación de la caída de presión del circuito controlado.
- Cuando exista más de una unidad terminal de cualquier tipo, se deberá comprobar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales, mediante el procedimiento previsto en el proyecto o memoria técnica.
- De cada intercambiador de calor se deben conocer la potencia, temperatura y caudales de diseño, debiéndose ajustar los caudales de diseño que lo atraviesan.
- Cuando exista más de un grupo de captadores solares en el circuito primario del subsistema de energía solar, se deberá probar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales de la instalación mediante el procedimiento previsto en el proyecto.
- Cuando exista riesgo de heladas se comprobará que el fluido de llenado del circuito primario del subsistema de energía solar cumple con los requisitos especificados.
- Se comprobará el mecanismo del subsistema de energía solar en condiciones de estancamiento así como el retorno a las condiciones de operación nominal sin intervención del usuario con los requisitos especificados en el proyecto

5.3. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La empresa instaladora realizará y documentará las siguientes pruebas de eficiencia energética de la instalación:

- Comprobación del funcionamiento de la instalación en las condiciones de régimen;
- Comprobación de la eficiencia energética de los equipos de generación de calor y frío en las condiciones de trabajo. El rendimiento del generador de calor no debe ser inferior en más de 5 unidades del límite inferior del rango marcado para la categoría indicada en el etiquetado energético del equipo de acuerdo con la normativa vigente.
- Comprobación de los intercambiadores de calor, climatizadores y demás equipos en los que se efectúe una transferencia de energía térmica;
- Comprobación de la eficiencia y la aportación energética de la producción de los sistemas de generación de energía de origen renovable;
- Comprobación del funcionamiento de los elementos de regulación y control;
- Comprobación de las temperaturas y los saltos térmicos de todos los circuitos de generación, distribución y las unidades terminales en las condiciones de régimen;

- Comprobación que los consumos energéticos se hallan dentro de los márgenes previstos en el proyecto o memoria técnica;
- Comprobación del funcionamiento y del consumo de los motores eléctricos en las condiciones reales de trabajo;
- Comprobación de las pérdidas térmicas de distribución de la instalación hidráulica.

6. INSTRUCCIONES DE USO Y MANTENIMIENTO

6.1. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. Limpieza de los evaporadores: t.
2. Limpieza de los condensadores: t.
3. Drenaje, limpieza y tratamiento del circuito de torres de refrigeración: 2 t.
4. Comprobación de la estanquidad y niveles de refrigerante y aceite en equipos frigoríficos: m.
5. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas: 2 t.
6. Comprobación y limpieza, si procede, de conductos de humos y chimenea: 2 t.
7. Limpieza del quemador de la caldera: m.
8. Revisión del vaso de expansión: m.
9. Revisión de los sistemas de tratamiento de agua: m.
10. Comprobación de material refractario: 2 t.
11. Comprobación de estanquidad de cierre entre quemador y caldera: m.
12. Revisión general de calderas de gas: t.
13. Revisión general de calderas de gasóleo: t.
14. Comprobación de niveles de agua en circuitos: m.
15. Comprobación de estanquidad de circuitos de tuberías: t.
16. Comprobación de estanquidad de válvulas de interceptación: 2 t.
17. Comprobación de tarado de elementos de seguridad: m.
18. Revisión y limpieza de filtros de agua: 2 t.
19. Revisión y limpieza de filtros de aire: m.
20. Revisión de baterías de intercambio térmico: t.
21. Revisión de aparatos de humectación y enfriamiento evaporativo: m.
22. Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de calor: 2 t.
23. Revisión de unidades terminales agua-aire: 2 t.
24. Revisión de unidades terminales de distribución de aire: 2 t.
25. Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno de aire: t.
26. Revisión de equipos autónomos: 2 t.
27. Revisión de bombas y ventiladores: m.
28. Revisión del sistema de preparación de agua caliente sanitaria: m.
29. Revisión del estado del aislamiento térmico: t.
30. Revisión del sistema de control automático: 2 t.

31. Instalación de energía solar térmica: (*).
32. Comprobación del estado de almacenamiento del biocombustible sólido: S*.
33. Apertura y cierre del contenedor plegable en instalaciones de biocombustible sólido: 2t.
34. Limpieza y retirada de cenizas en instalaciones de biocombustible sólido: m.
35. Control visual de la caldera de biomasa: S*.
36. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas y conductos de humos y chimeneas en calderas de biomasa: m.
37. Revisión de los elementos de seguridad en instalaciones de biomasa: m.
38. Revisión de la red de conductos según criterio de la norma UNE 100012: t.
39. Revisión de la calidad ambiental según criterios de la norma UNE 171330: t.

S: una vez cada semana.

S: Estas operaciones podrán realizarse por el propio usuario, con el asesoramiento previo del mantenedor.*

m: una vez al mes; la primera al inicio de la temporada.

t: una vez por temporada (año).

2 t: dos veces por temporada (año); una al inicio de la misma y otra a la mitad del período de uso, siempre que haya una diferencia mínima de dos meses entre ambas.

() El mantenimiento de estas instalaciones se realizará de acuerdo con lo establecido en la Sección HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria del Código Técnico de la Edificación.*

6.2. PROGRAMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA

Tabla 3.2.- Medidas de generadores de calor y su periodicidad.			
Medidas de generadores de calor	Periodicidad		
	20kW < P ≤ 70kW	70kW < P < 1000kW	P > 1000kW
1. Temperatura o presión del fluido portador en entrada y salida del generador de calor	2a	3m	m
2. Temperatura ambiente del local o sala de máquinas	2a	3m	m
3. Temperatura de los gases de combustión	2a	3m	m
4. Contenido de CO y CO ₂ en los productos de combustión	2a	3m	m
5. Índice de opacidad de los humos en combustibles sólidos o líquidos y de contenido de partículas sólidas en combustibles sólidos	2a	3m	m
6. Tiro en la caja de humos de la caldera	2a	3m	m

m: una vez al mes; 3m: cada tres meses, la primera al inicio de la temporada; 2a: cada dos años.

7. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

7.1. AGUA CALIENTE SANITARIA

Hipótesis de partida:

- 4 turnos de utilización del pabellón al día
- 30 alumnos por turno
- 21 litros/día.persona

Demanda de ACS diaria: 2.520 L

Demanda de ACS punta: 630 L

En estas condiciones, se proyecta un depósito interacumulador con una capacidad nominal de 1000 L (el cual cubre ampliamente las puntas de demanda de ACS), con una potencia de producción de ACS de 49,4 kW y una producción de ACS continua de 1.215 L/h ($\Delta T_{\text{pri}} = 20^{\circ}\text{C}$ // $\Delta T_{\text{sec}} = 35^{\circ}\text{C}$).

7.2. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Demanda de ACS diaria: 2.520 L (sin demanda en julio y agosto)

Contribución solar mínima anual: 30%

Área de captación (A_c): 27,84 m²

Volumen acumulación: 2.500 L ($50 < 2500/30=83,3 < 180$)

Intercambiador: 20 kW ($>500 \cdot A_c$)

La justificación de la contribución solar mínima se ha realizado con el programa CHEQ4, herramienta informática validada por el IDAE para acreditación de dicho cumplimiento (se anexa el informe favorable generado por la aplicación).

7.3. CARGAS INTERNAS DE CALEFACCIÓN

A partir de los datos descritos en el apdo. 4.1.1 se ha realizado el cálculo de las cargas térmicas demandadas por cada local.

Asimismo, se ha procedido al estudio de la potencia instalada en los emisores térmicos existentes cuando funcionen con un salto térmico de 39 °C, verificando que disponen de la potencia suficiente para cubrir las demandas térmicas de cada local.

Hay diferentes tipos de emisores térmicos instalados:

- HF-2A: radiador de hierro fundido de altura 72 cm, con elementos de 2 columnas
- HF-2B: radiador de hierro fundido de altura 57 cm, con elementos de 2 columnas
- HF-4: radiador de hierro fundido de altura 57 cm, con elementos de 4 columnas
- PC: paneles de acero carenados, con alturas de 30, 50 y 60 cm

En la tabla siguiente se pueden observar las cargas internas de cada local, la potencia instalada en sus emisores, y en que circuito se distribuyen.

LOCAL	SUPERFICIE (M2)	CARGA INTERNA (W)	RATIO (W/M2)	EMISORES	ELEMENTOS	POTENCIA ELEMENTOS (W/EL-ST=40°C)	P INST (W)	CIRCUITO
0.01	44,9	2.084	46	HF-2A	41	55,2	2.263	C2c
0.02	20,6	890	43	HF-2A	25	55,2	1.380	C2c
0.03	40,0	1.907	48	HF-4	34	57,8	1.965	C2c
0.04	13,7	843	62	HF-2A	15	55,2	828	C2c
0.05	9,7	747	77	HF-4	9	57,8	520	C2c
0.06	10,2	758	74	HF-4	9	57,8	520	C2c
0.07	14,0	813	58	HF-2B	18	44,2	796	C2c
0.08	10,6	741	70	HF-4	12	57,8	694	C2c
0.09	208,0	6.237	30	HF-2B	10	44,2	442	C2c
				HF-4	18	57,8	1.040	C2c
				HF-4	23	57,8	1.329	C2b
0.10	43,9	1.997	45	HF-4	34	57,8	1.965	C2a
0.11	10,8	171	16	HF-4	18	57,8	1.040	C2b
0.12	15,1	240	16	HF-4	18	57,8	1.040	C2b
0.13	30,2	798	26	HF-4	15	57,8	867	C2a
0.14	29,9	817	27	HF-4	15	57,8	867	C2a
0.15	29,9	817	27	HF-4	15	57,8	867	C2a
0.16	29,9	817	27	HF-4	15	57,8	867	C2a
0.17	21,3	681	32	HF-4	15	57,8	867	C2a
0.18	20,3	685	34	HF-4	18	57,8	1.040	C2b
0.19	122,8	5.777	47	HF-4	108	57,8	6.242	C2a
0.20	78,7	2.476	31	PC-500	2,1	580,0	1.218	C1
0.21	9,3	421	45	PC-600	0,6	679,0	407	C1
0.22	5,4	135	25	PC-300	0,5	373,0	187	C1
0.23	5,4	135	25	PC-300	0,5	373,0	187	C1
0.24	5,8	201	35	PC-300	0,5	373,0	187	C1
1.01	20,7	393	19	HF-2B	23	44,2	1.017	C2c
1.02	44,9	1.366	30	HF-4	35	57,8	2.023	C2c
1.03	47,0	1.271	27	HF-4	35	57,8	2.023	C2c
1.04	47,0	1.271	27	HF-4	35	57,8	2.023	C2c
1.05	69,4	3.766	54	HF-2B	51	44,2	2.254	C2c
				HF-4	29	57,8	1.676	C2c
1.06	58,3	1.847	32	HF-4	30	57,8	1.734	C2c
				HF-4	15	57,8	867	C2a
1.07	19,7	506	26	HF-2A	15	55,2	828	C2a
1.08	60,0	1.225	20	HF-4	30	57,8	1.734	C2b
1.09	46,0	1.206	26	HF-4	35	57,8	2.023	C2a
1.10	45,3	1.259	28	HF-4	35	57,8	2.023	C2a
1.11	45,3	1.259	28	HF-4	35	57,8	2.023	C2a
1.12	23,7	596	25	HF-2A	18	55,2	994	C2b
1.13	78,4	1.601	20	HF-2B	87	44,2	3.845	C2b
1.14	65,6	1.360	21	HF-4	48	57,8	2.774	C2b
1.15	18,8	313	17	HF-2A	16	55,2	883	C2b
1.16	21,0	457	22	HF-2A	16	55,2	883	C2b
1.17	87,6	2.228	25	HF-4	44	57,8	2.543	C2b
1.18	69,0	957	14	PC-500	2,1	580,0	1.218	C1
1.19	116,6	2.450	21	PC-500	8,4	580,0	4.872	C1
1.20	19,1	369	19	PC-600	1,2	679,0	815	C1
1.21	56,7	1.296	23	PC-500	4,2	580,0	2.436	C1
2.01	20,7	532	26	HF-2A	23	55,2	1.270	C2c
2.02	44,9	1.668	37	HF-4	35	57,8	2.023	C2c
2.03	47,0	1.587	34	HF-4	35	57,8	2.023	C2c
2.04	47,0	1.587	34	HF-4	35	57,8	2.023	C2c
2.05	69,4	4.233	61	HF-2A	51	55,2	2.815	C2c
				HF-4	29	57,8	1.676	C2c
2.06	58,3	1.596	27	HF-4	35	57,8	2.023	C2a
2.07	19,7	701	36	HF-4	15	57,8	867	C2c
2.08	33,3	860	26	HF-4	24	57,8	1.387	C2b
2.09	45,2	1.093	24	HF-4	30	57,8	1.734	C2b
2.10	45,7	1.516	33	HF-4	35	57,8	2.023	C2a
2.11	45,3	1.569	35	HF-4	35	57,8	2.023	C2a
2.12	23,2	790	34	HF-4	18	57,8	1.040	C2a
2.13	11,8	707	60	HF-4	17	57,8	983	C2a
2.14	99,5	2.270	23	HF-2A	95	55,2	5.244	C2b
2.15	37,7	838	22	HF-4	24	57,8	1.387	C2b
2.16	49,3	1.379	28	HF-4	22	57,8	1.272	C2b
2.17	43,8	1.214	28	HF-4	22	57,8	1.272	C2b
2.18	58,0	2.709	47	HF-4	44	57,8	2.543	C2b
2.19	23,7	755	32	HF-2A	18	55,2	994	C2b
2.20	57,1	1.543	27	PC-500	4,2	580,0	2.436	C1
2.21	59,0	1.686	29	PC-500	4,2	580,0	2.436	C1
2.22	60,7	1.425	23	PC-500	4,2	580,0	2.436	C1
2.23	61,5	1.666	27	PC-500	4,2	580,0	2.436	C1
2.24	19,1	391	20	PC-600	1,2	679,0	815	C1
PABELLON	1.000,0	20.000	20	-	-	(estimada)	25.000	C3
	3.971	112.499	28				145.319	

7.4. DESGLOSE DE POTENCIAS TÉRMICAS

Carga interna de calefacción:	112.499 W
Potencia térmica instalada en emisores ($\Delta 39^{\circ}\text{C}$):	145.319 W
Potencia generación A.C.S.:	49.400 W
Demanda térmica total:	194.719 W
Potencia equipos generadores:	270.000 W

Realizando el desglose por circuitos:

ID	CIRCUITO	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA INSTALADA
C1	Ampliación	15.151	22.085
C2a	Fachada NO	22.112	28.399
C2b	Fachada SE	19.994	33.940
C2c	Ala SO	35.242	35.895
C3	Pabellón	20.000	25.000
C4	ACS	49.400	49.400
		161.899	194.719

(1) La potencia demandada/instalada en el Pabellón es una estimación

7.5. RED DE TUBERÍAS Y PÉRDIDAS DE CARGA

Los diámetros de las tuberías de los circuitos de calefacción se ajustan a los ya existentes (a excepción de “Fachada SE” y “Pabellón” que se reducen para que las velocidades en tubería no sean inferiores a 0,5 m/s), mientras que sus pérdidas de carga (imposibles de calcular para los circuitos existentes ya que no se dispone de su trazado) se toman como la altura manométrica máxima de los equipos de bombeo existentes.

CIRCUITOS EXISTENTES				
CIRCUITO	SUBCIRCUITO	Ø	BOMBA EXISTENTE	ALTURA MÁXIMA BOMBA (m.c.a.)
1 Ampliación	---	1 ¼"	DAB BPH 60/340.65M	6,75
2 Edificio Ppal	Fachada NO	1 ½"	ROCA MC.1230	6,50
	Fachada SE	2"		6,50
	Ala SO	1 ½"		6,50
3 Pabellón	---	2"	ROCA MC.1230	7,00

CIRCUITOS REFORMADOS		
CIRCUITO	Ø	PÉRIDA DE CARGA MÁXIMA ESTIMADA (m.c.a.)
1 Ampliación	1 ¼"	6,75
2a Fachada NO	1 ½"	6,50
2b Fachada SE	1 ½"	6,50
2c Ala SO	1 ½"	6,50
3 Pabellón	1 ½"	7,00

Para los circuitos de ACS:

- Primario ACS: según ficha del fabricante del depósito interacumulador de 1000 L, el caudal necesario para la potencia estimada de este equipo es de 2.126 l/h
- Distribución ACS: caudal simultáneo = 11 duchas * 0,10 l/s.ducha = 1,1 l/s = 3.960 l/h
- Recirculación: 10% del caudal simultáneo = 396 l/h

Para los circuitos de Solar:

- Primario Solar: según programa del fabricante de los paneles, el caudal necesario en el primario de energía solar para el campo solar instalado es de 1.988 l/h
- Secundario Solar: según la ficha técnica del fabricante del intercambiador proyectado, para una potencia de 20 kW y un $\Delta T=35\text{ }^{\circ}\text{C}$, el caudal estimado es de 1.160 l/h

CIRCUITO	CAUDAL (l/h)	V (m/s)	DN	DNint (mm)	Vreal (m/s)	J (m.c.a./m)	L (m)	Leq (m)	J (m.c.a.)
Primario ACS	2.126	1,00	AC-1"	27,30	1,01	0,061	10,00	12,00	0,734
Distribución ACS	3.960	1,50	PPR-Ø50	36,20	1,07	0,053	120,00	144,00	7,574
Recirculación ACS	396	0,50	PPR-Ø25	18,00	0,43	0,017	120,00	144,00	2,515
Primario Solar	1.988	1,00	CU-26/28	26,00	1,04	0,071	25,00	30,00	2,144
Primario Solar	994	1,00	CU-18/20	18,00	1,09	0,112	10,00	12,00	1,348
Secundario Solar	1.160	1,00	PPR-Ø32	23,20	0,76	0,044	10,00	12,00	0,527

7.6. EQUIPOS DE BOMBEO

ID	CIRCUITO	caudal (m3/h)	pérdida de carga (m.c.a.)	bombas
B1	Ampliación	1,90	6,75	Wilo Stratos DN32/1-10
B2	Fachada NO	2,44	6,50	Wilo Stratos DN40/1-10
B3	Fachada SE	2,92	6,50	Wilo Stratos DN40/1-10
B4	Ala SO	3,09	6,50	Wilo Stratos DN40/1-10
B5	Pabellón	2,15	7,00	Wilo Stratos DN40/1-10
B6	Primario ACS	2,12	2,00	Wilo Stratos-Z DN25/1-8
B7	Recirculación ACS	0,40	6,00	Wilo TOP-Z 25/6
B8	Secundario solar	1,16	2,00	Wilo Stratos-Z DN30/1-8
B9	Primario solar	1,99	5,00	Wilo Yonos Pico-STG 30/1-7,5

7.7. VASOS DE EXPANSIÓN

Calefacción: actualmente está funcionando con un vaso de expansión de 280 L; se proyecta la instalación de un nuevo vaso de expansión de membrana 300 L

ACS (Volumen de agua: 3.533 L // T° de trabajo máxima: 90 °C // Presión válvula de seguridad: 8 bar): se proyecta un vaso de expansión de membrana de 150 L

Solar (Volumen de agua: 63 L // T° de trabajo máxima: 110 °C // Presión válvula de seguridad: 8 bar): se proyecta un vaso de expansión de membrana de 8 L