



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior (Jaén)

Trabajo Fin de Máster

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO SINGULAR, CENTRO RESIDENCIAL DE MAYORES

Alumno/a: MESA BUENDÍA, DANIEL

Tutor/a: Prof. D. Nabih Khanafer Bassan

Dpto.: Ingeniería Mecánica y Minera
Área de Máquinas y Motores Térmicos

Septiembre, 2018



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera

Don NABIH KHANAFER BASSAN, tutor del Trabajo Final de Máster titulado: AUDITORÍA ENERGÉTICA UN EDIFICIO SINGULAR, CENTRO RESIDENCIAL DE MAYORES, que presenta DANIEL MESA BUENDÍA, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, SEPTIEMBRE de 2018

El alumno:

El tutor:

DANIEL MESA BUENDÍA

NABIH KHANAFER BASSAN

Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	10
1.1.	La energía y la empresa	10
1.2.	Tipos de estudios energéticos	11
2.	ANTECEDENTES	12
2.1.	Marco legal	12
2.2.	Revisión a normas	13
3.	OBJETIVOS Y ALCANCE	14
4.	METODOLOGÍA UTILIZADA.....	16
4.1.	Etapas en la realización de la auditoría.....	16
5.	ESPECIFICACIONES DE LA RESIDENCIA	19
6.	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	21
7.	SUMINISTROS	25
7.1.	Descripción	25
7.1.1.	Centro de Transformación.....	25
7.1.2.	Distribución a baja tensión	26
7.1.2.1.	Cuadro General de Baja Tensión	26
7.1.2.2.	Cuadros secundarios.....	26
7.1.2.3.	Batería de condensadores	27
7.2.	Facturación eléctrica.....	27
7.2.1.	Comparativa tarifas de acceso	29
7.2.2.	Término de energía.....	32
7.2.3.	Término de potencia.....	33
7.2.4.	Analizador de redes	33
7.3.	Facturación gas propano	36
7.4.	Facturación gasóleo C.....	37
7.5.	Agua.....	38
8.	EVALUACIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES	39
8.1.	Iluminación	39
8.2.	Climatización y ACS.....	44
8.2.1.	Producción de calor	44
8.2.2.	Producción de frío	44
8.2.3.	Bombeo y distribución de climatización y ACS	47

8.2.4.	Unidades terminales del sistema de climatización centralizado	49
8.2.5.	Sistemas de control.....	53
8.3.	Instalaciones híbridas	55
8.3.1.	Puntos de consumo	55
8.3.2.	Agua Caliente Sanitaria (ACS).....	57
8.4.	Cerramientos	58
8.5.	Lavandería.....	62
8.6.	Cocina.....	64
8.7.	Habitaciones.....	67
8.8.	Otros consumos	68
8.8.1.	Ascensores.....	68
8.8.2.	Office	69
8.8.3.	Despachos.....	70
8.8.4.	Instalación de Protección Contra Incendios.....	70
8.8.5.	Otros consumidores.....	72
9.	DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	73
9.1.	Descripción del programa	74
9.2.	Introducción de datos.....	75
9.2.1.	Datos administrativos	75
9.2.2.	Datos generales	76
9.2.3.	Envolvente térmica.....	77
9.2.4.	Instalaciones	84
9.2.4.1.	Equipo de ACS.....	84
9.2.4.2.	Equipo de sólo calefacción	85
9.2.4.3.	Equipo de sólo refrigeración	85
9.2.4.4.	Otros sistemas.....	86
10.	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	91
11.	CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)	92
12.	PROPUESTAS DE MEJORA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO. CONTRIBUCIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA	96
12.1.	Calificación energética.....	98
12.2.	Presupuesto instalación solar térmica.....	100
12.3.	Estudio económico	100
13.	PROPUESTAS DE MEJORA.- ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE.....	102
13.1.	Aislamiento de cubierta.....	102
13.1.1.	Presupuesto ejecución	103
13.2.	Aislamiento fachada.....	104



13.2.1.	Presupuesto ejecución	105
13.3.	Mejora en los huecos	106
13.3.1.	Presupuesto ejecución	106
13.4.	Calificación energética.....	107
13.5.	Estudio económico	111
14.	PROPUESTAS DE MEJORA.- ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES	113
14.1.	Descripción del sistema.....	115
14.2.	Calificación energética.....	120
14.3.	Presupuesto instalación de biomasa.....	122
14.4.	Estudio económico	124
15.	INFORME DIAGNÓSTICO.....	125
15.1.	Orden de mejoras en cuanto al ahorro de energía final	126
15.2.	Orden de mejoras en cuanto al ahorro de energía primaria.....	127
15.3.	Orden de mejoras en cuanto a la reducción de emisiones de CO ₂	128
15.4.	Orden de mejoras en cuanto al ahorro económico anual	129
16.	CONCLUSIONES.....	130
17.	REFERENCIAS	132

Índice de tablas

Tabla 7-1: Características centro de transformación.....	25
Tabla 7-2: Periodo tarifario 3.1. A.....	29
Tabla 7-3: Periodo tarifario 6.1.....	30
Tabla 7-4: Potencia contratada según tarifa horaria.....	31
Tabla 7-5: Consumo diario gas propano.	36
Tabla 8-1: Reparto porcentual en base a la potencia de iluminación	39
Tabla 8-2: Características de las calderas de climatización	44
Tabla 8-3: Características de las enfriadoras.	46
Tabla 8-4: Equipos de bombeo.	49
Tabla 8-5: Características técnicas del fan-coil ubicado en el despacho del médico.....	50
Tabla 8-6: Características técnicas del fan-coil ubicado en el gimnasio de rehabilitación.....	51
Tabla 8-7: Características técnicas de las centrales compactas.	52
Tabla 8-8: Características técnicas de las unidades climatizadoras de estar y comedor.	52
Tabla 8-9: Características técnicas de los equipos de lavandería.	62
Tabla 8-10: Características técnicas de los equipos de cocina.	64
Tabla 8-11: Características técnicas de las cámaras de conservación de cocina.....	65
Tabla 8-12: Características técnicas de las mesas refrigeradas de cocina.....	65
Tabla 8-13: Características técnicas de los equipos de cocina a gas propano.	66
Tabla 8-14: Distribución de las habitaciones.	67
Tabla 8-15: Características técnicas de los ascensores.	69
Tabla 8-16: Características técnicas de los equipos situados en el office.	69
Tabla 9-1: Parámetros característicos de la envolvente.....	77
Tabla 9-2: Parámetros característicos muro exterior.....	79
Tabla 9-3: Parámetros patrón de sombras	80
Tabla 9-4: Parámetros característicos de la solería.....	81
Tabla 9-5: Parámetros característicos de la cristalería exterior.	82
Tabla 9-6: Características técnicas de las calderas de calefacción.	84
Tabla 9-7: Características técnicas de las enfriadoras.	86
Tabla 11-1: Tabla de transmitancias térmicas máximas y permeabilidad HE1	93
Tabla 11-2: Cumplimiento limitación DB-HE1	93
Tabla 11-3: Contribución solar mínima para ACS	95
Tabla 12-1: Características técnicas captadores solares.....	97

Tabla 12-2: Comparativa indicadores mejora instalación solar térmica	99
Tabla 13-1: Conductividad térmica aislantes de cubierta	103
Tabla 13-2: Presupuesto unitario inyección de espuma de poliuretano	103
Tabla 13-3: Presupuesto unitario insuflado de lana mineral.....	104
Tabla 13-4: Presupuesto unitario SATE fachada	105
Tabla 13-5: Parámetros característicos de la cristalería exterior propuesta.....	106
Tabla 13-6: Presupuesto unitario carpintería	106
Tabla 13-7: Presupuesto unitario vidrio	107
Tabla 13-8: Calificación energética mejora cerramientos	107
Tabla 13-9: Comparativa indicadores mejoras aislamiento del cerramiento	110
Tabla 13-10: Comparativa consumo energía final calefacción y refrigeración	111
Tabla 13-11: Estudio económico mejoras cerramiento	112
Tabla 14-1: Características de los pellets, DIN y ORNORMS 7135	116
Tabla 14-2: Características técnicas caldera de biomasa.....	116
Tabla 14-3: Calificación energética mejora instalación de calefacción con biomasa	120
Tabla 14-4: Comparativa indicadores mejora instalación caldera biomasa para calefacción	121
Tabla 14-5: Presupuesto sistema de calefacción con caldera de biomasa.....	123
Tabla 14-6: Estudio económico mejora calefacción con caldera de biomasa.....	124
Tabla 15-1: Valores económicos, energéticos e inversiones de las propuestas de mejora	125

Índice de figuras

Fig. 4-1: Fases auditoría energética	17
Fig. 5-1: Centro Residencia de Mayores “EntreÁlamos”	19
Fig. 5-2: Vista panorámica de la Residencia de Mayores.....	21
Fig. 7-1: Interruptor general y armario	26
Fig. 7-2: Batería de condensadores.....	27
Fig. 7-3: Consumo eléctrico mensual procedente de las facturas aportadas por el cliente	27
Fig. 7-4: Coste unitario medio de la energía eléctrica	31
Fig. 7-5: Coste de energía eléctrica por periodos.....	32
Fig. 7-6: Potencia máxima demandada por periodo frente a potencia contratada.....	33
Fig. 7-7: Analizador de redes.....	34
Fig. 7-8: Consumo de gasóleo mensual procedente de las facturas aportadas por el cliente	37
Fig. 8-1: Luminarias con lámparas de fluorescencia	40
Fig. 8-2: Luminarias en pasillos	41
Fig. 8-3: Detectores de presencia.....	41



Fig. 8-4: Luminarias halógenas dicroicas	42
Fig. 8-5: Proyector de capilla.....	42
Fig. 8-6: Luminarias fluorescentes en habitaciones.....	43
Fig. 8-7: Iluminación exterior	43
Fig. 8-8: Caldera gasóleo y quemador	44
Fig. 8-9: Sistema de control de las calderas	45
Fig. 8-10: Enfriadoras.....	46
Fig. 8-11: Bombas de impulsión del circuito de calefacción	47
Fig. 8-12: Depósito de acumulación de ACS.....	48
Fig. 8-13: Fan-coil de techo	50
Fig. 8-14: Módulo de control.....	53
Fig. 8-15: Inodoros y urinarios	55
Fig. 8-16: Grifería dotada de perlizadores.....	56
Fig. 8-17: Ducha geriátrica	56
Fig. 8-18: Depósito acumuladores y termostatos de control de temperatura.....	57
Fig. 8-19: Orientación del edificio	58
Fig. 8-20: Cubierta de la residencia.....	60
Fig. 8-21: Cerramientos translúcidos	61
Fig. 8-22: Equipos de lavandería.....	63
Fig. 8-23: Equipos de cocina eléctricos	64
Fig. 8-24: Mesas refrigeradas	65
Fig. 8-25: Equipos de cocina a gas propano	66
Fig. 8-26: Interiores de las habitaciones	67
Fig. 8-27: Ascensores.....	68
Fig. 8-28: Aparatos eléctricos situados en el office.....	69
Fig. 8-29: Equipos en despachos	70
Fig. 8-30: Bombas de achique	72
Fig. 8-31: Máquina vending.....	72
Fig. 8-32: Estufa eléctrica.....	72
Fig. 9-1: Descripción funcionamiento CE3X.....	74
Fig. 9-2: Datos administrativos en CE3X	75
Fig. 9-3: Datos generales en CE3X.....	76
Fig. 9-4: Panel de cubierta en contacto con el aire	77
Fig. 9-5: Panel de muros de fachada.....	78
Fig. 9-6: Parámetros patrón de sombras.....	79
Fig. 9-7: Acimut y elevación sombras.....	80

Fig. 9-8: Suelo en CE3X	81
Fig. 9-9: Huecos en CE3X.....	82
Fig. 9-10: Panel de puentes térmicos en CE3X.....	83
Fig. 9-11: Caldera de ACS en CE3X.....	84
Fig. 9-12: Caldera de calefacción en CE3X	85
Fig. 9-13: Centrales de producción de frío en CE3X.....	86
Fig. 9-14: Características de los locales.....	87
Fig. 9-15: Equipos de iluminación en CE3X.....	88
Fig. 9-16: Equipo de bombeo calefacción.....	90
Fig. 10-1: Calificación energética de la residencia de mayores.....	91
Fig. 12-1: Esquema instalación solar y caldera de apoyo para suministro de ACS.....	96
Fig. 12-2: Distribución aporte energético solar anual para ACS	98
Fig. 12-3: Calificación energética mejora solar térmica.....	98
Fig. 12-4: Calificación energética global indicadores mejora solar térmica.....	99
Fig. 12-5: Presupuesto instalación solar térmica.....	100
Fig. 12-6: Datos económicos INE Julio 2018	100
Fig. 12-7: Comparativa consumo energía final ACS.....	101
Fig. 12-8: Estudio económico mejora instalación solar térmica.....	101
Fig. 13-1: Sistema SATE	105
Fig. 13-2: Calificación energética global indicadores mejora cerramientos.....	110
Fig. 13-3: Datos económicos INE Julio 2018	111
Fig. 14-1: Esquema de funcionamiento caldera de biomasa con caldera convencional	114
Fig. 14-2: Esquema sistema central de evacuación de cenizas mediante sinfín.....	117
Fig. 14-3: Alimentación mediante un agitador horizontal y sistema de transporte.....	118
Fig. 14-4: Configuración equipo BioFire como sistema de calefacción.....	119
Fig. 14-5: Calefacción energética global indicadores mejora caldera biomasa	121
Fig. 14-6: Datos económicos INE Julio 2018	124
Fig. 15-1: Relación energía final - inversión.....	127
Fig. 15-2: Relación energía primaria - inversión	128
Fig. 15-3: Relación emisiones de CO ₂ - inversión.....	129
Fig. 15-4: Relación ahorro económico - inversión.....	130

1. INTRODUCCIÓN

La energía es esencial en el desarrollo de cualquier actividad, es necesaria tanto en los principales procesos industriales como en la más pequeña actividad auxiliar, participando directamente en los costes de producción.

Esa relación directa con los costes implica que sea tan necesario profundizar en su conocimiento y control. Se debe trabajar para optimizar el uso y coste de la energía empleada en los procesos y gestionar de una forma activa las necesidades de energía.

La gestión de la energía ha de enfocarse hacia el objetivo sistemático de la mejora de la eficiencia energética.

Esta **eficiencia energética**, se puede definir como la relación entre la cantidad de energía requerida en las actividades de una empresa, sus equipos, sus sistemas, sus productos, sus servicios y la cantidad de energía real usada.

“La energía es un recurso limitado que ha de ser utilizado de una forma racional, al menor coste posible y con bajo impacto medioambiental”.

1.1. LA ENERGÍA Y LA EMPRESA

Una empresa al gestionar correctamente su energía persigue tres objetivos:

- Reducir el consumo de energía.
- Ahorrar en costes energéticos.
- Disminuir las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI).

El objetivo último de la gestión de la energía en las empresas es alcanzar mayor productividad, mayor calidad en la producción, para lograr mejorar la competitividad.

El conocimiento de cómo la empresa contrata su energía, cómo la consume en sus procesos, cuánto repercute en sus costes y las posibles mejoras para reducir el coste energético, es el origen del desarrollo de los estudios energéticos.

Estos estudios permiten a la empresa radiografiar su situación energética y detectar las operaciones dentro de los procesos que pueden contribuir al ahorro y la eficiencia de la energía primaria consumida, así como optimizar la demanda energética de las instalaciones.

Las ventajas que ofrecen los estudios energéticos a las empresas, se pueden resumir como:

- Conocimiento del gasto energético e inicio de su control.
- Información sobre posibles medidas, que permitan reducir los costes energéticos. Algunas de estas medidas son de fácil aplicación.
- Implantación de medidas diagnosticadas, permitiendo la reducción de los costes energéticos, con una mejora de la eficiencia energética y competitividad.
- Minimización del impacto ambiental, por la disminución de gases de efecto invernadero, consecuencia de la reducción o diversificación de los consumos energéticos.

1.2. TIPOS DE ESTUDIOS ENERGÉTICOS

Dependiendo del grado de alcance o del sector, estos estudios pueden realizarse de forma diferente, y con distinto grado de implicación:

- i. **Pre-diagnóstico energético**, primer contacto con la organización para evaluar la viabilidad de realizar un estudio energético más amplio.
- ii. **Diagnóstico energético**, se realiza un estudio de los contenidos que son viables de mejora, sin entrar en un estudio exhaustivo de los consumos energéticos de toda la empresa.
- iii. **E4, modelo tipificado por el IDAE** (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). El IDAE establece con su modelo una guía de cuál debe ser el alcance mínimo de una auditoría energética.
- iv. **Auditoría energética** según UNE-EN 16247:2014. Auditorías Energéticas. Esta norma (compuesta por cinco partes) establece los requisitos que debe tener una auditoría energética para que, realizada en distintos tipos de organización, pueda ser comparable. Describe los puntos clave donde se puede influir para la mejora de la eficiencia energética y evitar las emisiones de gases de efecto invernadero.

2. ANTECEDENTES

El ahorro de energía, su consumo responsable y el uso eficiente de las fuentes energéticas son esenciales. En España, la importancia de las acciones de ahorro y eficiencia energética se manifiesta en la necesidad de reducir la factura energética, disminuir la dependencia energética del exterior y reducir la emisión de gases de efecto invernadero con el objetivo de cumplir los compromisos adquiridos con la ratificación del protocolo de Kyoto.

2.1. MARCO LEGAL

Las normativas, planes de fomento y estrategias más relevantes relativas al ahorro energético son:

- **Ley 24/2013, de 26 de diciembre**, del Sector Eléctrico. La presente Ley tiene como finalidad básica establecer la regulación del sector eléctrico garantizando el suministro eléctrico con los niveles necesarios de calidad y al mínimo coste posible, asegurar la sostenibilidad económica y financiera del sistema y permitir un nivel de competencia efectiva en el sector eléctrico, todo ello dentro de los principios de protección medioambiental de una sociedad moderna.
- **RD 314/2006, de 17 de marzo**, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE). Este Real Decreto establece el marco normativo que fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, que permiten el cumplimiento de los requisitos básicos de la edificación establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente.
- **RD 235/2013, de 5 de abril**, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. Establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética que deberá incluir información objetiva sobre la eficiencia energética de un edificio y valores de referencia tales como requisitos mínimos de eficiencia energética.

- **RD 238/2013, de 5 de abril.** En él se modifica el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Constituye el marco normativo básico en el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas (aparatos de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria) en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas.
- **Plan de Energías Renovables 2011- 2020.** Constituye la principal referencia del sector de las energías renovables en España. Establece que el 20,8% del consumo de energía primaria para el año 2020 sea abastecido por energías renovables.
- **Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011- 2020.** Establece como objetivo el 20,1% de ahorro de energía primaria en 2020 y un 15,8% de energía final en el mismo año.
- **Decreto 2/2013, de 15 de enero.** Se aprueba el Reglamento de Fomento de las Energías Renovables, el Ahorro y la Eficiencia Energética en Andalucía.

2.2. REMISIÓN A NORMAS

Las reglamentaciones oficiales pueden establecer la aplicación obligatoria, voluntaria, o como simple referencia a normas UNE u otras reconocidas internacionalmente, de manera total o parcial, a fin de facilitar su adaptación al estado de la técnica en cada momento.

El creciente número de proyectos, destinados a la materialización de su objeto, o a su autorización o registro administrativo, lleva cada vez más a la necesidad de establecer una garantía. Por tanto, para la elaboración del presente proyecto se han tenido en cuenta los contenidos especificados en las siguientes normas:

- UNE-EN ISO 50001:2011.- Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso.
- UNE-EN 16247-1:2012.- Auditorías energéticas. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 16247-2:2014.- Auditorías energéticas. Parte 2: Edificios.

3. OBJETIVOS Y ALCANCE

La energía es un tema que preocupa cada días más, ya que los problemas y restricciones en cuanto a explotación, comercialización y uso de los recursos existentes hace que adquiera una importancia social y económica muy elevada.

Con este motivo se ha realizado el Estudio Energético a un edificio del sector terciario, concretamente a la Residencia de Mayores “EntreÁlamos” de la localidad de Atarfe (Granada) con el objetivo de conocer el estado actual de las instalaciones y la realización de propuestas de mejora que conlleven un ahorro energético.

Mediante la realización de la auditoría energética se pretende conseguir los siguientes objetivos:

- Describir el centro y sus condiciones normales de funcionamiento.
- Dar a conocer los consumos energéticos actuales así como la descripción e inventariado de las principales instalaciones consumidoras de energía.
- Hallar la distribución de los distintos consumos energéticos según sistema o tecnología.
- Determinar los hábitos de uso de la energía en la Residencia de Mayores.
- Detectar las ineficiencias en el uso de los equipos consumidores de energía.
- Proponer las medidas más aconsejables para mejorar el uso de la energía.
- Analizar la posibilidad de integrar instalaciones de energías renovables o alternativas en las instalaciones.

El alcance de la auditoría contempla las siguientes actuaciones:

- El análisis de los suministros energéticos, tales como electricidad, gas natural y otros combustibles. Incluyendo en él, análisis de contratación de dichos suministros.
- Análisis del sistema productivo de todos los subprocesos, sistemas y equipos que participen en el proceso de producción.

- Análisis de tecnologías horizontales, es decir, aquellas instalaciones que no pertenecen al proceso productivo pero que resultan imprescindibles para su desarrollo:
 - Iluminación
 - Climatización
 - Agua Caliente Sanitaria (ACS)
 - Equipos ofimáticos
 - Sistemas de transporte

Se puede concluir que las auditorías energéticas son una herramienta que permite a la empresa conocer y evaluar su posición respecto a la utilización de la energía.

4. METODOLOGÍA UTILIZADA

Según la Norma *UNE-EN 16247-1:2012.- Auditorías energéticas*, podemos definir la auditoría energética como un proceso sistemático, independiente y documentado para la obtención de evidencias y su evaluación objetiva, con el objeto de:

- a) Obtener un conocimiento fiable del consumo energético y su coste asociado.
- b) Identificar y caracterizar los factores que afectan al consumo de energía.
- c) Detectar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro, mejora de la eficiencia y diversificación de energía y su repercusión en costes energéticos y de mantenimiento, así como otros beneficios y costes asociados.

Por tanto, la auditoría debe contribuir a establecer, fijar y controlar diferentes objetivos; de forma sistemática con el fin de conseguir la optimización de los recursos y técnicas energéticas.

4.1. ETAPAS EN LA REALIZACIÓN DE LA AUDITORÍA

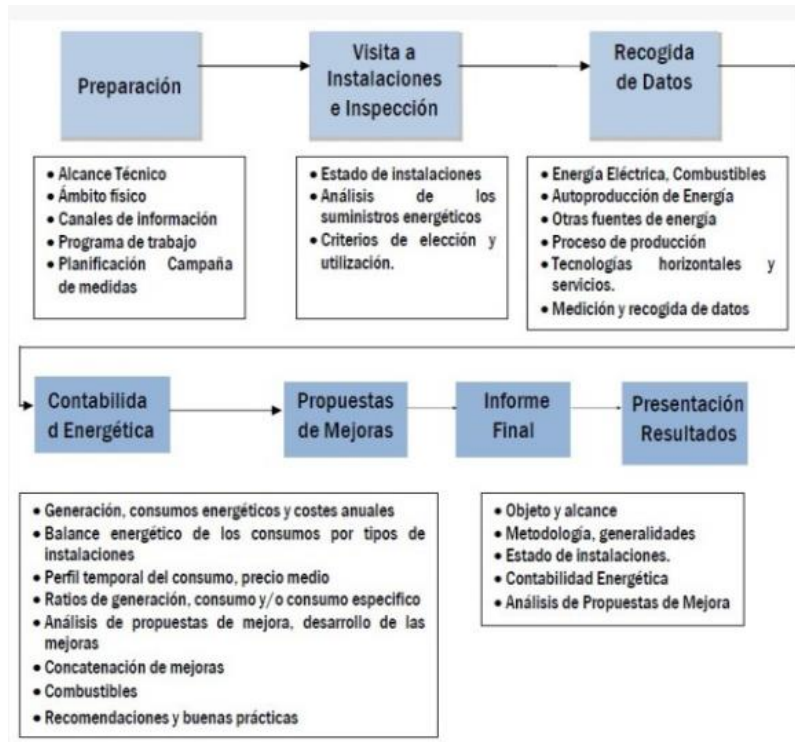
El primer paso de un estudio energético es que la empresa auditada proporcione la información necesaria, para poder conocer sus instalaciones, sistema productivo y realizar una buena preparación y organización del trabajo. Un listado aproximado de petición de información hace referencia a:

- Facturación de energía eléctrica, combustibles y agua.
- Planos de los edificios que constituyen las instalaciones.
- Listado de la maquinaria instalada.

El segundo paso es la visita a las instalaciones y la recopilación de toda la información y datos necesarios para el estudio mediante la toma de datos y mediciones puntuales durante periodos representativos. En particular se debe obtener información suficiente para elaborar un informe básico fundamentado sobre datos reales de los siguientes apartados:

- Características constructivas.
- Tecnologías horizontales: principales equipos consumidores de energía y sus características técnicas.

- Horarios de trabajo y de uso de los equipos, el modo de operación, el mantenimiento y limpieza que realizan, los tiempos y frecuencias de funcionamiento de los principales equipos consumidores, los horarios de ocupación de las instalaciones, etc.



En el tercer paso se realizan los análisis energéticos, los cuales, proporcionan información de la situación actual del edificio, en la que se pueden identificar deficiencias y áreas de oportunidad que ofrecen un potencial de ahorro tanto por mejora de su uso como por el cambio de las instalaciones.

Fig. 4-1: Fases auditoría energética

En el cuarto paso se proponen las mejoras y actuaciones más adecuadas que puedan llevarse a cabo en las instalaciones para mejorar la eficiencia energética. En función del alcance que se pretenda del estudio energético se valorarán en mayor o menor proporción parámetros como la inversión, el periodo de amortización o las posibles subvenciones aplicables en cada caso.

El proceso se termina con la emisión de un informe de auditoría que será fiel reflejo de todas las consideraciones anteriormente apuntadas. En él se deben plasmar los siguientes conceptos:

- Suministros energéticos: distribución de los consumos de energía eléctrica, gas y otros combustibles, descripción de la instalación eléctrica y la instalación de gas, análisis de los valores registrados en la toma de medidas, estudio de viabilidad de la incorporación de energías renovables.

- Contabilidad energética.
- Estado actual de las instalaciones (antecedentes): el estado actual de las tecnologías horizontales, sistemas y equipos.
- Acciones de mejora y estimaciones de ahorro: descripción de las mejoras a implantar y ahorros energéticos.
- Resumen de las propuestas de mejora.
- Plan de implantación de las mejoras energéticas.

5. ESPECIFICACIONES DE LA RESIDENCIA



Fig. 5-1: Centro Residencial de Mayores “EntreÁlamos”

Datos generales de la residencia auditada

Centro Residencial de Mayores “EntreÁlamos”

Dirección: Camino de Caparacena s/n, (junto al embalse de Cubillas), Atarfe (Granada)

Web : <http://www.entrealamos.com>



Descripción de la actividad:

EntreÁlamos es un centro residencial acreditado, privado-concertado de atención integral a personas mayores, con amplia experiencia en el sector geriátrico. Su principal objetivo es ofrecer una alta calidad de vida a sus residentes fomentando la autonomía, el bienestar, el desarrollo personal y la convivencia entre ellos.

Está ubicado en el paraje natural del Embalse de Cubillas, en un entorno de valor medioambiental, sobre una parcela de 40.000 m^2 , con 15.000 m^2 edificadas y el resto lo componen amplias zonas ajardinadas.

Datos de contacto del técnico auditor**Descripción**

El presente proyecto se realiza por encargo de la Escuela Politécnica Superior de Jaén como Trabajo Final de Máster. Con ello se pretende, desde el punto de vista académico, que el alumno y autor de este documento, *Daniel Mesa Buendía*, obtenga el título de Ingeniero Industrial.

Por la razón expuesta, este documento carece de validez oficial; no obstante, el diseño, los cálculos y los estudios que en él se reflejan se ajustan a los marcos legales.

Régimen de la actividad**Número de empleados**

El equipo humano de EntreÁlamos está formado por la dirección, departamento médico, enfermería, auxiliares de geriatría, fisioterapeutas, trabajo social, animadores sociales, psicología, departamento de calidad, cocina, limpieza, peluquería, administración, recepción, personal de mantenimiento y capellán.

El número total de empleados oscila entre las 45-55 personas (dependiendo de la época del año y demanda).

Horario de funcionamiento

Se proporciona atención sociosanitaria integral 24 horas al día, todos los días del año.

Capacidad

El edificio dispone de 104 habitaciones dobles más los servicios que se acaban de detallar.

6. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

La Residencia de Mayores objeto de estudio se ubica en el paraje natural del Embalse de Cubillas, con una superficie construida de 15.000 m^2 según referencial catastral. Se trata de un edificio totalmente exento, desarrollado en un total de dos plantas y semisótano.

Está constituido por un núcleo central, del que parten cuatro alas formando 45° con los ejes principales de la edificación central.



Fig. 5-2: Vista panorámica de la Residencia de Mayores

Posee dos plantas sobre rasante en el núcleo central y tres en las alas, debido a las condiciones de topografía del terreno. Las dos plantas sobre rasante se aprovechan fundamentalmente para las distintas habitaciones, que se sitúan en las alas, mientras que el núcleo central contiene los distintos servicios e instalaciones requeridos. Además, la *Planta Semisótano* se dedica íntegramente a instalaciones, almacenamiento y servicios, además de aparcamiento cubierto.

El exterior del edificio se ordena para permitir la circulación rodada de los propios residentes y de los suministros necesarios. Se ha dispuesto un aparcamiento bajo rasante frente a la entrada principal de la parcela, utilizado para aparcamiento de visitas e invitados. El resto de la parcela se destina a jardines y áreas de esparcimiento.

En cada una de las plantas se implementa el siguiente programa de necesidades:

i. Planta Semi-sótano

Con acceso desde planta baja a través de dos núcleos de escaleras, y dos ascensores, y otros desde la calle a través de los accesos de vehículos a la zona de aparcamientos y trasteros anteriormente descritos, se distribuyen en la zona central las siguientes dependencias:

- Zona deportiva y terapéutica:
 - ✓ Gimnasio.
 - ✓ Piscina cubierta y salas de masajes.
 - ✓ Despachos de médico y ATS.
 - ✓ Taller de bricolage.
 - ✓ Vestuarios masculinos y femeninos.
- Zona de actividades religiosas:
 - ✓ Capilla.
 - ✓ Confesionarios.
 - ✓ Despacho del sacerdote.
- Zona de Personal:
 - ✓ Vestuarios de Personal Femenino y Masculino.
 - ✓ Lavandería.
 - ✓ Vivienda.
 - ✓ Almacenes varios.
- Dependencias Técnicas:
 - ✓ Sala de grupos de presión y tratamiento de agua.
 - ✓ Sala de bombas de climatización.

- ✓ Centro de Transformación.
- ✓ Sala de máquinas de gases medicinales.
- ✓ Sala de máquinas de ascensores.
- ✓ Cámaras frigoríficas.
- ✓ Sala de máquinas de depuración y climatización de las piscinas.
- Otras dependencias:
 - ✓ Sala de Usos Múltiples.
 - ✓ Aseos.
 - ✓ Tanatorio y Salas de Visitas.
 - ✓ Sala de Puesto de Control Central.

Es necesario indicar, que de la sala de grupos de presión, parte una galería de instalaciones que comunica con una sala de máquinas situada en el exterior del edificio, frente a la fachada principal del mismo. En dicha sala se ubica la central de producción frigorífica. En el extremo de la planta sótano del ala “B” se sitúa la central térmica y la preparación de agua caliente sanitaria. Los acumuladores estarán asimismo en el ala “B”.

ii. Planta Baja

A través de la misma se efectúa el acceso principal al edificio, organizándose las siguientes dependencias en lo que al núcleo central se refiere:

- ✓ Vestíbulo de Entrada y Recepción.
- ✓ Administración y Dirección.
- ✓ Bazar, Banco, Peluquería y sala de visitas.
- ✓ UCI.
- ✓ Vestíbulos de distribución a alas de habitaciones.
- ✓ Estar y Comedor.
- ✓ Cocina.

- ✓ Aseos de Público.

A partir de este núcleo central, se distribuyen y organizan las cuatro alas de habitaciones existentes en planta baja, una de las cuales se destina a ala sanitaria; concretamente el ala A, situada inmediatamente a continuación del vestíbulo de acceso y conectada con las dependencias de UCI.

iii. Planta Alta

El núcleo central de esta planta se destina principalmente a actividades de ocio, entre las que se encuentran las desarrolladas en las siguientes dependencias:

- ✓ Salas de Televisión (I y II).
- ✓ Salas de Juego (1, 2 y 3).
- ✓ Biblioteca y Sala de Lectura.
- ✓ Sala de Música.
- ✓ Estar de Planta Alta.
- ✓ Comedores privados y Salas de Reuniones.
- ✓ Vestíbulos distribuidores.

A partir de este núcleo central, se distribuyen y organizan las cuatro alas de habitaciones existentes en planta alta.

iv. Torreón

Comunicada con la planta alta a través del núcleo de escaleras y ascensor de servicio, se destina esta planta exclusivamente para galerías de servicio.

7. SUMINISTROS

7.1. DESCRIPCIÓN

7.1.1. Centro de Transformación

Los consumos eléctricos de la residencia hicieron necesaria la instalación de un centro de transformación propio, con potencia suficiente para dar servicio a los distintos consumos previstos (tanto actuales como a las posibles ampliaciones que en un plazo razonable pudieran producirse).

El centro de transformación se ubica en la planta semisótano del edificio, con acceso directo desde uno de los viales de la urbanización en la parte trasera, conteniendo todos los elementos necesarios para la protección de los transformadores.

Se instalaron dos transformadores de 630 kVA, teniendo en cuenta que según los datos que se deducen del proyecto de electricidad en baja tensión, no es de esperar un consumo simultáneo superior a 933 kW (1098 kVA), para el conjunto de equipos.

Centro de Transformación	
<i>Transformador trifásico para montaje interior marca SIEMENS, aislamiento en aceite, termómetro de contacto, elementos de evacuación y arrastre, construido según norma UNE 20-178 y normas compañía suministradora.</i>	
Principales características:	
<i>Potencia: 630 kVA</i>	
<i>Tensión primaria: 15, 20 kV, $\pm 2,5\%$, $\pm 5\%$</i>	
<i>Tensión de cortocircuito máxima: 4%</i>	
<i>Tensión secundaria: 380/220 V</i>	
<i>Frecuencia: 50 Hz</i>	

Tabla 7-1: Características Centro de Transformación

7.1.2. Distribución en Baja Tensión

La distribución eléctrica en baja tensión parte desde el *Cuadro General de Baja Tensión* que se alimenta desde los dos transformadores, que funcionan en paralelo.

7.1.2.1. Cuadro General de Baja Tensión

Se sitúa en la misma dependencia del Centro de Transformación. Desde el Cuadro General se distribuye a cada uno de los Cuadros Secundarios.



Fig. 7-1: Interruptor general y armario

7.1.2.2. Cuadros Secundarios

Las zonas generales del edificio se atienden desde cuatro cuadros secundarios. Tres de ellos se ubican en planta baja, tras el mostrador de la Recepción, y atienden a la iluminación y tomas de fuerza de las zonas generales de planta sótano, baja y alta. El cuarto, se ubica en el mismo torreón. Desde él se alimenta y protege asimismo un cuadro de los equipos de amplificación de las antenas de las que se dota al edificio.

Además, aquellas salas que cuentan con una superficie considerable o cuyos usos están destinados a una actividad concreta, como es el caso del comedor, lavandería, cocina, piscina, aparcamientos, etc. poseen sus propios cuadros secundarios correspondientes.

7.1.2.3. Batería de condensadores

La Residencia cuenta con dos baterías de condensadores:

- La primera de ellas es fija y sirve para compensar la energía reactiva del transformador.
- La segunda es una batería automática para la compensación de la energía reactiva del conjunto de la instalación.



Fig. 7-2: Batería de condensadores

En la siguiente imagen se muestra una de las baterías de condensadores de la marca CISAR, con regulador tipo CRK de siete pasos que determina la potencia reactiva a compensar en cada instante, instalada directamente en el cuadro eléctrico general.

7.2. FACTURACIÓN ELÉCTRICA

Para el análisis de la facturación eléctrica se ha tenido en cuenta el periodo de facturación de aproximadamente tres años, que va desde el 1 de diciembre de 2012 hasta el 30 de noviembre de 2015.

Actualmente la empresa dispone de un contrato con la compañía suministradora de electricidad Endesa. La modalidad de la tarifa de acceso es 6.1. Sin embargo, hasta el mes de agosto del año 2011, la tarifa de acceso era del tipo 3.1 A. Por tanto, en el siguiente epígrafe se va a proceder a realizar una comparativa entre las dos modalidades de acceso empleadas durante el periodo de análisis de la facturación eléctrica.

En la siguiente ilustración se muestra la evolución en el consumo eléctrico del centro durante los 3 años analizados:

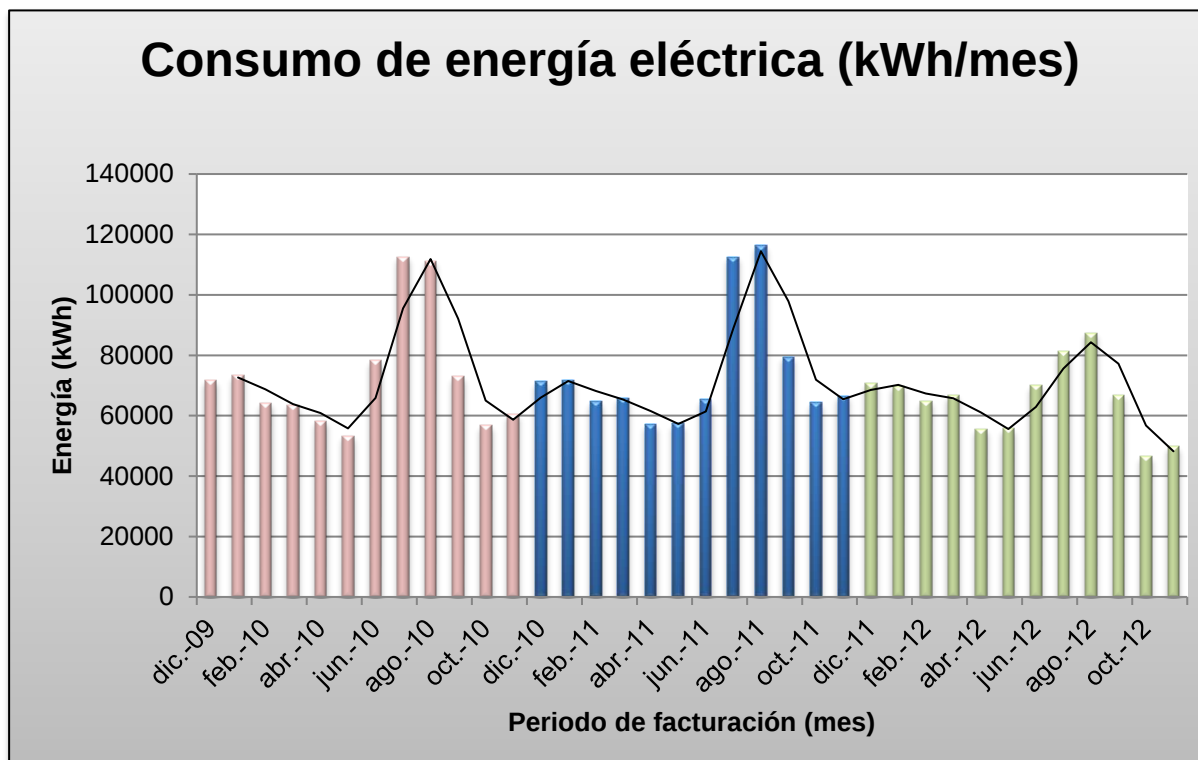


Fig. 7-3: Consumo eléctrico mensual procedente de las facturas aportadas por el centro.

Se trata de un centro con uso continuado a lo largo del año, ya que al ser una residencia de ancianos permanece abierta durante los doce meses del año. El consumo eléctrico fijo en la instalación se debe al sistema de iluminación, los usos de equipos de cocina y lavandería, de manera que la variación de consumos energéticos se debe principalmente al empleo de la climatización.

En base a los resultados tabulados, se puede afirmar que la tendencia en los consumos eléctricos mensuales se mantiene para cada uno de los años analizados, apreciándose un mayor consumo eléctrico durante los meses de julio y agosto.

Por tanto, a modo simplificador, para los futuros análisis durante el desarrollo de la auditoría energética donde se requiera el uso de las facturas eléctricas se van a limitar a las correspondientes al último año disponible (1 diciembre 2014 - 30 noviembre 2015).

7.2.1. Comparativa tarifas de acceso

Como se ha comentado anteriormente, durante el periodo de facturación analizado se produjo un cambio en la modalidad de acceso a la energía eléctrica suministrada por la compañía Endesa.

Por tanto, se va a proceder a realizar una descripción de las principales características de las tarifas de acceso utilizadas por la residencia auditada:

➤ *Tarifa 3.1 A*

Son aquellas cuya potencia contratada es igual o inferior a 450 kW y el nivel de tensión de la red de AT a la que está conectado el suministro es inferior a 36 kV. Tiene tres periodos en el término de energía y, también, en el de potencia, lo que permite seleccionar el valor a contratar en cada periodo según nuestra demanda de energía. Sin embargo, la potencia contratada en el último periodo (P3) debe ser mayor o igual que la del periodo P2 y ésta, a su vez, mayor o igual que la del periodo P1, habiendo de estar todos por debajo de 450 kW.

El horario de los periodos, en potencia y energía, es el siguiente:

Tarifa		3.1 A	
Invierno		Verano	
Hora	Periodo	Hora	Periodo
H1 (00-01h)	P3	H1 (00-01h)	P3
H2...H7	P3	H2...H7	P3
H8 (07-08h)	P3	H8 (07-08h)	P3
H9 (08-09h)	P2	H9 (08-09h)	P2
H10...H16	P2	H10 (09-10h)	P2
H17 (16-17h)	P2	H11 (10-11h)	P1
H18 (17-18h)	P1	H12...H15	P1
H19...H22	P1	H16 (15-16h)	P1
H23 (22-23h)	P1	H17 (16-17h)	P2
H24 (23-00h)	P2	H18...H23	P2
		H24 (23-00h)	P2
Fin de Semana y Festivo			
Hora	Periodo		
H1 (00-01h)	P3		
H2...H17	P3		
H18 (17-18h)	P3		
H19 (18-19h)	P2		
H20...H23	P2		
H24 (23-00h)	P2		

Tabla 7-2: Periodo tarifario 3.1 A

La estación de verano a efectos del calendario eléctrico es el plazo comprendido entre el cambio de hora del último domingo de marzo y el cambio de hora del último domingo de octubre, siendo la de invierno la contraria. A su vez, los días festivos son los de ámbito nacional definidos como tales en el calendario oficial del año correspondiente.

El ciclo de lectura de las tarifas de acceso 3.1 A es mensual y la potencia contratada se mide con los maxímetros, por lo que la potencia a facturar depende de esta medición, siempre con un mínimo que aunque no se alcance no reduce la potencia a facturar y un máximo a partir del cual, si se excede, tendremos una penalización bastante elevada en la facturación de la potencia.

➤ Tarifa 6.1

Tiene 6 periodos en el término de energía y de potencia, permitiendo, al igual que en la tarifa 3.1 A, seleccionar el valor a contratar en cada periodo, según nuestras necesidades de energía, con el mismo imperativo legal de respetar que la potencia contratada de un periodo sea mayor o igual al periodo inmediatamente anterior.

Se trata de una tarifa complementaria a la 3.1 A, ya que está destinada a los mismos niveles de tensión (inferior a 36 Kv), pero con una potencia mayor de 450 kW en uno o más de los periodos.

El horario de los periodos, en potencia y energía, es el siguiente:

Tarifa										6.X				
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun D<=14	Jun D>=15	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Fin de Semana Festivo
H1 (00-01h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H2 (01-02h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H3 (02-03h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H4 (03-04h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H5 (04-05h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H6 (05-06h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H7 (06-07h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H8 (07-08h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H9 (08-09h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6
H10 (09-10h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P2	P2	P6	P3	P5	P4	P2	P6
H11 (10-11h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P2	P2	P6	P3	P5	P4	P1	P6
H12 (11-12h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P1	P6
H13 (12-13h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P1	P6
H14 (13-14h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P2	P6
H15 (14-15h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P2	P6
H16 (15-16h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P4	P2	P6
H17 (16-17h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P2	P6
H18 (17-18h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P2	P6
H19 (18-19h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P1	P6
H20 (19-20h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P1	P6
H21 (20-21h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P1	P6
H22 (21-22h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P2	P6
H23 (22-23h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6
H24 (23-00h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6

Tabla 7-3: Periodo tarifario 6.1

Como se puede apreciar, el horario de los periodos cambia de un mes a otro e, incluso, como sucede en el mes de junio, de una quincena a otra. Los días festivos son los mismos que para la tarifa 3.1 A.

En la siguiente gráfica se muestra una comparativa en el coste unitario medio mensual de la energía eléctrica dependiendo de la modalidad en la tarifa de acceso utilizada:

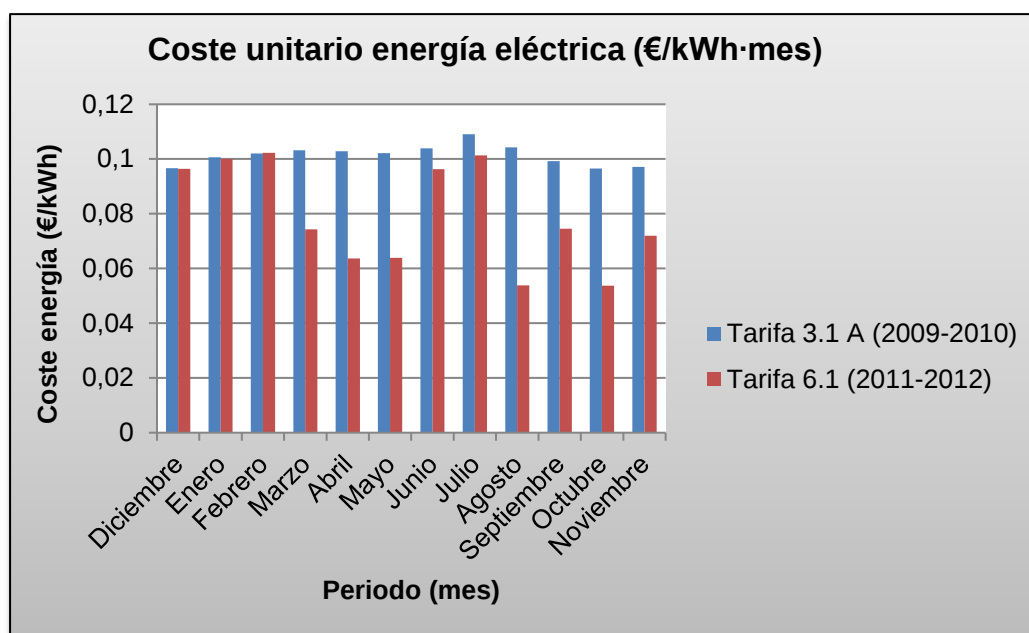


Fig. 7-4: Coste unitario medio de la energía eléctrica

A tenor de los resultados tabulados, se puede apreciar que el precio unitario medio de la energía eléctrica con la tarifa 6.1 es inferior que utilizando la tarifa 3.1. A.

En ambas modalidades de acceso, los componentes del precio de los mayores periodos (P5-P6 en la tarifa 6.1, P3 en 3.1. A) son más bajos que los correspondientes a los primeros periodos, por lo que cuanto más consumo se sea capaz de trasladar a estos últimos periodos, menor es el coste de la energía eléctrica utilizada. Por tanto, se puede afirmar que para la residencia de mayores analizada la modalidad de acceso más económica es la 6.1 debido a que el rango horario donde se requiere mayor consumo eléctrico se ajusta mejor a dicha tarifa.

En la siguiente tabla se recoge el cambio en la potencia contratada para poder optar a la nueva tarifa y, de este modo, conseguir el ahorro en su factura eléctrica.

		P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)	P4 (kW)	P5 (kW)	P6 (kW)
Tarifa de acceso	3.1. A	400	400	400	*	*	*
	6.1	400	400	400	400	400	451 > 450

Tabla 7-4: Potencia contratada según tarifa horaria

7.2.2. Término de energía

El término de energía es el que indica el consumo en que incurre la instalación. A la hora de analizar este consumo eléctrico se parte del consumo mensual obtenido a través de las distintas facturas aportadas por el personal del centro.

Para el último periodo de facturación disponible, el centro cuenta con un suministro mediante una tarifa 6.1., de manera que la lectura de energía consumida se realiza en 6 periodos, los cuales se muestran a continuación para apreciar con detalle el peso de cada periodo.

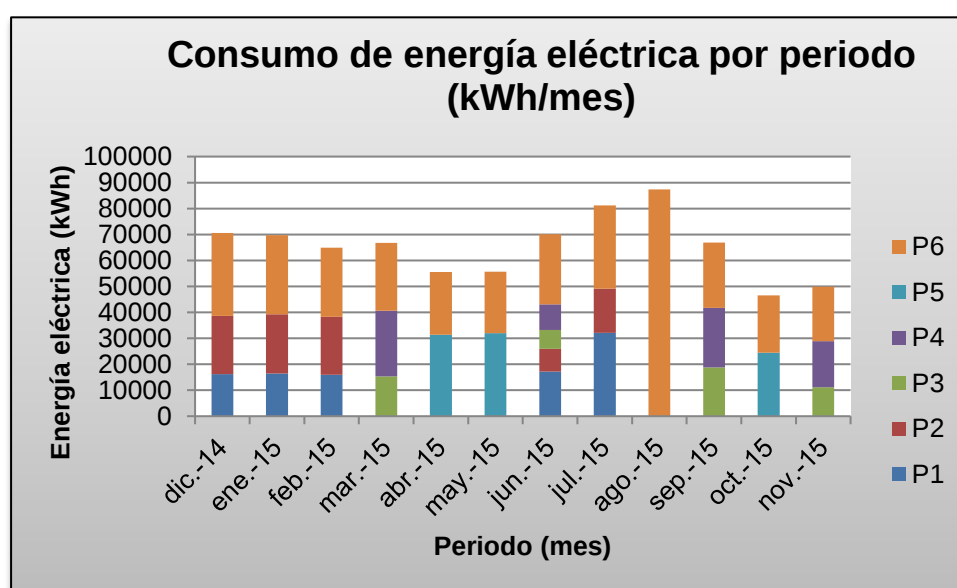


Fig. 7-5: Coste de energía eléctrica por periodos

En la figura anterior se aprecia cómo el mayor consumo de energía del centro se produce en el periodo 6. A pesar de que dicho periodo coincide con las horas de menor actividad (00-08 horas) de lunes a viernes, los fines de semana así como los festivos comprende todo el rango horario.

Destacar que en este tipo de instalaciones, los consumos de cocina y lavandería, así como la iluminación y climatización del centro siguen siendo similares a los consumos entre semana.

Por tanto, el hecho de que el mayor consumo eléctrico se localice en el periodo 6 es satisfactorio debido a que se trata del periodo más económico en la facturación elegida.

7.2.3. Término de potencia

Se procede a analizar la máxima demanda de potencia durante cada uno de los seis periodos a lo largo de los meses de facturación y se compara con los 400 kW de potencia contratada para los periodos (P1-P5) y los 451 kW correspondientes al periodo P6.

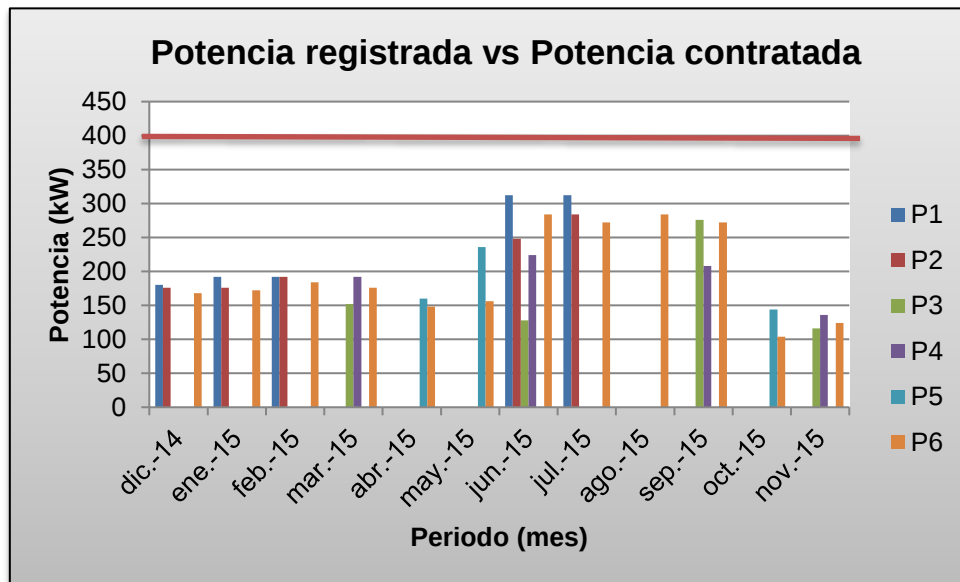


Fig. 7-6: Potencia máxima demandada por periodo frente a potencia contratada

Se observa en la figura 7-6 como la potencia establecida en el contrato de la facturación aportada no es superada en ninguno de los periodos en los meses correspondientes al año analizado. Este hecho implica que no existe ningún tipo de penalización económica por potencia excedida en la facturación mensual.

7.2.4. Analizador de redes

Un analizador de redes es un instrumento capaz de analizar las propiedades de las redes eléctricas, especialmente aquellas propiedades asociadas con la reflexión y la transmisión de señales eléctricas, conocidas como parámetros de dispersión (Parámetros-S).

Su principal objetivo es obtener el control y la gestión de una instalación o máquina, permitiendo optimizar al máximo los costes energéticos.

Ventajas obtenidas con los analizadores de redes:

i. Ahorrar:

- Detectar y prevenir el exceso de consumo (kWh)
- Obtener curvas de carga para analizar dónde se produce la máxima demanda de energía.
- Detectar la necesidad de instalación de una batería de condensadores.

ii. Prevenir:

Son ideales para realizar mantenimientos periódicos del estado de la red eléctrica, analizar curvas de arranque de motores, detectar cortes de alimentación, etc.



Fig. 7-7: Analizador de redes portátil

iii. Solventar:

Solucionar problemas relativos a disparos intempestivos, fugas diferenciales, calentamiento de cables, desequilibrio de fases, etc.

Destacar que no ha sido posible realizar un registro, con el analizador de redes, de los parámetros eléctricos de la residencia considerada debido a que no se disponía de dicho instrumento ni de un electricista cualificado para su instalación.

Sin embargo, la residencia auditada pudo aportar información relativa a la tendencia en la potencia demandada por sus instalaciones debido a un análisis realizado previamente. Existe una tendencia regular en la demanda de energía diaria debido al uso de manera programada de los equipos de las zonas de mayor consumo.

- ✓ En torno a las 6:00 h se produce un incremento de la demanda de potencia por parte de la instalación, esto se debe principalmente a la puesta en marcha de los equipos eléctricos asociados al sistema de climatización.
- ✓ La potencia demandada aumenta progresivamente a lo largo de la mañana. Durante este intervalo de tiempo cabe destacar el inicio de las actividades de cocina a las 8:00 h y el inicio de las actividades de lavandería a las 9:30 h.

- ✓ Entre las 14:00-18:00 h., el consumo de potencia experimenta un descenso gradual tras el cese de dichas actividades. Posteriormente la demanda de potencia aumenta debido al inicio de la preparación de la cena en la cocina y las actividades de cafetería.
- ✓ A partir de las 21:00 h comienza el descenso de energía en la Residencia, siendo destacable el consumo fijo que se produce en las horas de menor actividad del centro.

En este consumo nocturno queda agrupada la demanda de energía de sistemas activos las veinticuatro horas del día, como cámaras congeladoras y de conservación, grupo de presión, extractores, funcionamiento de quemadores y de sistema de bombeo para mantener la temperatura de los depósitos de ACS a la temperatura de consigna establecida, iluminación exterior y parte de la iluminación activa que se mantiene por seguridad.

7.3. FACTURACIÓN GAS PROPANO

El uso que se le da a la instalación de gas propano es el abastecimiento de los aparatos de cocina y lavandería. El suministro se realiza mediante camión cisterna y se almacena en un depósito de 8.334 litros de capacidad, propiedad de Cepsa Elf Gas, ubicado a 120 metros de distancia de la fachada lateral de la residencia.

Se ha proporcionado la facturación desde el mes de noviembre de 2012 hasta el mes de agosto de 2015. Para la representación de los datos se han ajustado los periodos de facturación registrados con los días naturales del mes, dado que los periodos que figuran en las facturas no contemplan meses exactos.

Fecha de suministro	Propano (kg)	Propano (L)	Importe (ct€/kg)	Días efectivos (día)	Consumo (kg/día)
07/11/2012	2819	5400	103,31	96	0,522
11/02/2012	1601	3073	108,31	55	0,521
07/04/2013	2570	5000	99,31	101	0,514
17/07/2013	2425	4850	107,41	102	0,5
27/10/2013	2958	5760	112,37	83	0,514
18/01/2014	2857	5450	123,37	71	0,524
30/03/2014	2567	4950	126,37	83	0,519
21/06/2014	2526	5000	128,47	72	0,505
01/09/2014	2342	4702	129,34	69	0,498
09/11/2014	3109	6000	136,39	77	0,518
25/01/2015	2959	5600	152,24	65	0,528
31/03/2015	2679	5170	142,09	75	0,518
14/06/2015	2649	5212	144,09	78	0,508
31/08/2015	2623	5214	145,94		

Tabla 5-5: Consumo diario gas propano

Una vez ajustado el consumo de gas propano a los días naturales del periodo de consumo, se aprecia una tendencia estable en el consumo diario debido a que los servicios (lavandería y cocina) que presta dicha instalación son dependientes de la ocupación de la residencia; siendo ésta constante de forma anual.

7.4. FACTURACIÓN GASÓLEO C

Las necesidades de calefacción y preparación de A.C.S son cubiertas mediante dos centrales de producción térmica, constituidas por dos calderas de gasóleo cada una de ellas. El suministro se realiza mediante camión cisterna y se almacena en un depósito de 30.000 litros de capacidad ubicado en la sala de calderas.

En la siguiente ilustración se muestra la evaluación en el consumo mensual de gasóleo durante los dos últimos años analizados (azul 2014 y rojo 2015):

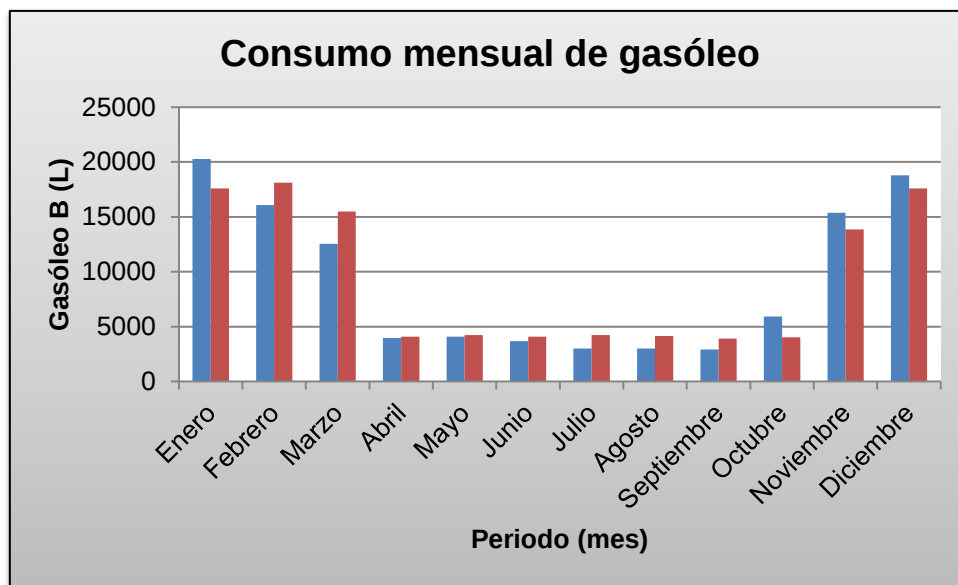


Fig. 5-10: Consumo de gasóleo mensual procedente de las facturas aportadas por el centro.

En base a los resultados tabulados, se puede afirmar que la tendencia en los consumos mensuales de gasóleo se mantienen para cada uno de los años analizados, apreciándose un mayor consumo durante los meses de invierno.

Los meses de invierno presentan el mayor consumo debido a la demanda de calefacción. Los meses de abril a septiembre, ambos incluidos, muestran el consumo debido únicamente a la demanda de calor para la generación de ACS.

7.5. AGUA

Debido a la falta de información de la facturación del agua, no se ha podido realizar el estudio elaborado de ésta.

No obstante, los consumos en el centro se deben principalmente a la demanda de agua desde la piscina, lavandería, cocina y al consumo debido a la demanda en aseos de habitaciones y zonas comunes. Se trata de una residencia de ancianos con uso los 365 días del año, de manera que el consumo de agua es considerable en términos generales.

8. EVALUACIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES

8.1. ILUMINACIÓN

Se procede a realizar una descripción e inventariado detallado del sistema de iluminación de la residencia auditada.

La iluminación principal del centro se basa en fluorescencia compacta integrada de 26 W con equipo de arranque electrónico. A continuación, en la tabla 8-1, se presenta el número de luminarias existentes así como un reparto porcentual en base a la potencia instalada en el centro de iluminación según el tipo de luminaria.

<i>TIPO DE LUMINARIA</i>	<i>UDS.</i>	<i>%</i>
Downlight con lámpara PLC (9 W)	14	0,22
Downlight con lámpara dicróica (50 W)	36	3,14
Downlight empotrada orientable (250 W)	6	2,62
Luminaria fluorescente de 4x18 W, A.F., con difusor de lamas blancas	48	6,04
Luminaria fluorescente de 2x36 W, A.F., con difusor de lamas blancas	180	22,64
Luminaria estanca con tubo T8 LED, 1x22 W	170	10,69
Luminaria estanca con tubo T8 LED, 2x22 W	38	4,78
Luminaria estanca con tubo T8 LED, 1x18 W	41	1,29
Ojo de buey estanco con lámpara incandescente (60 W)	51	5,35
Proyector asimétrico halógeno (250 W)	6	2,62
Foco estanco (100 W)	4	0,70
Luminaria interior farol con lámpara incandescente, (100 W)	67	11,71
Luminaria exterior suelo halógeno metálico (175 W)	10	3,06
Luminaria semiempotrada PLC (18 W)	24	0,75
Luminaria de emergencia, lámpara fluorescente PL (9 W)	251	3,95
Luminaria de señalización, lámpara fluorescente PL (9 W)	98	1,54
Fluorescencia compacta integrada (26 W)	416	18,90

Tabla 8-1: Reparto porcentual en base a la potencia de iluminación instalada

Como se aprecia en la tabla 8-1, la fluorescencia compacta integrada predomina en el centro como sistema de iluminación. Según el tipo de zona o actividad varía la potencia de la lámpara instalada y, a su vez, el tipo de luminaria empleada.

Para las zonas de cocina y lavandería se emplean luminarias estancas (imagen derecha de la figura 8-1), para la cocina concretamente se dispone de luminarias empotradas con lámparas fluorescentes de 36 W de potencia y equipo de arranque electromagnético, mientras que en la lavandería y almacén se emplean luminarias estancas con dos lámparas de fluorescencia lineal cada una, potencia de 36 W y un índice de protección IP 65. La luminaria estanca es la más adecuada para dichas zonas debido a que protege a la lámpara de la alta humedad concentrada en dichas zonas.

En el interior de los despachos de la zona administrativa y en algunas salas, como por ejemplo, comedor, dependencias administrativas así como salas comunes y de descanso, también se emplean lámparas fluorescentes de 36 W constituidas por dos luminarias (imagen izquierda de la figura 8-1); sin embargo, a diferencia de las zonas anteriores, éstas no son estancas.



Fig. 8-1: Luminarias con lámparas de fluorescencia

El encendido/apagado de la iluminación de estas zonas (cocina, lavandería, almacén) se realiza a través de interruptores distribuidos por el interior de cada una de las salas. En cambio en el comedor, centro de día y salas polivalentes se realiza directamente desde el cuadro eléctrico situado en el interior de cada una de las salas.

La iluminación de los pasillos de distribución se ha realizado mediante luminaria fluorescente de empotrar de 4x18 W (planta alta) y 2 de 1x36 W (planta baja), cableadas con dos tubos por circuito. Uno de estos circuitos se conecta a través de detectores de presencia, mientras que el otro es permanente (estas luminarias están sobre las puertas de los apartamentos) al objeto de garantizar unos niveles luminosos mínimos.



Fig. 8-2: Luminarias en pasillos

Por otra parte, en las zonas de espera de los ascensores, escaleras y aseos también se han instalado detectores de presencia (figura 8-3):



Fig. 8-3: Detectores de presencia

Las lámparas halógenas dicróicas están ubicadas en su mayor parte en el salón panorámico y en la cafetería/bar, situadas en la planta baja, y tienen una potencia de 50 W. A su vez, se dispone de lámparas fluorescentes compactas de 36 W en luminarias *tipo downlight* y apliques de pared; y de tubos fluorescentes de 18 W y 36 W de potencia empotrados en la sección rectangular decorativa de los techos.

La iluminación de estas zonas está sectorizada mediante interruptores de pared, de manera que se pueda adecuar la iluminación de las salas.

En menor medida, también se pueden encontrar lámparas halógenas dicróicas de 100 W de potencia en el vestíbulo de entrada y en la capilla.



Fig. 8-4: Luminarias halógenas dicróicas

En la capilla se ubican los proyectores de pared. Se tratan de luminarias downlight rectangular orientables, formados por cuerpos de fundición de aluminio para halógenos metálicos de 250 W de potencia:



Fig. 8-5: Proyectores de capilla

Se disponen luminarias de emergencia y señalización indicativas de dirección de los recorridos a seguir desde todo origen de evacuación hasta el punto donde es visible la salida o señal que lo indica.

Las luminarias empleadas están formadas por lámparas fluorescentes de 9 W y 300 lúmenes, para una hora de autonomía y superficie de cobertura de 60 m².

La iluminación en las habitaciones está constituida por fluorescentes compactos de 26 W en apliques de pared, lámparas halógenas, tal y como se ha mencionado anteriormente, y por lámparas incandescentes en los aseos.



Fig. 8-6: Luminarias fluorescentes en habitaciones

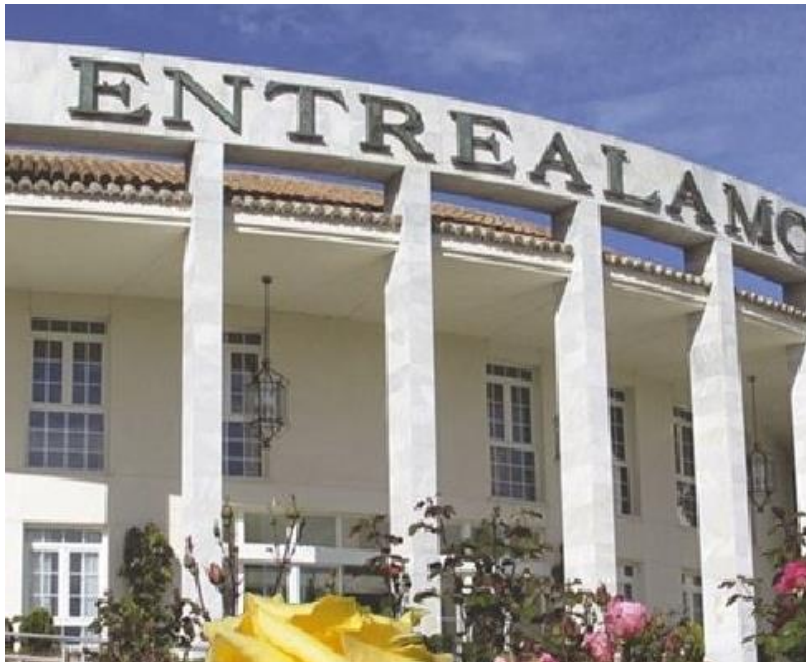


Fig. 8-7: Iluminación exterior

En cuanto a la iluminación exterior (figura 8-7), se emplean proyectores estancos con lámparas de vapor de mercurio de 250 W, empotradas en el suelo y suspendidas del techo de la fachada principal.

El encendido de la iluminaria exterior del suelo se programa utilizando un interruptor astronómico.

8.2. CLIMATIZACIÓN Y A.C.S.

Se trata de una instalación de climatización del tipo agua-aire con producción centralizada de agua fría y caliente, y tratamiento de aire por locales mediante fan-coil y climatizadores de tratamiento de aire en los locales más grandes.

8.2.1. Producción de calor

Las necesidades de calefacción son cubiertas mediante una central de producción térmica; constituida por dos calderas de gasóleo C en paralelo, en chapa de acero de 6 kg/cm² y 600 kW. Destacar que la potencia de la caldera para preparación de A.C.S. es de 285 kW, existiendo una caldera adicional de reserva.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS CALDERA	
Modelo	VULCANO SADECA
Combustible	Gasóleo C
Presión	6 kg/cm ² (5,88 bar)
Potencia	600 kW (calefacción) / 285 kW (ACS)
Rendimiento	83%
Escalones de potencia	2

Tabla 8-2: Características de las calderas de climatización

El generador de calor tiene un rendimiento mínimo instantáneo del 83% referido al poder calorífico inferior del combustible y se ha fijado en 2 el número mínimo de escalones de potencia en cada una de las calderas de gasóleo existentes.



Fig. 8-8: Caldera gasóleo y quemador

La central de producción se encuentra ubicada en una de las salas de máquinas independientes situadas en el exterior del edificio, abierta en una de sus fachadas para poder efectuar el mantenimiento y abastecimiento de combustible.

- En la sala de bombas situada junto a los depósitos de agua, se ubican los correspondientes equipos de intercambio térmico, de tipo intercambiadores de placas.
- En la zona de la sala de calderas, existe un almacenamiento de gasóleo, mediante un depósito de 30.000 litros de capacidad.

Periodo de funcionamiento de las calderas

El funcionamiento de las calderas no es continuo a lo largo del año puesto que son calderas diferentes a las empleadas para la producción de ACS. El sistema funciona proporcionando agua caliente para calefacción de enero a abril y de octubre a enero, siendo el horario de calefacción variable en función de la climatología de cada mes.

El funcionamiento de las calderas se regula mediante un sistema de control y regulación, instalado en el cuadro de control de la sala de calderas.



Fig. 8-9: Sistema de control de las calderas

Durante los meses con las temperaturas ambientales más bajas, el sistema de una de las calderas se activa a las 6:15 y se apaga a las 20:00 mediante la apertura o cierre de las válvulas de manera automática. La otra caldera sirve de apoyo cuando la demanda de energía térmica es superior, cubriendo el periodo desde las 14:15 hasta las 20:00 horas.

8.2.2. Producción de frío

Las necesidades de refrigeración son cubiertas mediante dos plantas enfriadoras condensadas por aire de 299 kW. Se rechazó la utilización de enfriadoras condensadas por agua, en prevención de la escasez de suministro en la zona.

Se especifica el valor del coeficiente de eficiencia energética de la planta enfriadora en un valor de 2,7 y el número mínimo de etapas de parcialización es 4.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS ENFRIADORAS	
Modelo	CARRIER 30RB0402-PEE
Potencia eléctrica	144 kW
Potencia frigorífica	299 kW
Eficiencia	2,7
Etapas	4

Tabla 8-3: Características de las enfriadoras

En una sala de máquinas situada en el exterior del edificio, frente a la fachada principal del mismo, se ubica la central de producción frigorífica.

Disponen de bombas de primario asociadas a las plantas enfriadoras, enclavadas con las mismas y sin necesidad de disponer de un sistema de acumulación.



Fig. 8-10: Enfriadoras

La regulación del funcionamiento de la enfriadora se realiza de manera manual, trabajando como norma general durante tres meses aproximadamente.

8.2.3. Bombeo y distribución de climatización y ACS

El esquema de funcionamiento de la instalación de calefacción y ACS centralizado de la Residencia se basa en las cuatro calderas (dos para calefacción y dos para ACS, actuando una de éstas últimas como reserva), como focos de aporte de calor y en dos circuitos de distribución, impulsión y retorno, separados que distribuyen el agua caliente para calefacción y agua caliente sanitaria (ACS).

Cada caldera y planta enfriadora disponen de sus propias bombas de primario.

Distribución del agua de calefacción

Debido al tipo de unidades terminales de tratamiento de aire existentes en cada uno de los locales acondicionados (la mayoría del tipo fan-coils o centrales compactas), en las que existen diseños standard de baterías, la temperatura de impulsión a las baterías de calefacción se encuentra limitada a un máximo de 50° C, con el objetivo de evitar potencias instaladas excesivas.



Fig. 8-11: Bombas de impulsión del circuito de calefacción

Destacar la existencia de intercambiadores intermedios de placas de 400.000 Kcal/h, entre los circuitos primarios de producción (80/70 °C) y los circuitos primarios de distribución (55/45 °C), en cada una de las calderas de calefacción, esto implica la existencia de dos bombas de primario por caldera.

En cuanto a los cinco circuitos secundarios de climatización, destacar que están provistos cada uno de ellos de una electrobomba doble, las cuales son de tipo en línea, de rotor seco y a 1450 r.p.m. Estos circuitos se distribuyen de la siguiente forma:

- Circuito 1: Núcleo Central. Zonas comunes.

Bombas de 2,2 kW de potencia.

➤ Circuito 2 a 4: Alas de habitaciones. Uno por ala.

Bombas de 1,5 kW.

Los circuitos parten de una sala de bombeo situada en la sala de instalaciones de la planta sótano.

Debido a la existencia de varios circuitos secundarios que pueden no funcionar simultáneamente, pueden existir caudales de agua distintos en el primario y en el secundario de la instalación. Por tanto, existen válvulas de regulación de presión entre colectores de ida y de retorno.

Distribución del ACS

Desde los colectores de la sala de calderas parte un circuito exclusivo que transporta el calor producido hasta los dos depósitos de acumulación del ACS de 6.000 litros cada uno. En dichos depósitos, además de almacenarse el agua, se calienta por medio de un intercambiador tubular dispuesto en la parte baja del depósito; a través del cual entra el agua procedente de la caldera y el agua fría. El ACS sale por la parte superior del depósito distribuyéndose hasta cada uno de los puntos de consumo.



Fig. 8-12: Depósitos de acumulación del A.C.S.

A estos circuitos es necesario añadir un circuito secundario independiente para el calentamiento del agua del vaso de la piscina existente. La bomba de primario para la distribución del agua caliente hacia la piscina tiene una potencia de 1,9 kW.

Todos los sistemas de distribución son de retorno directo, existiendo válvulas de equilibrado en la totalidad de las conexiones a unidades terminales, y en salida de bombas.

En la siguiente ilustración se muestra el listado de los equipos de bombeo del agua para calefacción, refrigeración y ACS, existentes en la residencia analizada:

Bomba	Descripción	Modelo	Uds.	Caudal (m³/h)	Altura (m.c.a.)	Potencia (kW)
BPF-1,2	Bombas de primario de las plantas enfriadoras	LMD-100/200/187	2	43,3	12	2,2
BAC-1	Bombas de las calderas de calefacción	UPR-32/120	2	8	18	0,63
BPC-1	Bomba del circuito primario de calefacción	LMD-100/200/187	1	50	12	2
BZ-1	Circuito secundario para climatización (zona central)	LMD-100/200/200	1	43	10	2,2
BZ-2;5	Circuito secundario para climatización (alas A-D)	LMD-85/125/117	4	22,5	15	1,5
BAC-2	Bomba de las calderas de ACS	UP5-25/80	2	3	6	0,095
BP-ACS	Bomba del circuito primario de ACS	UPKD-65/120	1	20	8	1,5
BS-ACS	Bomba del circuito secundario de ACS		1	20	8	1,5
BR-ACS	Bomba recirculación en depósito de ACS	UP5-32/808	1	5	5	0,345
BP2-PIS	Bomba circuito distribución para piscina		1	20	8	1,9
BVP	Bomba depuración de la piscina		2	5,2	8	0,585

Tabla 8-4: Equipos de bombeo

8.2.4. Unidades terminales del sistema de calefacción centralizado

Según las características de cada uno de los locales acondicionados, existen tres tipos de unidades terminales, atendiendo fundamentalmente a tres parámetros de diseño principales: valor de la carga térmica, caudal de aire a vehicular y presión disponible necesaria.

Los distintos tipos de unidades terminales son los siguientes:

- ✓ En las dependencias de pequeño tamaño, son ***fan-coils del tipo consola vertical*** con envolvente decorativa (despacho del sacerdote, despacho del médico, ATS, sala de visitas, pasillos de alas y tanatorio), o ***fan-coils de techo sin envolvente*** conectados a una pequeña red de conductos (vestíbulo de distribución, sala de reunión de planta alta, taller de bricolage, baño geriátrico, en el gimnasio de rehabilitación y en las habitaciones de los residentes).



Fig. 8-13: Fan-coil de techo

En la siguiente tabla se recogen las principales características técnicas de los fan-coils del tipo consola vertical:

Régimen de funcionamiento	FRIO			CALOR		
Temperatura seca aire ambiente °C	25			20		
Higrometría %	50					
Temperatura entrada de agua °C	9			50		
Temperatura salida de agua °C	14			40		
Velocidad	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Potencia W	2176	1976	1460	2430	2235	1745
Potencia sensible en frío W	1985	1792	1324	0	0	0
Caudal de aire m³/h	498	437	302	498	437	302
Presión estática disponible Pa	0	0	0	0	0	0
Caudal de agua l/h	374	340	251	209	192	150
Pérdida de carga en el agua kPa	5,5	4,7	3	9,1	7,8	5

Tabla 8-5: Características técnicas del fan-coil ubicado en el despacho del médico

De igual modo se tabulan las principales características técnicas de los fan-coils de techo sin envolvente:

Modelo VPN 3021.- Gimnasio de rehabilitación

Régimen de funcionamiento	FRÍO			CALOR		
Temperatura seca aire ambiente °C	25			20		
Higrometría %	50					
Temperatura entrada de agua °C	9			50		
Temperatura salida de agua °C	14			40		
Velocidad	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Potencia W	1337	1205	1044	1844	1631	1392
Potencia sensible en frío W	1265	1104	925	0	0	0
Caudal de aire m³/h	392	323	255	392	323	255
Presión estática disponible Pa	0	0	0	0	0	0
Caudal de agua l/h	230	207	180	159	140	120
Pérdida de carga en el agua kPa	3,5	2,9	2,3	4,7	3,7	2,8

Tabla 8-6: Características técnicas del fan-coil ubicado en el gimnasio de rehabilitación

Destacar que para cada tipo de fan-coil descrito (consola vertical o techo), existen diferentes modelos en función de la potencia necesaria en cada habitación. Por tanto, a modo de ejemplo, sólo se han tabulado las características principales de uno de los modelos.

- ✓ En las dependencias de tamaño medio, donde las necesidades térmicas y las redes de distribución de aire son más relevantes, se proyectaron unidades de tratamiento de aire del tipo **centrales compactas**, las cuales permiten vehicular una mayor cantidad de aire, con unas mayores presiones disponibles (sala de lectura, biblioteca, salas de juegos, sala de estar en planta alta, capilla, dirección, lavandería, gimnasio, UCI, vestuario de personal, sala de usos múltiples, sala de música, recepción y hall).

A continuación, se muestran las características técnicas de las centrales compactas empleadas en la sala de música, lectura y biblioteca:

Dependencia	SALA DE MÚSICA		SALA DE LECTURA		BIBLIOTECA	
Régimen de funcionamiento	CALOR	FRÍO	CALOR	FRÍO	CALOR	FRÍO
Potencia kW	13,57	9,1	17,59	11,96	12,4	9,96
Caudal de aire m³/h	1436	1436	2159	2159	1886	1886
Temperatura entrada de aire °C	10,82	29,25	11,43	28,96	16,04	26,78
Temperatura salida de aire °C	37,95	12,5	34,87	13,74	35,27	13,18
Velocidad del aire m/s	1,3	1,3	1,96	1,96	1,71	1,71
Condiciones del agua °C	50/45	9/14	50/45	9/14	50/40	9/14
Caudal de agua m³/h	2,33	1,56	3,02	2,05	1,06	1,71
Caída de presión kPa	21,43	3,27	34,19	5,35	5,27	3,84
CARACTERÍSTICAS DEL FAN						
Velocidad (régimen de funcionam.)	3 (medium speed)		3 (high speed)		3 (medium speed)	
Caudal de aire m³/h	1436		2159		1886	
Presión estática Pa	175		102		88	
Potencia del motor W	850		850		850	

Tabla 8-7: Características técnicas de las centrales compactas

- ✓ En los locales de gran tamaño, o en los que existe una ocupación importante (estar y comedor de planta baja), se han utilizado **unidades climatizadoras** específicamente diseñadas para combatir las cargas específicas de la zona atendida.

CONDICIONES	Aire exterior	Aire de retorno	Aire en entrada a batería	Aire en salida de batería	Aire de introducción en ambiente	Aire del ambiente
Caudal volumétrico L/s	840	690	1530	1445		
Temperatura seca °C	36,6	25,23	31,37	14,47	15	25
Temperatura húmeda °C	20,6	17,80	19,35	13,5	13,7	17,7
Humedad relativa %	24,11	49,76	33,45	90,44	87,59	50,45
Contenido de agua g/kg	10,14	10,96	10,52	10,2	10,2	10,96
Volumen específico L/kg	978,34	943,64	962,39	908,52	910,08	942,92
Temperatura de rocío °C	12,68	13,8	13,22	12,8	12,8	13,8
Entalpía kJ/kg	62,63	53,13	58,27	40,24	40,75	52,9
Presión parcial de vapor Pa	1482	1599	1536	1490	1490	1599

Tabla 8-8: Características técnicas de las unidades climatizadoras de estar y comedor

8.2.5. Sistemas de control

Como ya se ha indicado, el edificio va dotado de un sistema de control centralizado, desde el cual se supervisa y controla la totalidad de los servicios técnicos y de seguridad.

A continuación, se describen las líneas generales de los distintos sistemas de control y regulación en la instalación de climatización dispuesta:

- ***Sala de máquinas:***

Además de los controles propios de las plantas enfriadoras y calderas para su control de potencia, existen interruptores de flujo en evaporador de la máquina frigorífica y circuitos de alimentación a calderas, y se han establecido los oportunos enclavamientos en las líneas de mando del cuadro general de climatización, entre las bombas de primario y los equipos productores asociados.

- ***Distribución de agua fría:***

Control termostático proporcional de la temperatura de impulsión a los fan-coils y unidades terminales de tratamiento de aire, mediante sonda de temperatura de agua.

- ***Unidades terminales:***

Se distinguen los siguientes patrones de control en función de las características de los locales a los que atienden:

- ***Climatizadores de estar y comedor de Planta Baja***

Se dotan de control proporcional sobre baterías de agua fría y caliente mediante válvulas de tres vías y sondas de temperatura situada en el retorno de distribución de aire. Se dota a dichos climatizadores de free-cooling entálpico.

Un regulador proporcional de dos salidas, recibe por una parte la señal procedente de una onda de temperatura y humedad combinada ambiente, y por otra las señales procedentes de sondas de temperatura y humedad combinada en conducto de retorno y toma de aire exterior.

- Centrales compactas de vestuarios

Incorporan un control idéntico al de los climatizadores anteriores, pero sólo actúa en régimen de invierno (solo calefacción), careciendo pues de free-cooling.

- Fan-coils de techo y consola

Las unidades fan-coils situadas en algunas dependencias de pequeñas dimensiones, se regulan mediante termostato regulador o sonda de ambiente propio.



Fig. 8-14: Módulo de control

- Centrales compactas en general

Las centrales compactas situadas en la mayoría de las dependencias de tamaño medio, se regulan mediante sonda de temperatura de retorno, y actuación sobre válvulas de tres vías motorizadas dotada de actuador de todo/nada.

8.3. INSTALACIONES HÍDRICAS

8.3.1. Puntos de consumo

Los consumos de agua en la Residencia se producen, principalmente, en lavandería y cocina; siendo considerable también la demanda de agua en aseos de habitaciones y zonas comunes.

La Residencia cuenta con 104 habitaciones para residentes. Cada una de ellas presenta un aseo compuesto por los siguientes aparatos sanitarios:

- Lavabo con grifo monomando.
- Bañera con grifería para baño-ducha.
- Inodoro de tanque bajo con pulsador simple.
- Bidé con grifo monomando.
- Fregadero con grifería monomando para agua caliente y fría, ubicado en el interior de las habitaciones.

También es preciso destacar la existencia de aseos comunes para el uso de residentes, personal laboral de la residencia y visitas; repartidos entre la planta sótano, baja y alta, al ser aquellas zonas donde se encuentran las dependencias administrativas, sanitarias, deportivas y zonas comunes.

Aseos

Los inodoros cuentan con sistemas de doble descarga, produciéndose así un consumo moderado de agua. Además, los aseos de caballeros cuentan con urinarios de pared, los cuales poseen para su limpieza fluxores temporizados de pulsación simple.



Fig. 8-15: Inodoros y urinarios

La grifería es de tipo monomando y está provista de perlizadores (figura 8-16), para la reducción del consumo de agua.



Fig. 8-16: Grifería dotada de perlizadores



Los aseos de minusválidos cuentan con duchas geriátricas (figura 6-17) dotadas de pulsadores temporizados.

Por otro lado, en la planta sótano se ubican los vestuarios masculinos y femeninos del personal de la Residencia. Los principales equipos sanitarios de consumo ubicados en dichas dependencias son los lavabos, inodoros y baterías de duchas.

Fig. 8-17: Ducha geriátrica

Lavandería y cocina

El consumo de agua en la lavandería y las cocinas se produce, principalmente, en las lavadoras así como en los grifos y equipos de lavado existentes en las mismas. En el apartado correspondiente se analizarán los respectivos equipos consumidores de lavandería y cocina.

Riego de jardines

La Residencia cuenta con pequeñas zonas ajardinadas que disponen de sistema de riego programado.

8.3.2. Agua Caliente Sanitaria (ACS)

Para la producción de A.C.S. se emplean dos calderas de gasóleo C, en acero de 6 Kg/cm² y 240.000 Kcal/h. Una de ellas es de reserva.

La sala de calderas cuenta con dos depósitos de acumulación de 6.000 litros de capacidad, suficientes para satisfacer los perfiles de demanda previstos con un tiempo de preparación mínimo de tres horas. No se superan los 58 °C en los depósitos de acumulación, ni se distribuye a más de 50 °C.

Para el calentamiento, los depósitos cuentan con un intercambiador interior de forma tubular en contacto con el agua de red acumulada, la cual debe ser calentada y mantenida a la temperatura de consigna de 58 °C. Cada uno de los circuitos de los depósitos disponen de un termostato de entrada y salida para el control de la temperatura del sistema de calentamiento.



Fig. 8-18: Depósitos acumuladores y termostatos de control de temperatura

La temperatura continua de acumulación, por motivos sanitarios, ha sido modificada en el Real Decreto 865/2003 del 4 de Julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la Legionelosis (BOE de 18 de Julio de 2003). En él se fija una temperatura mínima de acumulación de 60 °C.

En cumplimiento del DB-HS (Salubridad), se aconseja el aislamiento del tendido de tuberías en aquellas secciones en las que discurren pegadas a los interacumuladores y se trate de agua fría para el consumo humano.

8.4. CERRAMIENTOS

El solar donde se ubica la Residencia está situado en una colina junto al embalse de Cubillas (Atarfe). Se trata de un edificio exento, sin edificios cercanos que puedan producir sombras.

La Residencia está constituida por un núcleo central, del que parten cuatro alas formando 45° con los ejes principales de la edificación central. Al estar dichos ejes orientados en las cuatro direcciones principales (ejes Noroeste-Sureste y Noreste-Suroeste), las fachadas de las alas se orientan según los ejes Norte-Sur y Este-Oeste.

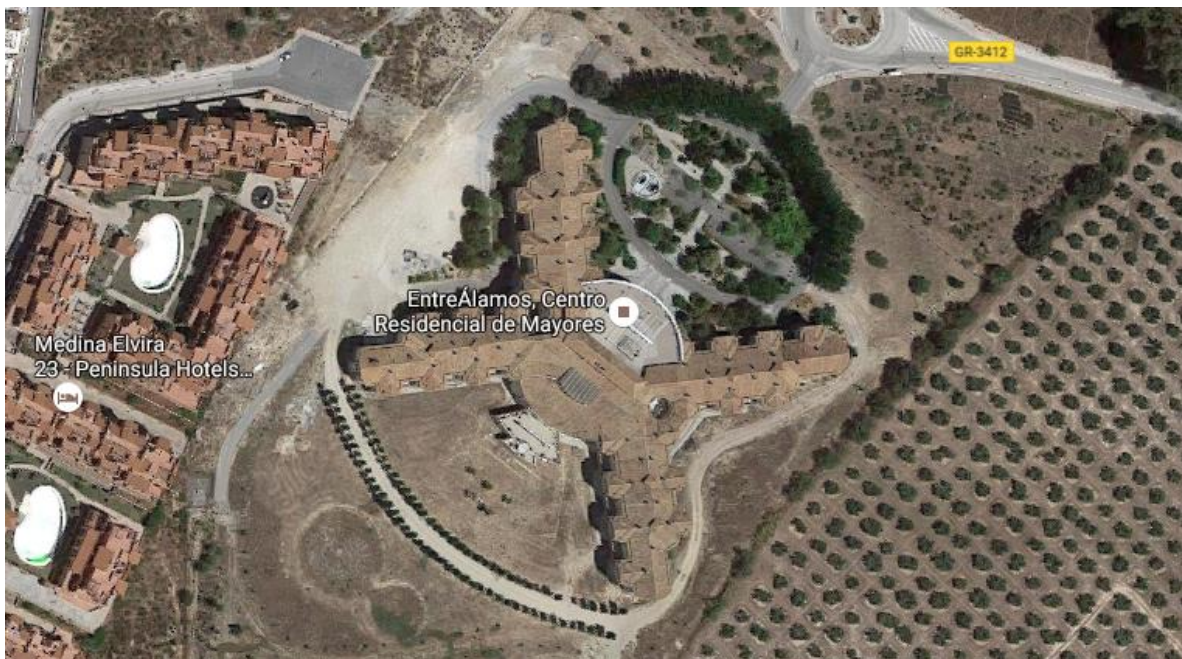


Fig. 8-19: Orientación del edificio

La determinación de la zona climática de la Residencia para Mayores se ha realizado mediante el DB-HE.- Ahorro de Energía. Como el desnivel entre la localidad (Atarfe: 602 m.) y la capital de su provincia (Granada: 738 m.) es inferior a 200 m, se considera la misma zona climática para ambas localidades. Por tanto, le corresponde la zona climática A4.

A continuación, se procede a describir la envolvente principal del edificio así como los cerramientos que delimitan los locales climatizados:

- En los cerramientos exteriores de fachada, hay que diferenciar las siguientes zonas:

- *Alas en sótano:* se realizan con muro de mampostería de piedra, con cámara de aire y tabique de bloques de hormigón aligerado de 10 cms de espesor.
- *Zona central en sótano:* se realiza con muro de hormigón armado para contención de tierras en la zona bajo rasante, y en el resto se realiza con muro monocapa de bloques de hormigón aligerado de 25 cms, asegurando aislamiento termo-acústico.
- *Alas en planta:* se realiza con muro monocapa de bloques de hormigón aligerado de 25 cms, en planta baja se aprecia un zócalo de mampostería de 1 metro de altura sobre el nivel del forjado.
- *Zona central en planta:* se realiza con muro monocapa, con bloques de hormigón aligerado de 25 cms.

Destacar que las diferentes fachadas del edificio están compuestas, de exterior a interior, por:

- Bloque de termoarcilla de 24 cm.
 - 2 cm. de poliestireno.
 - Enlucido y guarnecido de yeso.
- Las medianeras entre alas y núcleo central, están constituidas, siempre de exterior a interior, por las siguientes capas:
- Enlucido y guarnecido de yeso.
 - Bloque de termoarcilla de 7,5 cms.
 - Bloque de termoarcilla de 7,5 cms.
 - Enlucido y guarnecido de yeso.

En separaciones de zonas de diferente uso y entre apartamentos se utiliza bloque en doble capa con espesor de 7,5 cms y aislante de fibra de vidrio, consiguiendo espesores de 18 cms.

- Las cubiertas de los locales climatizados, que están en contacto con el exterior son cubiertas de teja árabe, que de exterior a interior se forman por las siguientes capas:
- Teja curva.

- 5 cm de poliexpan.
- Riego asfáltico.
- Mortero de cemento.
- Forjado de hormigón.
- Cámara de aire horizontal.
- Escayola.

En la siguiente ilustración se puede apreciar la cubierta dispuesta en el núcleo central así como en cada una de las alas correspondientes a las dependencias de los residentes:



Fig. 8-20: Cubierta de la Residencia

- Los forjados de separación entre plantas, se encuentran constituidos por:
 - Baldosín catalán.
 - Mortero de cemento.
 - Forjado de hormigón de 25 cms.
 - Cámara de aire horizontal.
 - Escayola.
- Además de estos cerramientos exteriores, la tabiquería interior está constituida por:
 - Enlucido y guarnecido de yeso.
 - Bloque de termoarcilla de 7 cms.
 - Enlucido y guarnecido de yeso.

La residencia en general dispone de tabiquería de bloques de hormigón aligerado de 10 cms de espesor.

- Solados y alicatados, en los baños destaca baldosa de mármol y en las zonas generales de servicio y cocina se revisten con alicatado de azulejo cerámico liso, y solado de micromármol de grano medio de 40*40 cms.

La solería de las habitaciones es de cerámica compacta, las zonas comunes están soladas con el mismo tipo de cerámica con cenefas en cerámica de mármol. Las alas en planta sótano son ejecutadas con una solera de hormigón con tratamiento superficial antideslizante.

- Toda la carpintería exterior se realiza en P.V.C reforzado con perfiles de acero inoxidable, se coloca doble acristalamiento consiguiendo un alto nivel de confort térmico y acústico. Las puertas de los apartamentos vienen realizadas en madera, con sistemas de apertura por tarjeta personalizada.
- Los acristalamientos se ejecutan con vidrio doble tipo climalit 6/4/6, sin tratamiento alguno, encastrados en carpintería de PVC.



Fig. 8-21: Cerramientos translúcidos

En algunas zonas comunes así como en las habitaciones, para reducir la incidencia solar, se disponen de estores o persianas.

8.5. LAVANDERÍA

En un edificio con las características del analizado en el presente estudio, el consumo en la zona de lavandería es significativo teniendo en cuenta que, al igual que en la cocina, es una zona de actividad los 365 días del año con un horario definido para el comienzo y finalización de las actividades.

Sin embargo, es preciso destacar que no existe una programación específica en la utilización de los equipos de lavandería. Se emplean según la necesidad existente, una vez realizada la recogida de ropas, sábanas, mantelería y toallas de la Residencia. El horario de trabajo empieza a las 9:00 y cesa a las 19:00 horas.

La ropa llega a la lavandería y se clasifica según la tipología en tres grupos diferenciados: mantelería y sábanas, toallas y la ropa de los residentes. En base a esta clasificación se establece el programa a emplear en cada una de las lavadoras, así como en las secadoras posteriormente.

Una vez finalizado el proceso de lavado y secado, la mantelería y las sábanas pasan por la calandra para su planchado, mientras que la ropa de los residentes es planchada mediante un equipo manual de planchado.

Los equipos principales empleados en lavandería son los que se muestran en la siguiente tabla:

Equipo	Marca	$Q_{\text{máx}}$ (kg)	P_e (kWe)	P_{GLP} (kWt)
Lavadora centrífuga	Girbau HS4040-PM	40	35	-
Lavadora centrífuga	Electrolux W3240H	22	25	-
Secador rotativo	Electrolux T5675	18	0,5	47,05
Plancha-secadora	Electrolux IC8 8119	80 kg/h	60	107,93
Plancha	Phillips Azur	-	2,6	-

Tabla 8-8: Características técnicas de los equipos de lavandería

En la lavandería es importante tanto el consumo eléctrico de equipos como las lavadoras y la plancha, así como el consumo de gas propano en la secadora y calandra.

A continuación se recogen una serie de características relativas a los equipos, climatización y las condiciones de ventilación en la lavandería:

- ✓ El agua caliente empleada por las lavadoras procede de los interacumuladores de ACS de la planta sótano.
- ✓ Para minimizar el impacto de las altas temperaturas alcanzadas en el interior de la lavandería se disponen de centrales compactas, las cuales permiten vehicular una gran cantidad de aire con unas mayores presiones disponibles.
- ✓ Al tratarse de un local que tiene aparatos de gas instalados en su interior, debe cumplir con lo indicado en la I.T.C. MI-IRG 05 en lo relativo a entradas de aire necesario para la combustión, y a la evacuación de los productos de la misma.
- ✓ Dado que los aparatos de lavandería disponen de conducto de evacuación de los productos de la combustión, la entrada directa de aire se debe haber realizado conforme a la Tabla 1 del apartado 2.2.3. de la I.T.C. MI-IRG 05.



Fig. 8-22: Equipos de lavandería

Por último, añadir que los trabajadores de la lavandería hacen un uso adecuado y eficiente de los diferentes equipos. Todos los equipos se dejan apagados tras el cese de la actividad; debiéndose las fluctuaciones en la potencia demandada al arranque de los motores de los equipos eléctricos.

8.6. COCINA

La cocina implica un consumo destacable en la Residencia para Mayores puesto que su utilización comprende los 365 días del año con un horario establecido entre las 8:00 h y las 22:00 h dividido en dos turnos, uno de ellos continuo de 8:00 a 17:00 h y otro fraccionado de 10:00 h a 15:00 h y de 19:00 h a 22:00 h.

Los horarios del servicio de comedor son:

- Desayuno: de 8:00 h hasta las 9:30 h
- Comida: de 13:00 h hasta las 14:30 h
- Cena: de 20:00 h hasta las 21:30 h

En la cocina se emplean equipos con alta potencia eléctrica; sin embargo, en algunos casos este uso es puntual, como por ejemplo, el equipo pelapatatas. Por otra parte, existen equipos con uso más prolongado y de mayor frecuencia a lo largo del año como el horno, las mesas calientes y la campana extractora.



Fig. 8-23: Equipos de cocina

Equipo	P (w)
Campana extractora	200
Mesa caliente	380
Pelapatatas	380
Freidora eléctrica top base neutra	16.500
Horno convección vapor	17.350
Lavavajillas 1.200 platos/h	10.600

Tabla 8-10: Características técnicas de los equipos de cocina

La cocina dispone de equipos de uso continuo las 24 horas del día durante todos los días del año como son las cámaras frigoríficas y de conservación. Las cámaras son modulares; es decir, se construyen por medio de paneles aislantes ajustándose a las necesidades de la cocina. Las cámaras existentes en el centro son las que se indican a continuación:

Equipo	Usos	t (°C)	P (w)
Cámara de conservación nº1	Zumos/pescados	3,5	750
Cámara de conservación nº2	Carne/frutas/verduras	5,7	750
Cámara de congelación	Congelador	-19,1	1.200

Tabla 8-11: Características técnicas de las cámaras de conservación de cocina

Para guardar los alimentos que con más frecuencia se utilizan en la cocina, ésta cuenta con 3 mesas refrigeradas. Son las que se indican en la tabla:

Equipo	Indicaciones	t (°C)	P (w)
Mesa refrigerada nº1	Tº comprendida entre -2°C y 10°C	4	425
Mesa refrigerada nº2	Tº comprendida entre -2°C y 10°C	2	425

Tabla 8-12: Características técnicas de las mesas refrigeradas de cocina



Fig. 8-24: Mesas refrigeradas

En cuanto a los equipos centrales de cocina, emplean para su funcionamiento gas propano. El contador se encuentra en el exterior de la cocina y es compartido el suministro de gas con la lavandería.



Fig. 8-25: Equipos de cocina a gas propano

Las características de los equipos de consumo son:

Equipo	Uds.	P (w)/Ud.
Cocina	2	20.800
Fry-Top	2	7.500
Sartén	1	18.500
Baño María	2	2.800
Parrilla	1	8.500
Marmita	1	24.000
Horno convección	1	38.000

Tabla 8-13: Características técnicas de los equipos de cocina a gas propano

Dada la potencia instalada, existe una entrada de aire conectada a un conducto de ventilación que comunica directamente con el exterior.

8.7. HABITACIONES

La Residencia cuenta con un total de 104 habitaciones distribuidas por planta de la forma en la que se muestra:

PLANTA	ALA	Nº habitaciones
Baja	A	13
	B	13
	C	13
	D	13
Alta	A	13
	B	13
	C	13
	D	13

Tabla 8-14: Distribución de las habitaciones

En cada ala de la residencia existen 5 tipos de habitaciones en función del tamaño de las mismas (oscilan entre los 50 y 56 m²). Todos los apartamentos son dobles compuestos de vestíbulo, salón, dormitorio y baño con ducha geriátrica. Destacar que los usuarios tienen la posibilidad de personalizar las habitaciones y utilizar diversos aparatos eléctricos como por ejemplo, una televisión, un ordenador, etc.



Fig. 8-26. Interior de las habitaciones

Tal y como se indicó en el apartado 8.1., la iluminación en las habitaciones está constituida por fluorescentes compactos de 26 W en apliques de pared, lámparas halógenas y por lámparas incandescentes en los aseos.

Respecto a la climatización de las habitaciones, cada una de ellas está dotada de un fancoil individual escondido en el falso techo.

8.8. OTROS CONSUMOS

Además de los principales sistemas y equipos descritos en los apartados anteriores, en las instalaciones de la Residencia hay otra serie de equipos consumidores de energía eléctrica cuyo consumo de forma individual no es representativo frente al total, pero que si se agrupan, si tienen un peso importante.

8.8.1. Ascensores

La Residencia cuenta con 2 ascensores hidráulicos con capacidad para 450 kg y 630 kg, puertas automáticas de 80x200 cm, y velocidad de 0,63 m/s. También es preciso destacar 2 portacamillas hidráulicas con capacidad para 1.000 kg.



Fig. 8-27. Ascensores

Las características de los equipos de consumo son:

Equipo	Uds.	P (w)/Ud.
Maquinaria ascensor hidráulico 450 kg	1	9.500
Maquinaria ascensor hidráulico 630 kg	1	11.800
Maquinaria ascensor hidráulico 1.000 kg	2	18.400

Tabla 8-15: Características técnicas de los ascensores

8.8.2. Office

La Residencia posee un total de 3 office, una por planta, para atender las necesidades del personal desde la planta semi-sótano hasta la planta alta. El office está equipado de diversos aparatos eléctricos como un tostador, un termo y un pequeño frigorífico.



Fig. 8-28: Aparatos eléctricos situados en el office

Las características de los equipos de consumo son:

Equipo	Uds.	P (w)/Ud.
Exprimidor de zumo, molinillo y varios	3	300
Botelleros (2), cubitos hielo	3	1.700
Lavavajillas	3	2.800
Tostador de pan	3	2.750
Cafetera	3	2.500
Termo	3	2.000

Tabla 8-19: Características técnicas de los equipos situados en el office

8.8.3. Despachos

La Residencia dispone de equipos ofimáticos en los despachos de la zona administrativa de la planta baja y en los despachos de la planta menos uno, como por ejemplo, el despacho del servicio de psicología, las salas de consultas médicas, etc.

Caben destacar equipos como impresoras, fotocopadoras y multifunción, y cortadoras de papel, ubicadas en los espacios mencionados anteriormente.



Fig. 8-29: Equipos en despachos

8.8.4. Instalación de Protección Contra Incendios

Las Instalaciones de protección contra incendios para esta Residencia, de acuerdo con los usos contemplados, son los siguientes:

- *Instalación de Detección:*

Dentro del edificio se centraliza toda la información de las instalaciones de detección contra incendios en una central que se ubica en la zona de control situada en la planta sótano, junto al vestíbulo principal de distribución. Existe también un panel repetidor de alarmas de la mencionada central en la zona de recepción situada en la planta baja.

Para garantizar la detección precoz del conato de incendio sin necesidad de presencia humana, existe un sistema de detección automática y alarma de fuego que cubre la totalidad de las superficies. El sistema dispone de los siguientes elementos:

- ✓ Detectores ópticos y termovelocímetros.
- ✓ Pulsadores de alarma.

✓ Central de control y señalización.

- *Instalación de Alarma:*

El sistema de alarma consiste en la instalación de una serie de sirenas que genera una señal audible en los diferentes sectores del edificio. Dicho sistema dispone de dos fuentes de alimentación.

- *Instalación de Extinción de Incendios:*

Consta básicamente de Bocas de Incendio Equipadas (BIE) y extintores portátiles. El sistema de abastecimiento de agua para las BIEs consiste en un aljibe y un grupo de presión.

Consta de una unidad de grupo hidroneumático compuesto por una bomba principal multicelular de tipo vertical para un caudal de 12 m³/h y 55 m.c.a. a 2900 r.p.m.; 50 Hz 220/380 V.

- *Instalación de Alumbrado de Emergencia:*

Se dispone instalación de alumbrado de emergencia en los siguientes emplazamientos:

- ✓ A lo largo de los recorridos de evacuación.
- ✓ En vestíbulos previos.
- ✓ En los locales técnicos de equipos contra incendios y cuartos de cuadros de distribución.

Las luminarias empleadas están formadas por lámparas fluorescentes de 9 W y 300 lúmenes, para una hora de autonomía y superficie de cobertura de 60 m².

Por último, tan solo destacar que la potencia de cálculo de la instalación contraincendios es de 15.000 W.

8.8.4. Otros consumidores

Dentro de este apartado se ha considerado incluir las bombas de achique ubicadas en la planta menos uno, para la evacuación de las aguas pluviales y agua ligeramente cargadas.



Fig. 8-30: Bombas de achique



Fig. 8-31. Máquina vending

Equipos con uso constante durante todo el año, aunque con una baja potencia como es la máquina *vending* de bebidas de la planta baja.

Existe algún equipo individual de apoyo para la calefacción, como por ejemplo alguna estufa eléctrica situada en el despacho ubicado en el interior del almacén, anexo a la cocina. Se trata de un equipo con un uso puntual pero con una potencia elevada de 1,5 kW.



Fig. 8-32: Estufa eléctrica

Aparte, la Residencia posee un sistema de video seguridad y un sistema de llamada paciente-enfermera.

9. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Gestionar la energía supone una serie de metodologías que tienen como finalidad optimizar su consumo, evaluando alternativas para disminuir la demanda al máximo, mejorar la eficiencia de los equipos, utilizar fuentes alternativas, etc. Para hacerlo, lo primero es realizar un diagnóstico de la situación existente, mediante la determinación de una serie de indicadores de demandas y consumos en los sistemas que realizan transformaciones energéticas. Esto se realiza a través de una serie de cálculos, para evaluar dónde y cómo se utiliza cada tipo de energía en una vivienda, edificio o instalación (auditoría). Estos indicadores darán lugar a unas condiciones de partida del estado de uso y eficiencia de los sistemas energéticos evaluados, a partir de los cuales valorar propuestas de mejora, que supongan en definitiva, un ahorro energético que sea rentable (tanto física como económicamente) al final del proceso respecto a la situación de partida.

El procedimiento es bastante complejo, y tan solo existen cuestiones generales en este sentido (normas UNE 216501-2009 sobre Auditorias, o UNE 216301-2007 sobre Sistemas de Gestión Energética). En este sentido, se va a utilizar el programa informático CE3X, reconocido por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y de Fomento, para la obtención de la calificación energética del edificio.

Por último, tan solo destacar que harían falta otra serie de datos y consideraciones adicionales que no pueden ser evaluados en esta aplicación, como mediciones con cámaras termográficas para evaluar defectos (puentes térmicos, sobrecalentamiento de cables eléctricos, motores, calderas, etc.), mediciones de humos en chimeneas para evaluar el estado de los quemadores en calderas, mediciones eléctricas (con multímetros o contadores), mediciones de calidad del aire y temperaturas, etc.

9.1. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

El programa se fundamenta en la comparación del edificio objeto de la certificación y una base de datos que ha sido elaborada para cada una de las ciudades representativas de las zonas climáticas, con los resultados obtenidos a partir de realizar un gran número de simulaciones con Calener. Al introducir los datos del edificio objeto, el programa parametriza dichas variables y las compara con las características de los casos recogidos en la base de datos.

De esta forma, el software busca las simulaciones con características más similares a las del edificio objeto e interpola respecto a ellas las demandas de calefacción y refrigeración, obteniendo así a las demandas de calefacción y refrigeración del edificio objeto.

Base de datos del método simplificado

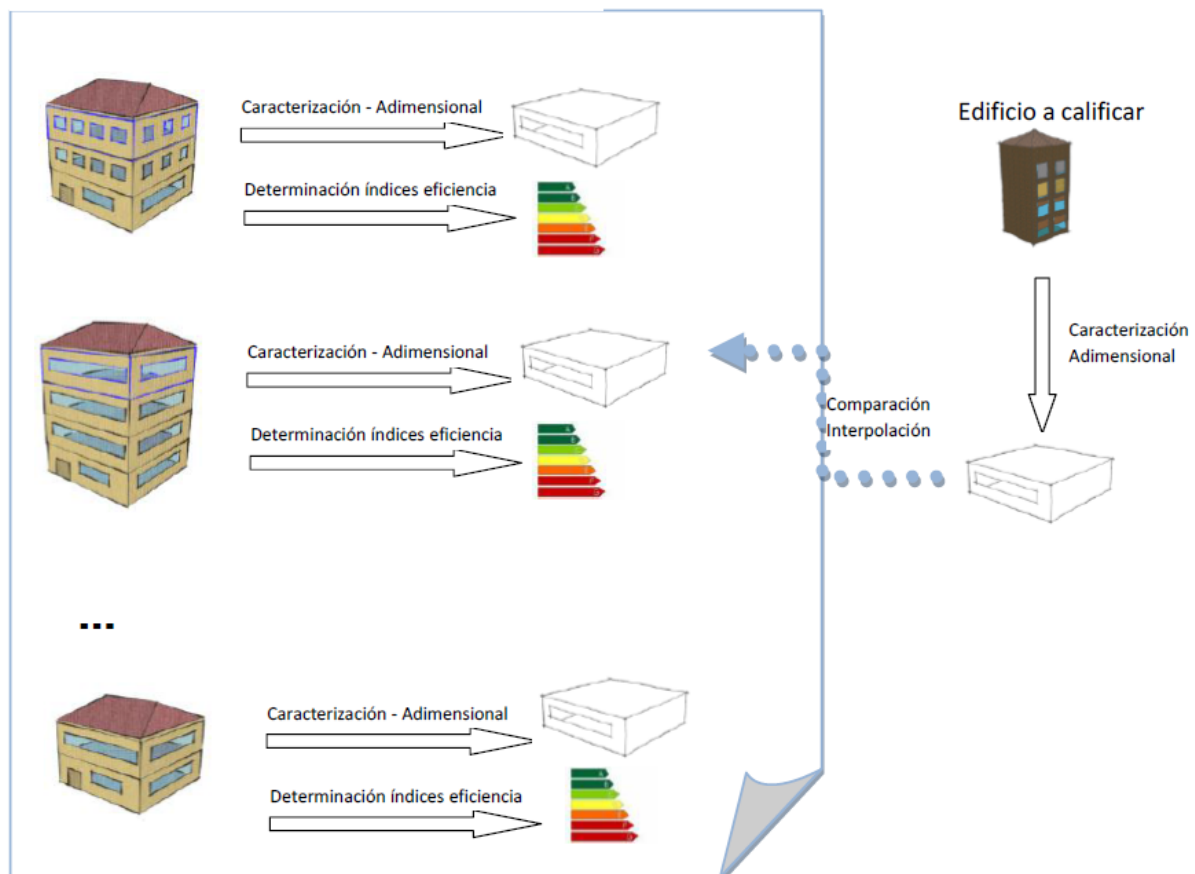


Fig. 9-1. Descripción funcionamiento CE3X

Este procedimiento de certificación permite la obtención de la etiqueta de eficiencia energética, que indica la calificación asignada al edificio dentro de una escala de 7 letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente).

Permite establecer una serie de conjuntos de medidas de mejora de eficiencia energética, la nueva calificación que la aplicación de cada conjunto de medidas de mejora supondría y la posibilidad de realizar un análisis económico del impacto de dichas medidas basado en los ahorros energéticos estimados por las facturas de consumo de energía.

9.2. INTRODUCCIÓN DE DATOS

9.2.1. Datos administrativos

Registra la información administrativa relativa al proyecto que no influye en el valor de la calificación, excepto la referencia catastral del edificio que nos indica la zona climática a la que pertenece así como la trayectoria solar.

Localización e identificación del edificio				
Nombre del edificio	Centro Residencial de Mayores EntreAlamos			
Dirección	Camino de Caparacena s/n, (junto al embalse de Cubillas)			
Provincia/Ciudad autónoma	Granada	Localidad	Otro	Código Postal
Referencia Catastral	9248102VG3294G0001TB	Atarfe		

Datos del cliente				
Nombre o razón social	Universidad de Jaen			
Dirección	Campus las Lagunillas s/n			
Provincia/Ciudad autónoma	Jaén	Localidad	Jaen	Código Postal
Teléfono	953000000	E-mail	universidad@ujaen.es	

Datos del técnico certificador				
Nombre y Apellidos	Daniel Mesa Buendia	NIF	77361214R	
Razón social	00	CIF	00	
Dirección	Calle Alcalde Monton Civera, 32			
Provincia/Ciudad autónoma	Jaén	Localidad	Jaen	Código Postal
Teléfono	669576676	E-mail	dmb00006@red.ujaen.es	
Titulación habilitante según normativa vigente	Grado en Ingeniería Mecánica			

Fig. 9-2. Datos administrativos en CE3X

9.2.2. Datos generales

Son aquellos datos imprescindibles para la obtención de la calificación del edificio objeto de proyecto y que afectan directamente a su valor final. Destacar que determinan los valores de aplicación por defecto para los diferentes cerramientos y sistemas en función de la normativa vigente.

Las principales consideraciones son:

- ✓ Altura libre de planta: al existir zonas con diferentes alturas se introduce la altura media ponderada en función de su superficie.
- ✓ Consumo total diario de ACS (l/día): teniendo en cuenta que el edificio es de uso residencial, la demanda diaria es:

$$Demanda\ ACS = 41 \frac{l}{dia} \cdot persona \times 208\ personas \times 0,80 = 6822,4\ l/dia$$

- ✓ El perfil de uso: intensidad de uso medio con funcionamiento diario de 24 horas.

Datos generales

Normativa vigente: NBE-CT-79 ? Año construcción: 1998

Tipo de edificio: Edificio completo Perfil de uso: Intensidad Media - 24h

Provincia/Ciudad autónoma: Granada Localidad: Otro Zona climática: A4 HE-1 HE-4 V

Atarfe

Definición edificio

Superficie útil habitable: 11011 m2

Altura libre de planta: 3.16 m

Número de plantas habitables: 3

Ventilación del inmueble: 0.48 ren/h

Demanda diaria de ACS: 6822.4 l/día

Masa de las particiones internas: Media

☐ Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Imagen edificio

Plano situación

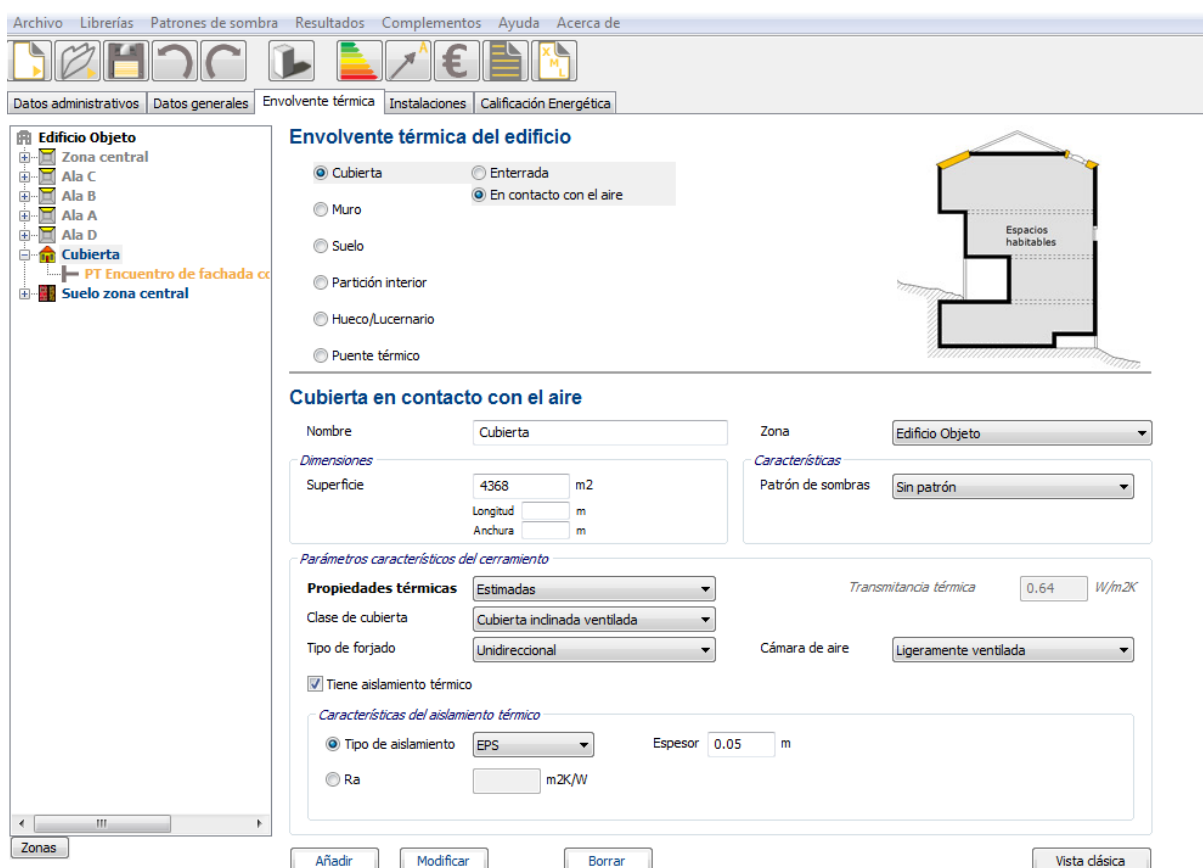
Fig. 9-3. Datos generales en CE3X

9.2.3. Envolvente térmica

La envolvente térmica está compuesta por todos los cerramientos que limitan entre espacios habitables y el ambiente exterior –aire, terreno, otro edificio- y todas las particiones interiores que limitan entre los espacios habitables y los espacios no habitables.

Destacar que la descripción de los cerramientos que componen la residencia objeto de estudio han sido detallados en el apartado 8.4. *Cerramientos*. Por tanto, a continuación tan sólo se procede comentar algunos aspectos característicos:

- Cubierta



Envolvente térmica del edificio

☒ Cubierta ☐ Enterrada ☒ En contacto con el aire

☐ Muro ☐ Suelo ☐ Partición interior ☐ Hueco/Lucernario ☐ Puente térmico

Cubierta en contacto con el aire

Nombre: Cubierta Zona: Edificio Objeto

Dimensiones
 Superficie: 4368 m²
 Longitud: m
 Anchura: m

Características
 Patrón de sombras: Sin patrón

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas
 Clase de cubierta: Cubierta inclinada ventilada
 Tipo de forjado: Unidireccional

Transmitancia térmica: 0,64 W/m²K

Cámara de aire: Ligeramente ventilada

☒ Tiene aislamiento térmico

Características del aislamiento térmico
☒ Tipo de aislamiento: EPS Espesor: 0,05 m
☐ Ra m²K/W

Zonas

Añadir Modificar Borrar Vista clásica

Fig. 9-4. Panel de cubierta en contacto con el aire

Los principales parámetros característicos de la cubierta son los siguientes:

Superficie (m ²)	Clase cubierta	Forjado	Aislamiento térmico	Transmitancia térmica (W/m ² K)
4368	Inclinada ventilada	Unidireccional	EPS (5 cm)	0,64

Tabla. 9-1. Parámetros característicos cubierta

- Muro

Debido a la geometría de la residencia de mayores analizada, es preciso distinguir dos tipos de muros:

- Muro en contacto con el terreno:* se corresponde con la planta bajo rasante de la zona central.

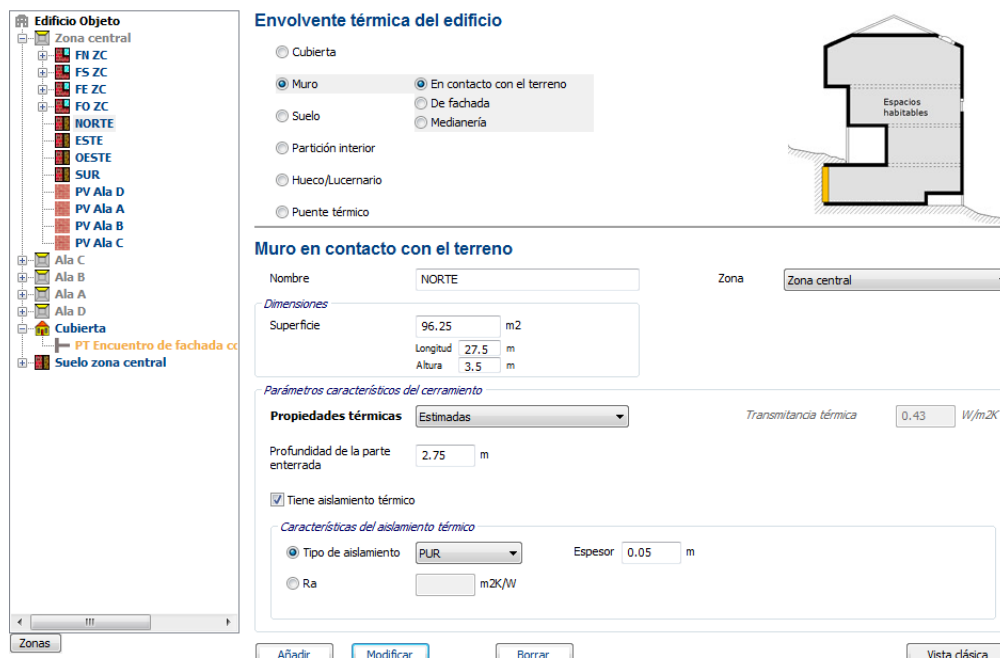


Fig. 9-5. Panel de muro de fachada en contacto con terreno

- Muro de fachada:* se corresponde con la fachada exterior del edificio.

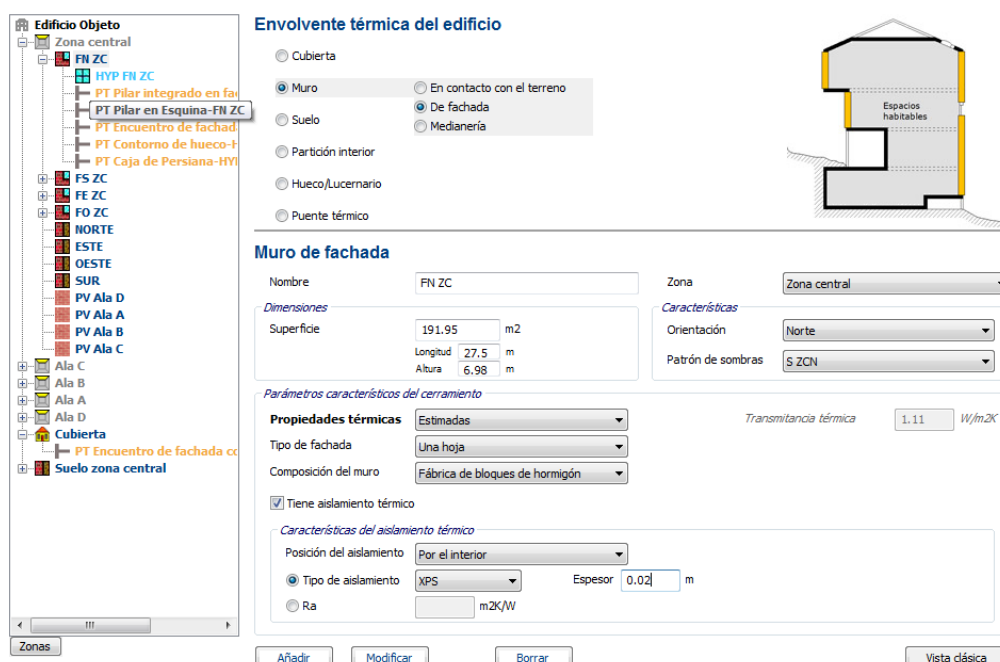


Fig. 9-5. Panel de muros de fachada

Tal y como se ha descrito en el apartado 8.4 *Cerramientos*, la mayor parte del cerramiento exterior del edificio se realiza con muro monocapa de bloques de hormigón aligerado de 25 cms, asegurando aislamiento termo-acústico. Los parámetros característicos se describen a continuación:

Tipo de fachada	Composición del muro	Aislamiento térmico	Transmitancia térmica (W/m^2K)
Monocapa	Fábrica de bloques de homigón	XPS (2 cm)	1,11

Tabla. 9-2. Parámetros característicos muro exterior

Patrones de sombra:

Para cada una de las fachadas descritas ha sido preciso indicar su patrón de sombras correspondiente. Destacar que se trata de un edificio exento, es decir, sin obstáculos a su alrededor. Por tanto, debido a la propia geometría del edificio los patrones de sombra se deben principalmente a las alas dispuestas alrededor de la zona central.

Los patrones de sombra de los obstáculos remotos permiten determinar la influencia de la sombra proyectada sobre el edificio en función de su posición, tamaño y orientación de aquellos obstáculos que las proyectan; en nuestro caso, las alas del edificio.

A modo de ejemplo, se procede a detallar el patrón de sombras generado sobre el ala C por el obstáculo (ala D).

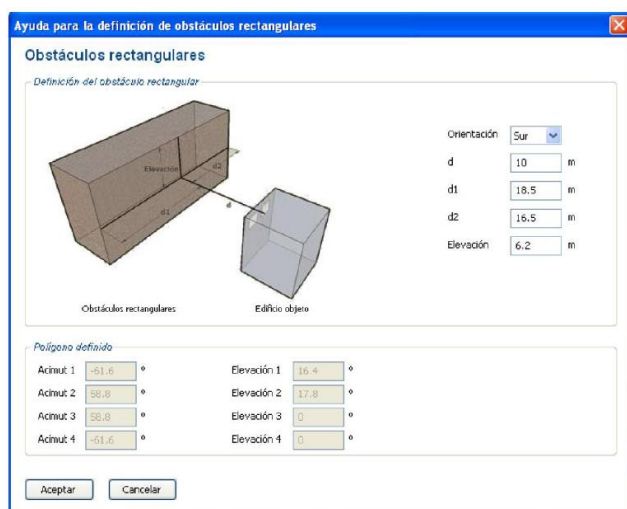


Fig. 9-6. Parámetros patrón de sombras

El programa facilita una opción simplificada para la obtención del patrón de sombras correspondiente a obstáculos rectangulares.

-Orientación: desde el punto (perteneciente al plano al cual se le va a aplicar el patrón de sombras) se traza la perpendicular al plano que proyecta la sombra. La dirección y sentido de dicha recta (partiendo siempre

Auditoría energética de centro residencial de mayores

desde el edificio objeto) es la que indica la orientación a introducir en este apartado.

- d (m): distancia de la línea perpendicular que une el plano al que se le aplica el patrón de sombras del edificio objeto con el plano que provoca la sombra del objeto remoto.
- d_1 (m): situándose en el punto de cálculo del patrón de sombra del edificio objeto y observando desde él el obstáculo remoto, d_1 es la distancia que hay desde la proyección de dicho punto sobre el obstáculo remoto hasta el final del obstáculo hacia la izquierda.
- d_2 (m): similar a d_1 hacia la derecha.
- Elevación (m): es la diferencia de cotas entre el punto de la superficie considerado para hallar el patrón de sombras y la elevación total del edificio que le proyecta sombra, situado frente a él.

Los parámetros característicos necesarios para definir el patrón de sombras sobre el ala C debido al ala D serían los siguientes:

Orientación	d (m)	d_1 (m)	d_2 (m)	Elevación (m)
Oeste	22,5	0	45	3,49

Tabla. 9-3. Parámetros patrón de sombras

Dando lugar a los grados acimut (α) y elevación (β):

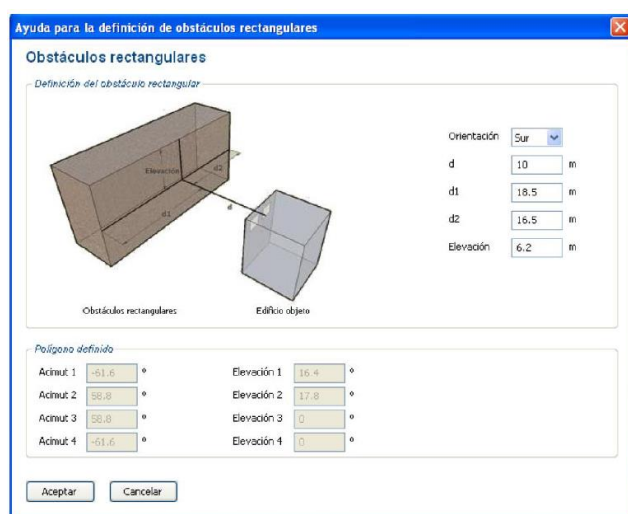


Fig. 9-7. Acimut y elevación sombras

Por último, tan solo destacar que este proceso de definición de patrones de sombras es preciso realizarlo para cada una de las fachadas del edificio objeto de proyecto.

- Suelo

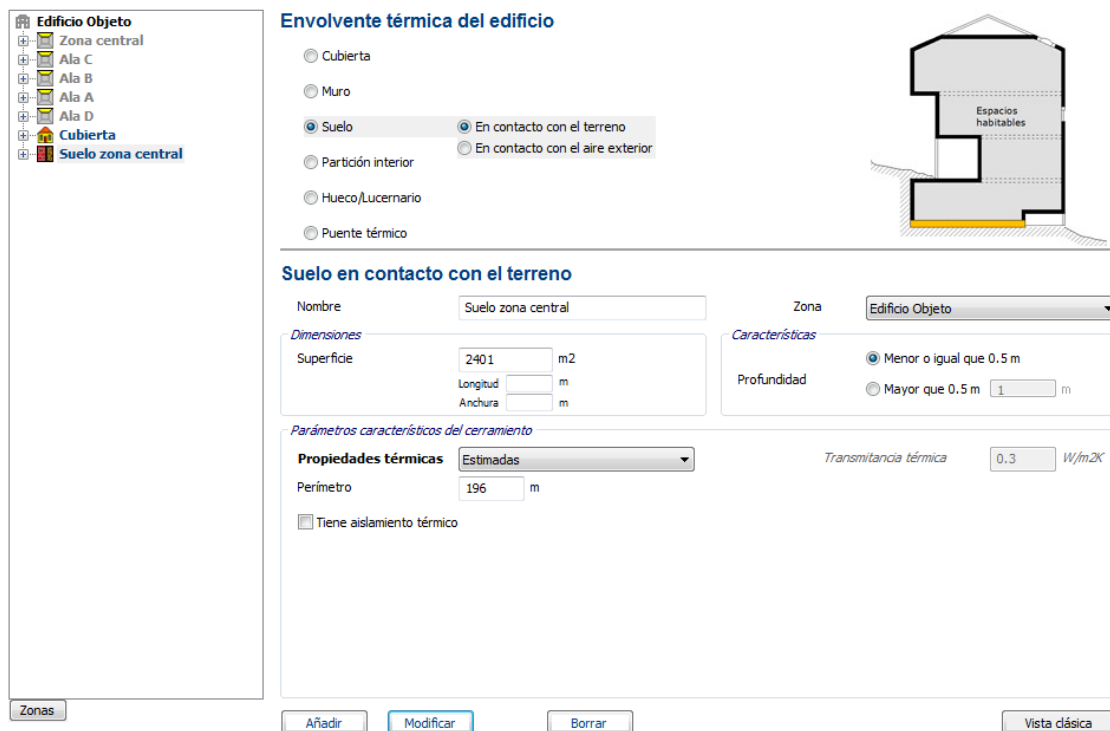


Fig. 9-9. Suelo en CE3X

Los parámetros característicos de la solería en contacto con el terreno son los siguientes:

Superficie (m ²)	Perímetro (m)	Transmitancia térmica (W/m ² K)
2401	196	0,30

Tabla. 9-4. Parámetros característicos de la solería

- Partición interior

Las zonas destinadas a garajes y almacenes de la planta sótano en cada una de alas del edificio han sido establecidas como no habitables; por este motivo, han sido preciso indicar las siguientes particiones interiores:

- ✓ *Partición vertical*: se corresponde al área de contacto entre el núcleo central y cada una de las alas de la planta sótano.
- ✓ *Partición horizontal en contacto con espacio NH inferior*: se corresponde al área de contacto entre la solería de la planta baja de cada una de las alas y las plantas sótano de los garajes.

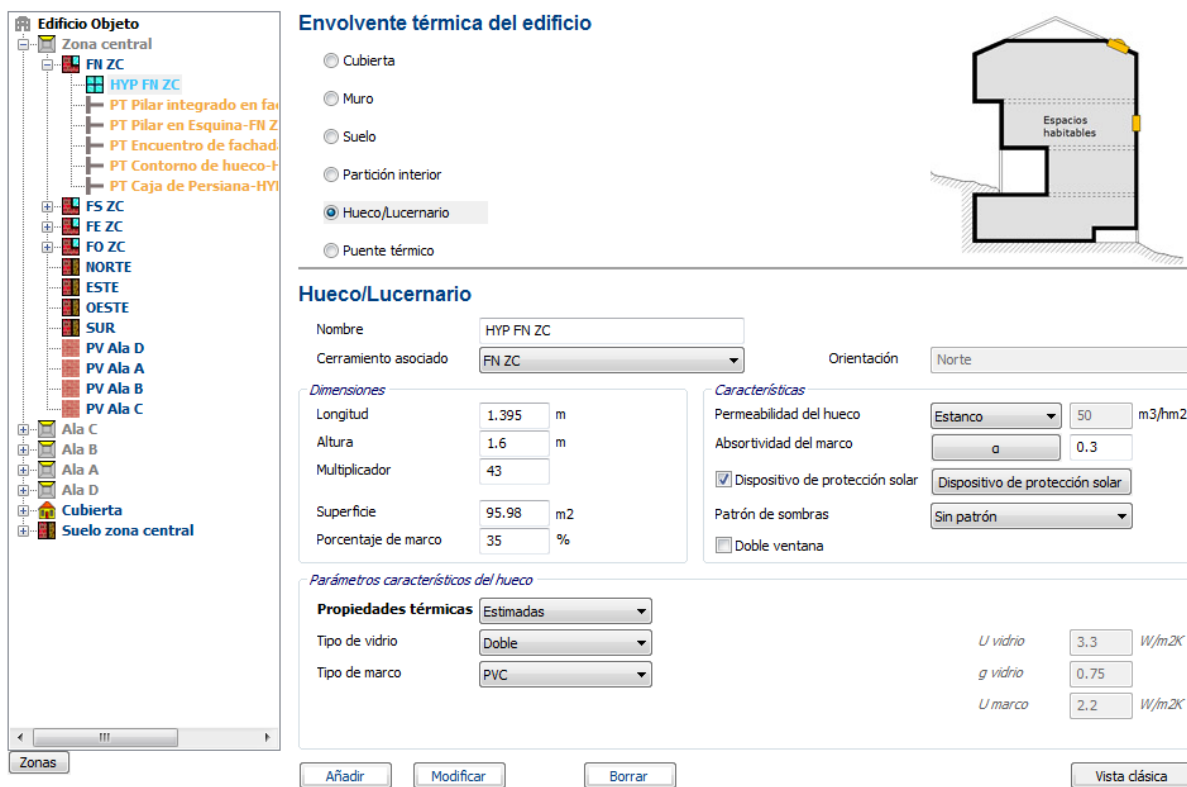
- Huecos

Los huecos permiten especificar las propiedades de las ventanas y puertas existentes en los cerramientos exteriores.

Tal y como se detallaba en el apartado 8.4 del presente proyecto, toda la carpintería exterior se realiza en P.V.C reforzado con perfiles de acero inoxidable, se coloca doble acristalamiento consiguiendo un alto nivel de confort térmico y acústico. Las ventanas se ejecutan con vidrio doble tipo climalit 6/4/6, con cámara intermedia, encastrados en carpintería de PVC.

Porcentaje de marco	Absortividad (α)	U_{vidrio} (W/m ² K)	g_{vidrio}	U_{marco} (W/m ² K)
30%	0,3	3,3	0,75	2,2

Tabla. 9-5. Parámetros característicos de la cristalería exterior



Envolvente térmica del edificio

- ☐ Cubierta
- ☐ Muro
- ☐ Suelo
- ☐ Partición interior
- ☒ Hueco/Lucernario
- ☐ Puente térmico

Hueco/Lucernario

Nombre: HYP FN ZC
Cerramiento asociado: FN ZC
Orientación: Norte

Dimensiones

Longitud: 1.395 m
Altura: 1.6 m
Multiplicador: 43
Superficie: 95.98 m²
Porcentaje de marco: 35 %

Características

Permeabilidad del hueco: Estanco 50 m3/hm²
Absortividad del marco: α 0.3
☒ Dispositivo de protección solar
Patrón de sombras: Sin patrón
☐ Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas: Estimadas
Tipo de vidrio: Doble
Tipo de marco: PVC

U_{vidrio} 3.3 W/m²K
 g_{vidrio} 0.75
 U_{marco} 2.2 W/m²K

Botones: Añadir, Modificar, Borrar, Vista clásica

Fig. 9-9. Huecos en CE3X

Por último, tan solo indicar que para en cada uno de los huecos de las fachadas exteriores se han definido los patrones de sombra debido a los retranqueos de la propia configuración de las ventanas existentes.

- Puentes térmico

Para cada una de las fachadas del cerramiento exterior se han definido sus correspondientes puentes térmicos para lo cual ha sido preciso determinar el tipo de puente térmico del que se trata, el cerramiento al cual se encuentra asociado, su valor de transmitancia térmica lineal y la longitud del mismo.

Los puentes térmicos considerados para la residencia de mayores analizada han sido los siguientes:

- Pilar integrado en fachada -> ϕ : 1,05 W/mK
- Pilar en esquina -> ϕ : 0,78 W/mK
- Contorno de hueco -> ϕ : 0,55 W/mK
- Caja de persiana -> ϕ : 1,49 W/mK
- Encuentro de fachada con cubierta -> ϕ : 1,04 W/mK
- Encuentro de fachada con forjado -> ϕ : 1,58 W/mK
- Encuentro de fachada con solera -> ϕ : 0,14 W/mK

Puente térmico por defecto

Definir puentes térmicos por defecto

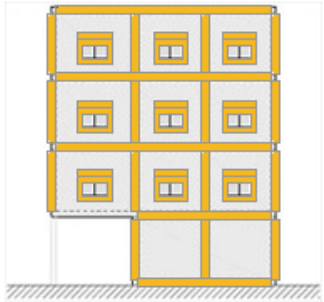
☒ Pilar integrado en fachada	
☒ Pilar en esquina	
☒ Contorno de hueco	
☒ Caja de persiana	
☒ Encuentro de fachada con forjado	
☒ Encuentro de fachada con cubierta	
☐ Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire	
☒ Encuentro de fachada con solera	

Fig. 9-10. Panel de puentes térmicos en CE3X

9.2.4. Instalaciones

El edificio a calificar está provisto de varios sistemas de instalaciones los cuales han sido definidos en el apartado 8. *Evaluación de sistemas e instalaciones* del presente proyecto.

9.2.4.1. Equipo de ACS

Tal y como se indicaba en el apartado 8.2.1 *Producción de calor*, las necesidades de ACS son cubiertas con caldera de gasóleo C.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS CALDERA	
Modelo	VULCANO SADECA
Combustible	Gasóleo C
Presión	6 kg/cm ² (5,88 bar)
Potencia	285 kW (ACS)
Rendimiento	83%
Escalones de potencia	2

Tabla 9-6: Características de las calderas de calefacción

Destacar la existencia de dos depósitos de acumulación de 6.000 litros de capacidad suficientes para satisfacer los perfiles de demanda de ACS previstos con un tiempo de preparación mínimo de 3 horas.

Equipo de ACS

Nombre
Zona

Características
Tipo de generador
Tipo de combustible

Demanda cubierta
ACS
Superficie (m2)
Porcentaje (%)

Rendimiento medio estacional
Rendimiento estacional
Rendimiento medio estacional
 %

☒ Con Acumulación

Valor UA
UA
 W/K

Volumen de un depósito
 l
Multiplicador
Tª alta
 °C
Tª baja
 °C

Fig. 9-11. Caldera de ACS en CE3X

9.2.4.2. Equipo de sólo calefacción

Las necesidades de calefacción de la residencia son cubiertas mediante una central de producción térmica constituida por dos calderas de gasóleo C. Se trata de una instalación de climatización del tipo agua-aire con producción centralizada de agua fría y caliente, y tratamiento de aire por locales mediante fan-coil y climatizadores de tratamiento de aire en los locales más grandes

En el apartado 8.2.1. *Producción de calor*, se especifican las características técnicas del sistema de calefacción así como de las diferentes unidades terminales dispuestas.

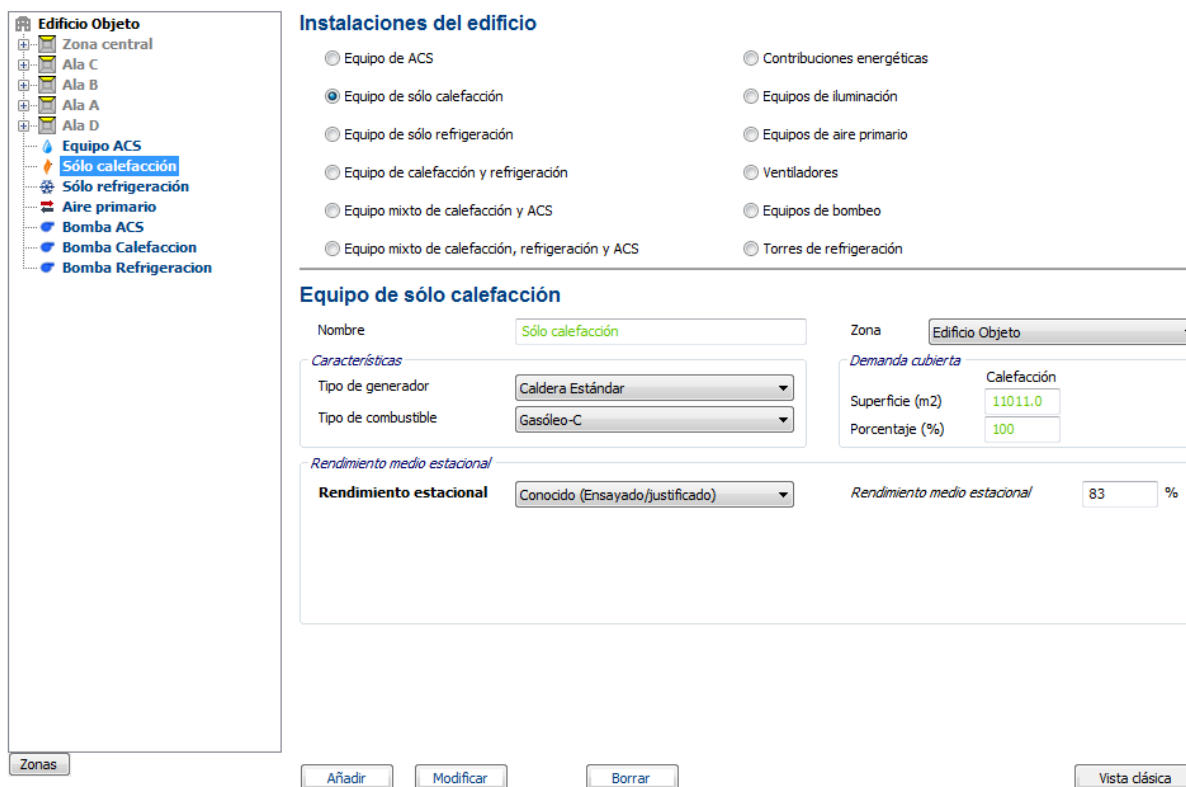


Fig. 9-12. Caldera de calefacción en CE3X

9.2.4.3. Equipo de sólo refrigeración

Las necesidades de refrigeración de la residencia son cubiertas mediante dos plantas enfriadoras condensadas por aire. En el apartado 8.2.2., se detallaba el sistema de producción de frío dispuesto.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS ENFRIADORAS	
Modelo	CARRIER 30RB0402-PEE
Potencia eléctrica	144 kW
Potencia frigorífica	299 kW
Eficiencia	2,7
Etapas	4

Tabla 9-7: Características de las enfriadoras

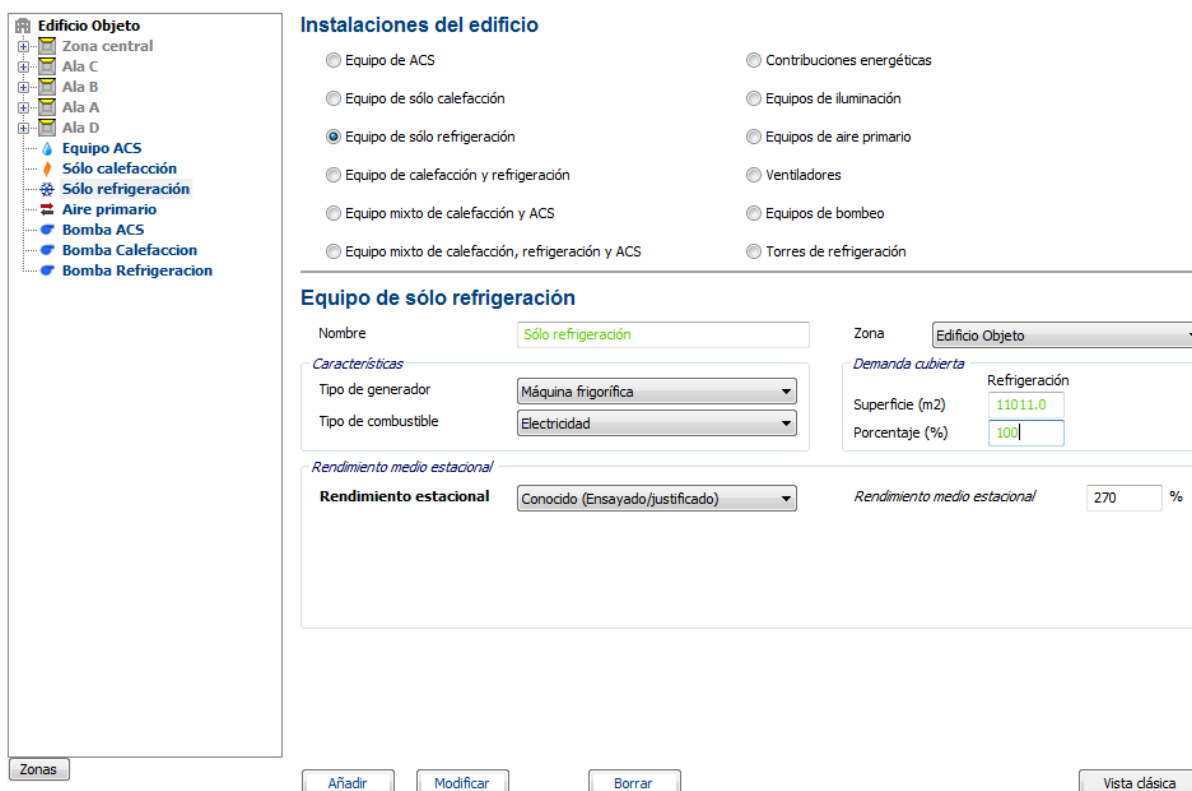


Fig. 9-13. Centrales de producción de frío

9.2.4.4. Otros sistemas

Se procede a detallar los sistemas correspondientes a los equipos de iluminación, equipos de aire primario y los equipos de bombeo. Destacar que en diferentes apartados del capítulo 8. *Evaluación de sistemas e instalaciones* se indicaron las características técnicas de los sistemas descritos.

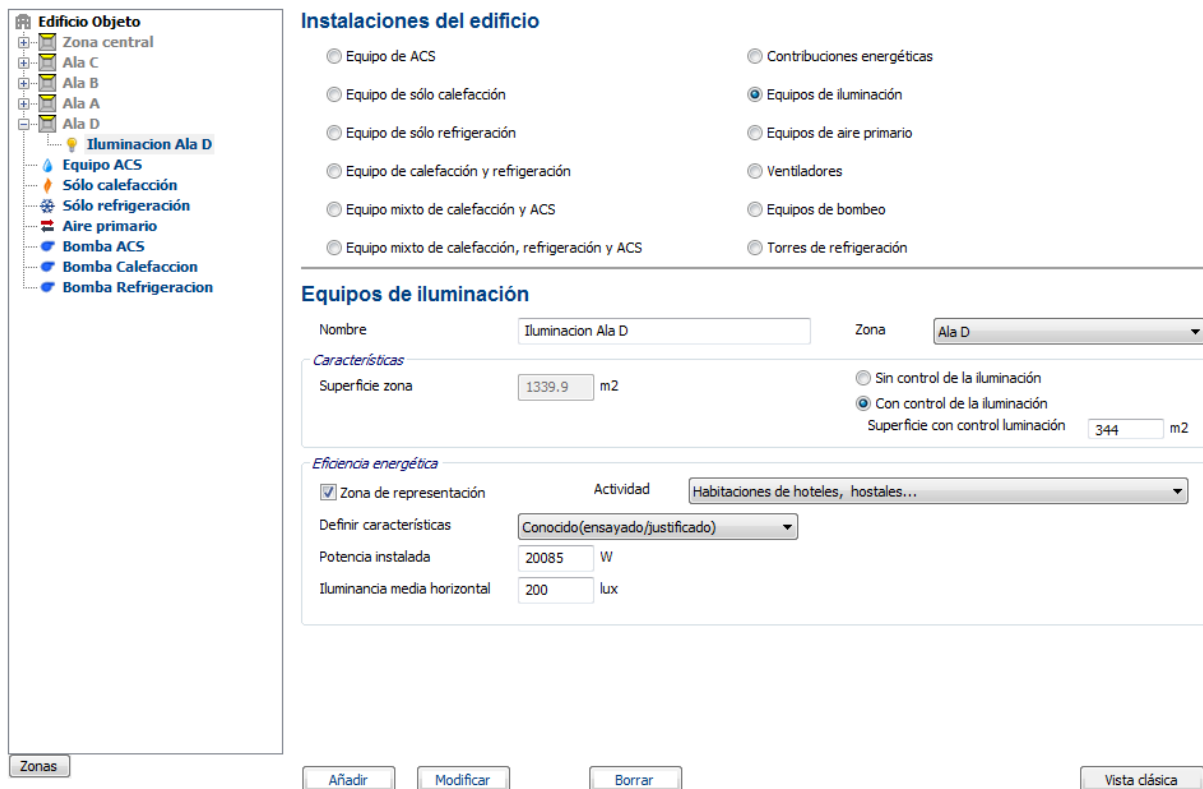
Por tanto, a continuación tan sólo se procede a detallar algunos parámetros característicos que son precisos introducir en el programa CE3X distinguiendo entre los diferentes locales que componen la residencia de mayores analizada:

LOCAL	DIMENSIONES			VENTILACIÓN		ILUMINACIÓN
	m ²	m	m ³	ren/h	l/s	P (w)
RECEPCIÓN	15	3	45	1	45	225
CONTABILIDAD	8	3	24	0,8	20	120
ADMINISTRACION	15	3	45	0,4	20	225
BANCO	17	3	51	0,4	20	225
BAZAR	17	3	51	0,4	20	225
VISITAS	17	3	51	0,4	20	225
DIRECCION	76,5	3	229,5	0,1	20	1147,5
HALL	104,5	3,8	397,1	1	394	1567,5
VESTIBULO 1	129	3	387	1	387	1935
ESTANCIA	8,8	3	26,4	1	26	131,3
VESTIBULO 2 y 3	95	3	285	1	285	1425
SALON ESTAR 1	119	3	357	0,7	250	1785
SALON ESTAR 2	119	3	357	1,1	400	1785
COMEDOR 1	119	3	357	1,2	440	1785
COMEDOR 2	119	3	357	1,1	400	1785
UCI	36	3	108	1	108	540
S. VISITAS UCI	11,8	3	35,4	0,6	20	177
ENFERMERIA	20,5	3	61,5	0,3	20	308,3
MUSICA	74	3,1	229,4	0,7	150	1110
BIBLIOTECA	57	3	171	0,4	60	1425
LECTURA	57	3	171	1,2	210	1425
SALA TELEVISION	39,5	3	118,5	1,8	210	592,5
SALA TV (II)	35,6	3	106,8	2	210	534
JUEGOS 1-2	41	3	123	0,5	60	1025
JUEGOS 3	42	3	126	0,5	60	1050
ESTAR	117	3	351	0,9	300	1755
COMEDOR 1	57	3,9	222,3	0,6	130	855
COMEDOR 2	29	3	87	0,9	80	435
VESTUARIOS F.	33,7	3,5	117,95	1,7	195	505,5
VESTUARIOS M.	36	3,5	126	2,1	270	540
SAUNA	35,8	3,5	125,3	1	125	536,6
GIMNASIO	114,8	3,5	401,8	1	402	1721,3
MEDICO	23,6	3,5	82,6	0,2	20	354
ATS	16,5	3,5	57,75	0,2	10	247,5
GIM-REHABILIT	20	3,5	70	0,4	30	300
BAÑO GERIATRICO	13,8	3,5	48,3	0,6	30	206,3
VEST. PERSO. F.	35,4	3,5	123,9	3,8	465	531
VEST. PERSO. M.	22,5	3,5	78,75	2,5	195	337,5
SACERDOTE	28,1	3,5	98,35	0,2	20	421,5
CAPILLA	162	3	486	1,7	850	2430
HABITACION (1)	50,82	2,7	137,214	1	149	331,5

Fig. 9-14. Características de los locales

- Equipos de iluminación:

En el apartado 8.1. *Iluminación* se indicaron, para cada una de las zonas de la Residencia y en función de la iluminancia requerida para cada una, el número de luminarias existentes, su distribución y los datos de iluminancia horizontal sobre el plano.



The screenshot shows the CE3X software interface for configuring building installations. On the left, a tree view under 'Edificio Objeto' shows the hierarchy: Zona central > Ala C > Ala B > Ala A > Ala D > Iluminacion Ala D. The main panel is titled 'Instalaciones del edificio' and lists various equipment types with radio buttons. 'Equipos de iluminación' is selected. Below this, the 'Equipos de iluminación' section shows the name 'Iluminacion Ala D' and zone 'Ala D'. The 'Características' section shows 'Superficie zona' as 1339,9 m2 and 'Superficie con control luminación' as 344 m2, with 'Con control de la iluminación' selected. The 'Eficiencia energética' section shows 'Zona de representación' checked, 'Actividad' as 'Habitaciones de hoteles, hostales...', 'Definir características' as 'Conocido(ensayado/justificado)', 'Potencia instalada' as 20085 W, and 'Iluminancia media horizontal' as 200 lux. At the bottom are buttons for 'Zonas', 'Añadir', 'Modificar', 'Borrar', and 'Vista clásica'.

Fig. 9-15. Equipos de iluminación en CE3X

- Equipos de aire primario:

Los equipos de aire primario son aquellos encargados de gestionar la cantidad de aire exterior introducido al edificio para satisfacer las exigencias de renovación de aire por motivos de salubridad.

Como elementos de difusión, cabe destacar los siguientes:

- Rejillas lineales en zona de estar y comedor de planta baja.
- Difusores circulares de 6 y 8" en dependencias generales.
- Difusores lineales en Capilla.
- Rejillas de doble deflexión en habitaciones y vivienda del conserje.

En ambos casos, existe un conducto de retorno desde el límite del local hasta la unidad de tratamiento de aire, con su correspondiente compuerta de regulación.

- Equipos de bombeo:

Mediante la definición de equipos de bombeo se recogen las especificaciones de los equipos de movimiento de agua instalados en el edificio. En el apartado 8.2.3. *Bombeo y distribución de climatización y ACS* se describen las características técnicas del sistema de bombeo implantado en la residencia de mayores.

Las principales características de la distribución de equipos de bombeo en cada una de las instalaciones de la residencia (calefacción, refrigeración y ACS):

- Existen bombas de primario en cada caldera y planta enfriadora.
- Entre los circuitos primarios de producción (80/70°C) de cada una de las calderas de calefacción y los circuitos primarios de distribución (50/40°C), existen 2 bombas de primario por caldera.
- Cada uno de los cinco circuitos secundarios (zona central y alas) están provistos de una electrobomba doble, se distribuye igual tanto en frío como en calor.

Por tanto, es preciso introducir en CE3X los equipos de bombeo correspondiente a cada uno de los sistemas definidos. Para ello, tan sólo es preciso introducir el servicio asociado al sistema de bombeo y definir el consumo energético anual a partir de la potencia eléctrica de sistema y el número de horas de demanda.

A modo de ejemplo, se muestran los parámetros característicos del equipo de bombeo asociado al sistema de calefacción:

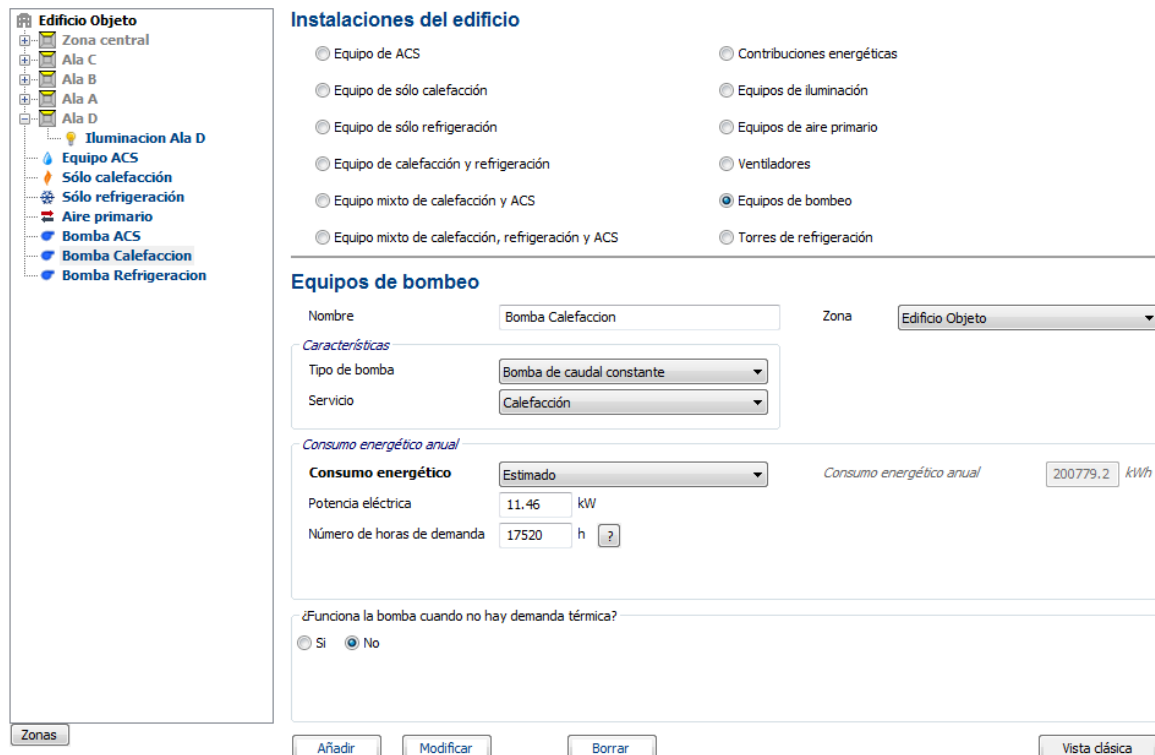


Fig. 9-16. Sistema de bombeo calefacción

- Potencia eléctrica del sistema: 11,46 kW

Bomba	Descripción	Modelo	Uds.	Caudal (m³/h)	Altura (m.c.a.)	Potencia (kW/ud)
BAC-1	Bombas de las calderas de calefacción	UPR-32/120	2	8	18	0,63
BPC-1	Bomba del circuito primario de calefacción	LMD-100/200/187	1	50	12	2
BZ-1	Circuito secundario para climatización (zona central)	LMD-100/200/200	1	43	10	2,2
BZ-2;5	Circuito secundario para climatización (alas A-D)	LMD-85/125/117	4	22,5	15	1,5

- Horas anuales funcionamiento: 17520 horas (6 horas diarias durante 4 meses de verano).

10. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Cuanto más completa y detallada sea la introducción de los datos referidos a la envolvente térmica y las instalaciones, más próxima se encontrará la calificación final del valor real de demandas y emisiones asociadas al edificio que se certifica.

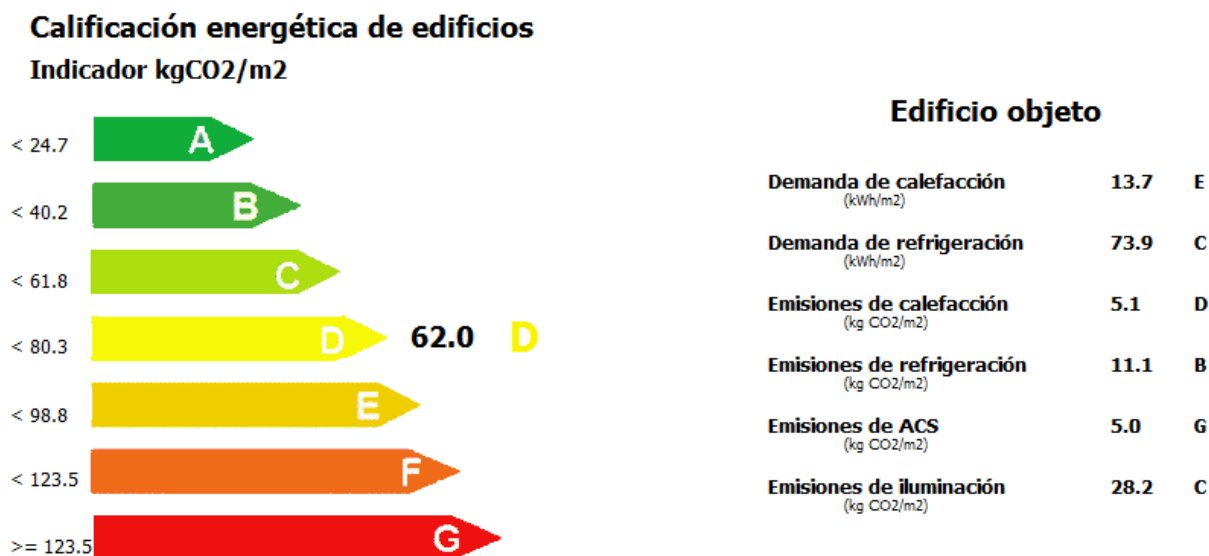


Fig. 10-1: Calificación energética de la residencia de mayores

La calificación global del edificio ha sido la letra D, se procede a detallar los diferentes parámetros asociados a dicha calificación:

✓ *Demanda de calefacción y refrigeración (kWh/m²):*

Indica las necesidades de calefacción y refrigeración del edificio certificado a lo largo del año, para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación. Estos valores dependen de las características de la envolvente del edificio, zona climática donde se ubique, uso, etc.

✓ *Emisiones de calefacción, refrigeración, ACS e iluminación (kg CO₂/m²):*

Indica las emisiones del edificio debidas a las demandas correspondientes así como a la eficiencia de las instalaciones que dan servicio a dicha demanda, a lo largo del año. Estos valores dependen del consumo energético asociado a las demandas y a las características de las instalaciones del edificio.

11. CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Como documento normativo de referencia para el ahorro energético en las instalaciones, el Ministerio de Fomento ha desarrollado el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE), que pertenece al Código Técnico de la Edificación, y cuya última actualización data del año 2013.

El objetivo del documento consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovables, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

El documento cuenta con varias secciones que responden a las exigencias básicas de ahorro de energía:

- **Sección HE0: Limitación del consumo energético.**

Esta sección trata de la limitación en el consumo de energía. Establece las pautas a seguir para establecer la caracterización y la cuantificación de la exigencia, así como el procedimiento de verificación y justificación de dicha exigencia.

No contempla en su ámbito de aplicación las intervenciones en edificios existentes, por lo que no será considerada.

- **Sección HE1: Limitación de la demanda energética.**

Se expone la información acerca de la envolvente de los edificios. Se indica que los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética para alcanza el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad del aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor.

Expone que es de aplicación en intervenciones en edificios existentes “*cualquier trabajo u obra en un edificio existente distinto del que se lleve a cabo para el exclusivo mantenimiento del edificio*”, por lo que se debe tener en cuenta los aspectos normativos recogidos en esta sección.

Las transmitancia térmica y permeabilidad al aire de los huecos y la transmitancia térmica de las zonas opacas de muros, cubiertas y suelos, que formen parte de la envolvente térmica del edificio, no debe superar los valores establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

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

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

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

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

Tabla 11-1: Transmitancias térmicas máximas y permeabilidad HE-1

Como se puede apreciar en la tabla adjunta, los cerramientos de la envolvente térmica del edificio cumplen con las limitaciones de la normativa; sin embargo, aun no siendo obligatoria su implantación se va a proceder a proponer la mejora del aislamiento de cada una de las partes que conforman la envolvente con el objetivo de reducir las demandas de climatización.

DESCRIPCION	LIMITACIÓN DB -HE1	EDIFICIO	SITUACIÓN
CUBIERTA (W/m ² K)	0,8	0,64	Cumple
FACHADA (W/m ² K)	1,25	1,11	Cumple
SOLERA (W/m ² K)	0,8	0,3	Cumple
HUECOS (m ³ /hm ²)	<50	<50	Cumple

Tabla. 11-2: Cumplimiento limitación DB-HE1

- **Sección HE2: Rendimiento de las instalaciones térmicas.**

En la sección HE2 se expone que los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.

“Se aplicará a las instalaciones térmicas en los edificios de nueva construcción y a las instalaciones térmicas que se reformen en los edificios existentes”, y que se entenderá como reforma de una instalación térmica “la sustitución de un generador de calor o frío por otro de diferentes características”, entre otros, por esta razón también se tendrá en cuenta la aplicación de los aspectos normativos de esta sección.

- **Sección HE3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.**

La sección H3 habla de las instalaciones de iluminación, establece los parámetros para que los edificios dispongan de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficientes energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan una determinadas condiciones.

Esta sección es de aplicación en *“intervenciones en edificios existentes con una superficie útil total final superior a 1000 m², donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada”*, entre otros. En nuestro edificio no es preciso proceder a la renovación de una cantidad superior al 25% de las luminarias debido a las óptimas propiedades de una importante cantidad de ellas, además se dispone del citado sistema de control. Por este motivo, no es de aplicación la sección HE3.

- **Sección HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (ACS).**

La sección H4 detalla que en los edificios con previsión de demanda de agua caliente sanitaria o de climatización de piscina cubierta, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante

la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio o de la piscina.

Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

Esta sección también será de aplicación dado que se aplicará a “*edificios de nueva construcción o a edificios existentes en que se reforme íntegramente el edificio en sí o la instalación térmica, o en los que se produzca un cambio de uso característicos del mismo, en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria superior a 50 l/d*”, entre otros.

La contribución solar mínima en % se determina a partir de la demanda total de ACS y la zona climática:

- *Demanda ACS:*

$$\text{Demanda ACS} = 41 \frac{l}{\text{día}} \cdot \text{persona} \times 208 \text{ personas} \times 0,80 = 6822,4 \text{ l/día}$$

- *Zona climática:* IV

Tabla 2.1 Contribución solar mínima anual para ACS en %.

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

Tabla. 11-3: Contribución solar mínima para ACS

- **Sección HE5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.**

En los edificios que así se establezca, se incorporarán sistema de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o vertido a la red. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos.

12. PROPUESTAS DE MEJORA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO.- CONTRIBUCIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Esta medida de mejora consiste en la instalación de un sistema de energía solar térmica que contribuya al abastecimiento de ACS del edificio. Para ellos se ha realizado un estudio de producción de ACS con vistas a obtener la contribución solar mínima necesaria para el edificio objeto de estudio y así cumplir con la normativa DB HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

El sistema funciona de tal manera que los captadores solares que componen la instalación solar vierten energía sobre los depósitos de acumulación, a través del intercambiador de calor, consiguiendo calentar el agua hasta la temperatura deseada. Cuando la instalación solar no consiga elevar el agua a la temperatura deseada, el sistema auxiliar, constituida por la caldera de gasóleo C, realiza el aporte energético necesario.

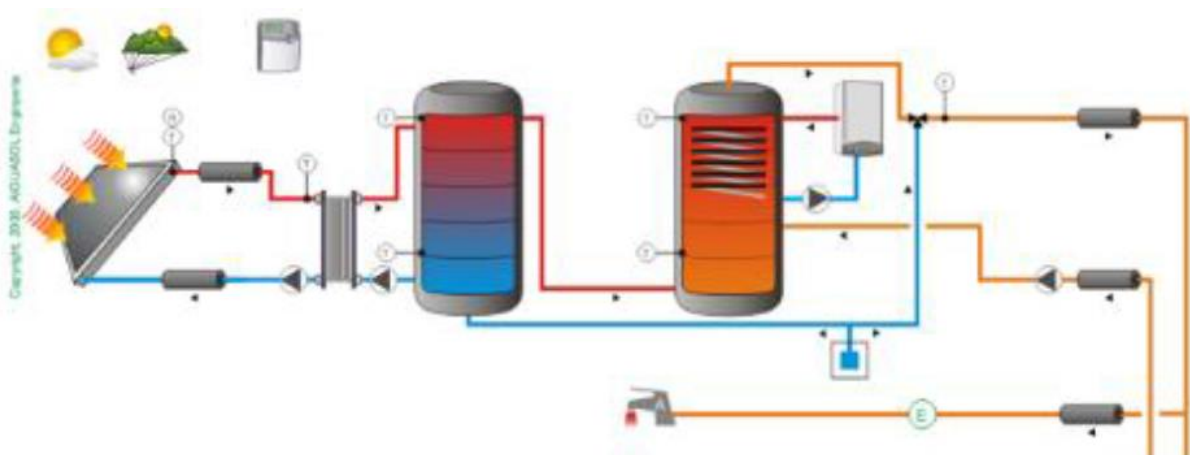


Fig. 12-1: Esquema instalación solar y caldera de apoyo para suministro de ACS

Con respecto al sistema de captación solar, se han instalado 42 captadores en paralelo modelo FKT-1 S de 2,24 m² cada uno, marca JUNKERS, en la cubierta del edificio con orientación Sur completando una superficie de absorción total de 94,08 m². Tienen una inclinación de 13°, que es la inclinación de los faldones de la cubierta, es decir, estarán superpuestos a la cubierta.

Dimensiones (mm)	2,070x1,145x90	Aislamiento	Lana mineral, 55 mm
Área total (m²)	2,37	Recubrimiento	PVD
Área del absorvedor (m²)	2,24	Circuito hidráulico	Doble serpentín
Peso en vacío (kg)	44	Factor de eficiencia	0,811
Presión trabajo máx. (bar)	10	Coef. Pérdidas línea	3,653 W/m ² K
Caudal nominal (l/h)	50	Coef. Pérdidas secundaria	0,0146 W/m ² K

Tabla 12-1: Características técnicas captadores solares

La acumulación de ACS correspondiente a la instalación solar será de 12.000 litros. Para ello se utilizan dos interacumuladores de 6000 litros modelo MXV6000 de Lapesa.

Para verificar el cumplimiento de la sección HE4 incluida en la exigencia básica HE Ahorro de energía del CTE se ha utilizado el software CHEQ4. A través de la entrada de datos relacionados con los captadores solares, su orientación, el sistema de acumulación, el equipo auxiliar o la zona climática del edificio, ofrece mediante un proceso de simulación dinámica el factor de aporte solar a la demanda total de ACS.

- ✓ La fracción solar obtenida para el edificio ha sido del 72% superior a la mínima exigida por el DB HE-4 del 70% según la zona climática del edificio objeto de estudio.
- ✓ La relación entre el volumen de acumulación y la superficie de captación es de: $V/A = 127,55$ litros/m², que está dentro de los rangos establecidos por el HE-4.

Como se ha comentado, la instalación solar cuenta con un sistema de apoyo tal y como exige el Código Técnico de la Edificación para toda instalación solar térmica. En la citada residencia, el equipo auxiliar se trata de la caldera de gasóleo C.

Con los resultados obtenidos es preciso destacar que durante los meses de verano, la demanda de ACS del edificio es prácticamente cubierta con la aportación solar siendo el consumo de equipo auxiliar nulo. Sin embargo, el aporte energético requerido del sistema auxiliar es mayor durante los meses de invierno donde disminuye el aporte de la instalación solar.

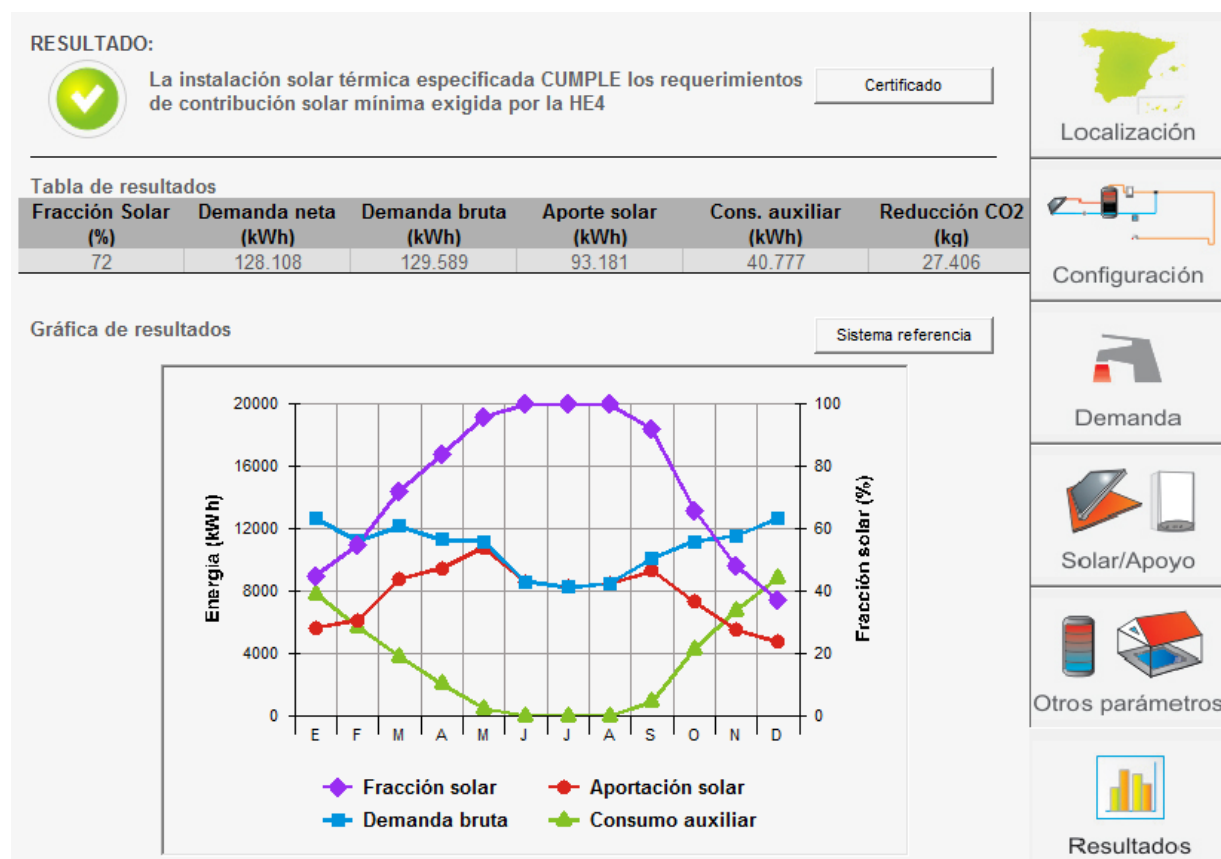


Fig. 12-2: Distribución aporte energético solar anual para ACS

12.1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Definido el edificio inicial y el nuevo sistema de sistema de energía solar térmica, junto con las instalaciones existentes en CE3X se califica la mejora propuesta:

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	13.7 E	13.7 E	0.0 %
Demanda de refrigeración	73.9 C	73.9 C	0.0 %
Emisiones de calefacción	5.1 D	5.1 D	0.0 %
Emisiones de refrigeración	11.1 B	11.1 B	0.0 %
Emisiones de ACS	1.4 D	5.0 G	72.0 %
Emisiones de iluminación	28.2 C	28.2 C	0.0 %
EMISIONES GLOBALES	58.4 C	62.0 D	5.8 %

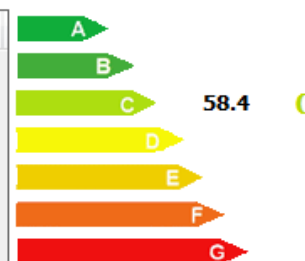


Fig. 12-3: Calificación energética mejora solar térmica

Auditoría energética de centro residencial de mayores

- ✓ Con la mejora propuesta la calificación energética global de la residencia pasa a la letra C.
- ✓ Tal y como se comentaba en apartados anteriores, las propuestas de mejora relativas a las instalaciones se reflejan en una reducción de las emisiones. En este caso, la mejora consiste en la instalación de un sistema de energía solar térmica que contribuya al abastecimiento de ACS del edificio; por tanto, el ahorro de emisiones de ACS entre el estado inicial y el caso propuesto coincide con el aporte solar indicado con el software CHEQ4 (72%).

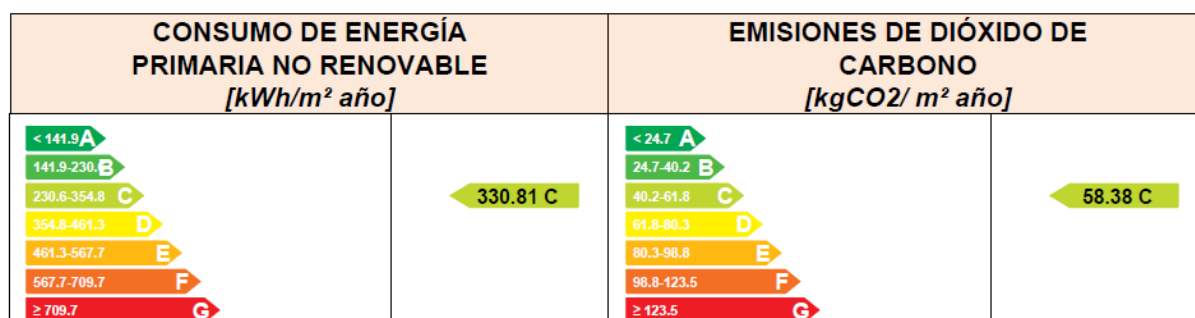


Fig. 12-4: Calificación energética global indicadores mejora solar térmica

El valor del indicador de consumo de energía primaria no renovable tras la nueva calificación global es de 330,81 kWh/m²año, mientras que el indicador global de emisiones de dióxido de carbono tras la mejora propuesta es de 58,38 kgCO₂/m²año.

Indicadores	Edificio referencia	Mejora instalación solar térmica ACS
Consumo de energía primaria no renovable (kWh/m²año)	344,5	330,81
Emisiones de dióxido de carbono (kWh/m²año)	62	58,38

Tabla 12-2: Comparativa indicadores mejora instalación solar térmica

- ✓ La energía primaria consumida se reduce respecto al edificio actual es un 3,97%:

$$344,5 \text{ kWh/m}^2\text{año} - 330,81 \text{ kWh/m}^2\text{año} = 13,69 \text{ kWh/m}^2\text{año}$$

- ✓ Las emisiones de CO₂ se reducen con respecto al edificio actual en un 5,84%:

$$62 \text{ kWh/m}^2\text{año} - 58,38 \text{ kWh/m}^2\text{año} = 3,62 \text{ kWh/m}^2\text{año}$$

12.2. PRESUPUESTO INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

La ejecución de esta mejora conlleva el siguiente presupuesto de ejecución material que contempla tanto el presupuesto de las medidas de mejora, las unidades de obra que intervienen indirectamente en el proceso constructivo, honorarios técnicos y las tasas correspondientes a la licencia de obra:

Ud.	Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio (€/ud)	Importe (€)
Ud	Captador solar térmico completo, partido, para colocación sobre cubierta inclinada, formado por 42 paneles de 2,24 m ² ; superficie absorbente y conducto de cobre; kit de montaje.	42	931	39.102
Ud	Fijaciones para captador solar térmico de 42 paneles sobre teja	42	46	1.932
l	Solución agua-glicol para relleno de captador solar térmico, para una temperatura de trabajo de -28°C a +200°C	60	4	240
Ud	Interacumulador de 6000 litros MXV de Lapesa	1	18.950	18.950
Importe total de la inversión (incluye mano de obra)				60.224 €

Fig. 12-5: Presupuesto instalación solar térmica

12.3. ESTUDIO ECONÓMICO

Mediante el estudio económico se valora y compara la repercusión económica de estas medidas de mejora, atendiendo a su coste de implantación y a la correspondiente reducción de la factura energética.

Para realizar el estudio económico se han obtenido los siguientes datos de fuentes oficiales del Instituto Nacional de Estadística:

Incremento anual previsto del precio de la energía	4,5%
Tasa de inflación prevista (IPC)	2,2%

Fig. 12-6: Datos económicos INE julio 2018

La vida útil de la mejora propuesta se establece en 20 años mientras que el coste del mantenimiento anual del sistema solar térmico es 500€.

La diferencia entre la energía final consumida de ACS de la situación inicial y la medida de mejora, multiplicado por el precio de la energía, indica el ahorro anual que conlleva la mejora.

Indicadores	Edificio referencia	Mejora instalación solar térmica ACS	Diferencia
Consumo de energía final (kWh/año)	177.355,74	49.659,61	127.696,13

Fig. 12-7: Comparativa consumo energía final ACS

Destacar que la energía utilizada para satisfacer la demanda de ACS del edificio, cuando el aporte solar térmico no es suficiente, es gasóleo C. Actualmente el precio de esta energía según los datos facilitados por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) son:

$$\text{Precio Gasóleo C} = 0,0724 \text{ €/kWh}$$

El plazo de recuperación de la inversión se indica a través del cálculo del plazo de amortización mientras el VAN, que contempla el incremento del precio de la energía y el tipo de interés, estima el valor actual de los desembolsos y de los ingresos en euros para la vida útil de la mejora indicada.

Coste de la inversión (€)	(*) Ahorro anual de la factura energética (€)	Periodo de amortización	
		Años amortización simple (años)	VAN (€)
60224	9.245,20	6,9	165.137,1

Fig. 12-8: Estudio económico mejora instalación solar térmica

(*) El ahorro anual de la factura energética aquí reflejado no incluye el incremento en el precio de la energía y el interés anual.

13. PROPUESTAS DE MEJORA.- ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE

Tal y como se pudo comprobar en el apartado 11. *Cumplimiento del Código Técnico de la Edificación* del presente proyecto, el edificio actual cumple la normativa *DB HE-1 Limitación de la demanda energética* debido a que los valores de las transmitancias térmicas de las fachadas, la solera, los huecos y las cubiertas son inferiores a los valores de transmitancia límite para la zona climática donde se ubica la residencia de mayores.

Sin embargo, la envolvente es un aspecto fundamental a tener en cuenta en la rehabilitación energética de un edificio. Una envolvente que disponga de aislamientos y un diseño de huecos adecuados, influye directamente en la demanda del edificio en cuanto a su climatización.

Por tanto, con el objetivo de mejorar la calificación energética global del edificio se van a proponer medidas de mejora en los cerramientos del edificio cuya implantación será valorada finalmente mediante el análisis económico pertinente.

13.1. AISLAMIENTO CUBIERTA

La necesidad de mejorar el aislamiento térmico de los tejados de la residencia de mayores se hace especialmente patente al considerarlos como las fachadas más expuestas, tanto en condiciones invernales como en condiciones estivales (esto es así por efecto de la radiación solar, que tiene la consecuencia de que la temperatura superficial de los materiales de acabado (tejas) sea superior a la temperatura del aire exterior).

Debido a la configuración de la cubierta del edificio, se propone realizar el aislamiento por el interior incorporando material aislante en la cámara de aire sobre el techo de escayola. Las técnicas analizadas han sido las siguientes:

- Inyección de poliuretano:

La espuma rígida de poliuretano es un material sintético duroplástico, altamente reticulado espacialmente y no fusible. Estas características hacen que en las densidades habituales necesarias para el correcto aislamiento térmico, el poliuretano contenga solamente una pequeña parte del volumen de materia sólida (con una densidad de 30 kg/m³, sólo el 3% del volumen aproximadamente es materia sólida).

- Insuflado de lana mineral:

El insuflado de material aislante térmico es una técnica que consiste en introducir aislamiento a presión, en cámaras y cavidades, de aquellos elementos de la envolvente del edificio, en los que se pretende mejorar su comportamiento térmico.

La lana mineral (MW) tiene un buen comportamiento como aislante térmico y acústico. Tiene clase de reacción al fuego A1 (Euro Clase) ya que es incombustible. Es resistente a la humedad y tiene una durabilidad alta (vida útil del edificio). La principal desventaja señalar que supone un consumo energético elevado para su fabricación.

En la siguiente tabla se recogen los espesores y la conductividad térmica:

Aislante	Espesor (cm)	Conductividad térmica (W/mK)
Poliuretano (PUR)	5	0,038
Lana mineral (MW)	5	0,037

Tabla 13-1: Conductividad térmica aislantes cubierta

13.1.1. Presupuesto ejecución

Se procede a detallar el coste por m² de cada una de las técnicas y aislamientos térmicos analizados para la mejora del cerramiento de cubierta:

Ud.	Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio (€/ud)	Importe (€)
m ²	Espuma de poliuretano inyectada "in situ", densidad de 12 a 18 kg/m ³ y conductividad térmica de 0,038 W/(mK), para el relleno de cámara de aire de 50 mm de espesor medio.	1	3,23	3,23
kg	Mortero de cemento, color gris, compuesto de cemento, áridos seleccionados y aditivos, tipo GP CSII W2.	0,6	0,21	0,13
h	Maquinaria para inyección de aislamiento en cámaras de aire	0,081	11,98	0,97
h	Mano de obra (oficial 1º aplicador y ayudante)	0,096	33,97	3,26
Importe total de la inversión (incluye % costes directos complementarios)				7,74 €

Tabla 13-2: Presupuesto unitario inyección espuma de poliuretano

Ud.	Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio (€/ud)	Importe (€)
kg	Nódulos de lana de vidrio, densidad 50 kg/m ³ , conductividad térmica 0,037 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego para relleno de cámaras.	2,45	2,10	5,15
kg	Mortero de cemento, color gris, compuesto de cemento, áridos seleccionados y aditivos, tipo GP CSII W2.	0,6	0,21	0,13
h	Maquinaria para insuflación de aislamiento en cámaras de aire	0,087	12,98	1,13
h	Mano de obra (oficial 1º aplicador y ayudante)	0,115	33,97	3,91
Importe total de la inversión (incluye % costes directos complementarios)				10,53 €

Tabla 13-3: Presupuesto unitario insuflado lana mineral

Conocidos el coste unitario de cada uno de los aislantes utilizados en las técnicas analizadas, se procede a calcular el coste de la inversión para el aislamiento completo de la cubierta de la residencia de mayores:

Inyección de poliuretano: 7,74 €/m² → 33.808,32 €

Insuflado de lana mineral: 10,53 €/m² → 45.995,04 €

13.2. AISLAMIENTO FACHADA

La propuesta de mejora para el cerramiento de fachada consiste en la instalación de un sistema SATE, cuyo objetivo es aislar térmicamente las fachadas por el exterior.

Al aislar exteriormente se dota al edificio de una envolvente continua que le proporciona las siguientes ventajas:

- Al ser aislamiento continuo en toda la fachada se reducen los puentes térmicos, de forma que se minimizan las pérdidas energéticas a través de la misma.
- Se reducen la aparición de humedades en el interior de los edificios gracias al aislamiento proporcionado que evita la aparición de puntos fríos en las paredes.

El revestimiento exterior se compone de un aislamiento térmico sistema Isofex “ISOVER”, de 4 cm de espesor formado por panel rígido de lana mineral:

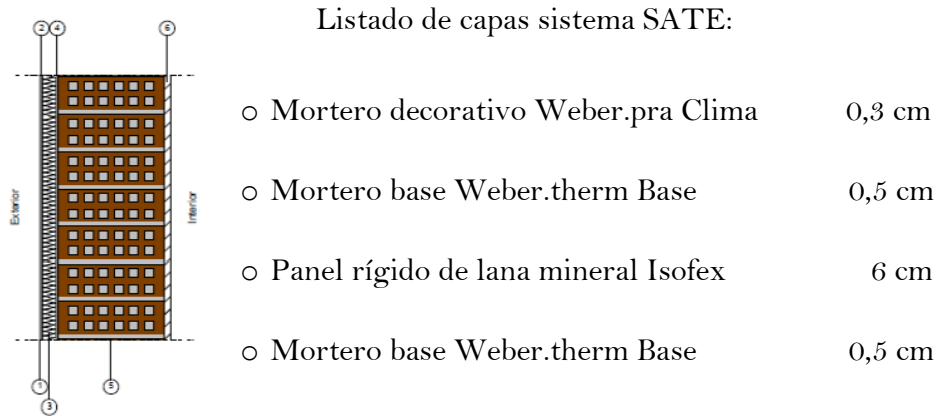


Fig. 13-1: Sistema SATE

13.2.1. Presupuesto ejecución

Se procede a detallar el coste unitario del sistema de aislamiento térmico exterior propuesto para la mejora del aislamiento de fachada:

Ud.	Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio (€/ud)	Importe (€)
m ²	Materiales para el aislamiento térmico por el exterior de fachadas, con el sistema Clima 34 “ISOVER”, compuesto por panel rígido de lana mineral de 60 mm de espesor, fijado al soporte con mortero polimérico de altas prestaciones reforzado con fibras y fijaciones mecánicas.	1	41,50	41,50
h	Mano de obra (montador y revocador: oficial y ayudante)	1,33	18,13	24,08
Importe total de la inversión (incluye % costes directos complementarios)				66,89 €

Tabla 13-4: Presupuesto unitario SATE fachada

Conocido el coste unitario del SATE analizado, se procede a calcular el coste de la inversión para el aislamiento completo del cerramiento exterior de fachada de la residencia de mayores:

$$SATE \text{ cerramiento lateral: } 66,89 \text{ €/m}^2 \rightarrow 265.299,11 \text{ €}$$

13.3. MEJORA EN LOS HUECOS

Una vez se han propuesto las mejoras en el aislamiento de los cerramientos opacos, se han de estudiar las posibles soluciones en los huecos.

Los puentes térmicos más significativos suelen producirse en las partes del edificio donde no existe continuidad de un mismo material; por tanto, son puntos por los que tiende a existir flujos de calor, como es el caso del edificio objeto de estudio, debido a la gran existencia de huecos en los cerramientos.

Para mejorar el aislamiento de las ventanas, se van a sustituir por otras con carpintería de PVC de tres cámaras y unidad de vidrio aislante (UVA) con doble acristalamiento, cámara de mayor espesor y vidrio exterior de baja emisividad.

U_{vidrio} ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	g_{vidrio}	U_{marco} ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
1,4	0,55	1,6

Tabla. 13-5. Parámetros característicos de la cristalería exterior propuesta

13.3.1. Presupuesto ejecución

Se procede a detallar los costes unitarios de la carpintería y vidrios considerados para la mejora del aislamiento de los huecos del edificio:

Ud.	Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio (€/ud)	Importe (€)
ud	Ventana de PVC, dos hojas con apertura hacia el interior, dimensiones de 1200x1600 mm, compuesta de marco, hoja y junquillo, color blanco.	1	260,10	260,1
m	Premarco de aluminio, de 50x20x1,5 mm, ensamblado mediante escuadras y con patillas de anclaje.	5,60	8	44,8
h	Mano de obra (oficial y ayudante cerrajero)	1,18	37,16	43,86
Importe total de la inversión (incluye % costes directos complementarios)				348,76 €

Tabla 13-6: Presupuesto unitario carpintería

Ud.	Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio (€/ud)	Importe (€)
m ²	Doble acristalamiento templado, conjunto formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 15 mm, y vidrio interior templado de 4 mm.	1	98,56	98,56
ud	Cartucho de 310 ml de silicona sintética incolora.	0,58	3,73	2,16
h	Mano de obra (oficial y ayudante cristallero)	0,334	36,69	12,25
Importe total de la inversión (incluye % costes directos complementarios)				115,2 €/m²

Tabla 13-7: Presupuesto unitario vidrio

Conocidos el coste unitario tanto de la carpintería como del vidrio seleccionado, se procede a calcular el coste de la inversión para la sustitución completa de las ventanas:

$$\text{Carpintería: } 348,76 \text{ €/ud} \rightarrow 134.272,6 \text{ €}$$

$$\text{Vidrio: } 115,2 \text{ €/m}^2 \rightarrow 87.328,05 \text{ €}$$

Por tanto, la mejora del aislamiento de los huecos supondría un coste de 221.600,65€.

13.4. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

En la siguiente tabla se recoge la calificación energética del edificio para cada una de las mejoras propuestas de la envolvente térmica de la residencia de mayores analizada:

Resultados	Cubierta		Huecos	Fachada	Conjunto
	Poliuretano	Lana mineral			
Demanda calefacción	13,5 D	13,5 D	13,2 D	13,6 D	13,1 D
Demanda refrigeración	72,8 C	73,2 C	72,9 C	74,6 C	72,0 B
Emisiones calefacción	5,0 D	5,1 D	5,0 D	5,1 D	4,9 D
Emisiones refrigeración	11,0 B	11,0 B	11,0 B	11,2 B	10,8 B
Emisiones ACS	5,0 G	5,0 G	5,0 G	5,0 G	5,0 G
Emisiones iluminación	28,2 C	28,2 C	28,2 C	28,2 C	28,2 C
Emis. globales	61,7 C	61,8 D	61,7 C	62,0 D	61,4 C

Tabla 13-8: Calificación energética mejora cerramientos

Con respecto al edificio de referencia, las principales consideraciones para cada una de las medidas de mejora de la envolvente propuestas son las siguientes:

- Mejora aislamiento cubierta:

- *Inyección de poliuretano:* con la mejora propuesta la calificación del edificio mejora a la letra C, destacando el ahorro en la demanda de calefacción y refrigeración en un 1,8% y 1,5%, respectivamente.
- *Insuflado de lana mineral:* con la mejora propuesta la calificación del edificio se mantiene en la letra D, debido al menor ahorro con respecto al edificio de referencia en la demanda de calefacción y refrigeración siendo un 1,4% y 0,9%, respectivamente.

Todos los materiales oponen resistencia, en mayor o menor medida, al paso del calor a través de ellos. Sin embargo, para el edificio objeto de análisis la inyección de espuma de poliuretano es la técnica que aporta una mejora más significativa en las demandas energéticas del edificio. Además el coste unitario de la inyección de poliuretano es inferior al insuflado de lana mineral. Por tanto, por motivos energéticos-económicos se propone el poliuretano como aislante de la cubierta.

- Mejora de los huecos:

Con respecto al edificio en su configuración inicial, la sustitución de la carpintería y vidrios de las ventanas exteriores permite mejorar la calificación del edificio a la letra C, destacando el ahorro en la demanda de calefacción y refrigeración en un 3,5% y 1,4%, respectivamente.

- Mejora aislamiento fachada:

Como se puede apreciar en la tabla adjunta, la calificación obtenida con el sistema de aislamiento térmico exterior de la fachada es similar a la del edificio de referencia. El motivo es que mejora la demanda de calefacción empeorando ligeramente la demanda de refrigeración; es decir, los efectos de las demandas son contrapuestos.

La residencia de mayores cuenta con una importante superficie acristalada en las fachadas. Durante el periodo estival, el elevado factor solar del vidrio provoca que aumente el calor que entra al interior de las dependencias por radiación solar; en este caso, una mejora del aislamiento de las fachadas dificulta la transmisión al exterior del calor interior provocando un empeoramiento en la demanda de refrigeración del edificio. Destacar que durante el invierno la situación se invierte, una mejora del aislamiento junto con un factor solar del vidrio elevado provoca una disminución de la demanda de calefacción del edificio.

Por tanto, debido a la escasa mejora en la calificación global del edificio con la propuesta de aislamiento realizada se descarta esta opción para su análisis posterior.

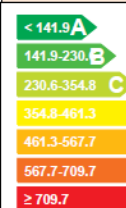
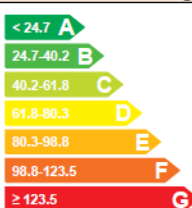
- Mejora conjunta (aislamiento de cubierta + huecos):

Destacar que se procedido a valorar el efecto conjunto de realizar la mejora del aislamiento de la cubierta mediante la inyección de espuma de poliuretano junto con la sustitución de las ventanas existentes en las fachadas.

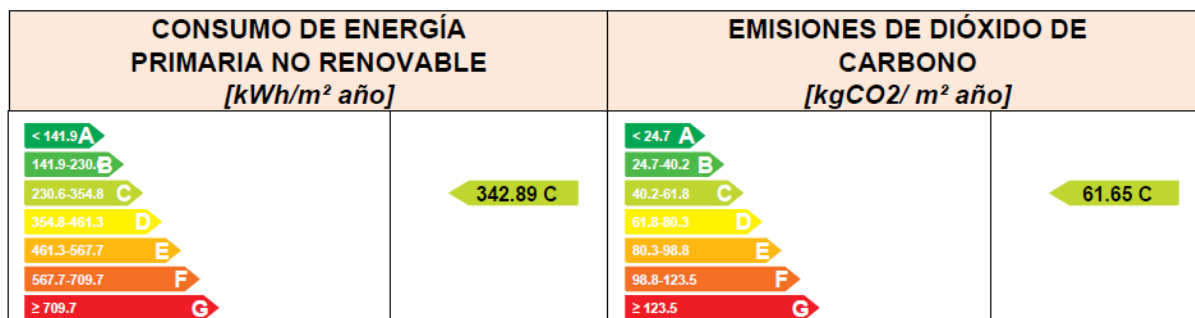
Con el conjunto de mejoras propuestas la calificación del edificio mejora a la letra C, destacando el ahorro en la demanda de calefacción y refrigeración en un 4,8% y 2,6%, respectivamente.

A continuación, para cada una de las mejoras analizadas se muestran los valores del indicador de consumo de energía primaria no renovable (kWh/m²año) junto con el indicador global de emisiones de dióxido de carbono (kgCO₂/m²año) tras las nuevas calificaciones.

- *Mejora del aislamiento de cubierta mediante inyección de poliuretano.*

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año]	
	343.12 C		61.72 C

- *Mejora del aislamiento de los huecos mediante sustitución de carpintería y vidrios.*



- *Conjunto de mejoras en cubierta y huecos.*

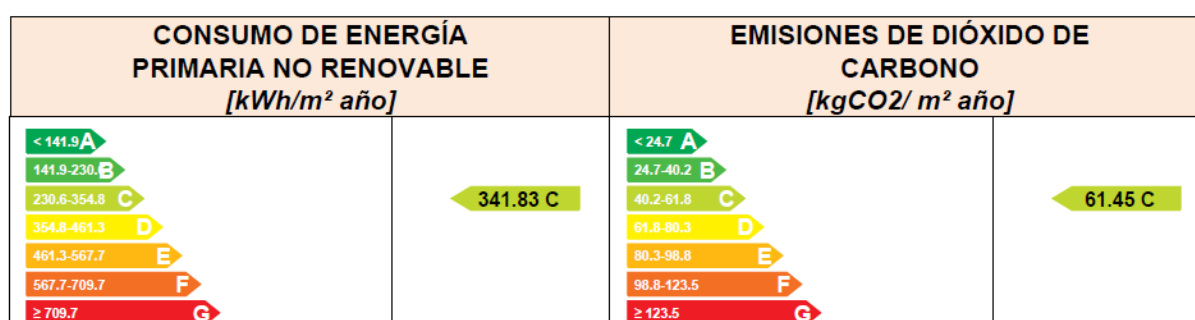


Fig. 13-2: Calificación energética global indicadores mejora cerramientos

En la siguiente tabla se recogen los ahorros experimentados con respecto al edificio de referencia de la energía primaria no renovable consumida y de las emisiones de dióxido de carbono para cada una de las medidas de mejora del aislamiento de los cerramientos:

Indicadores	Mejora cubierta		Mejora huecos		Mejora conjunta	
	Resultado	Ahorro	Resultado	Ahorro	Resultado	Ahorro
Consumo de energía primaria no renovable (kWh/m ² año)	343,12 C	0,4%	342,89	0,46%	341,83	0,78%
Emisiones de dióxido de carbono (kWh/m ² año)	61,72 C	0,45%	61,65	0,56%	61,45	0,89%

Tabla 13-9: Comparativa indicadores mejoras aislamiento del cerramiento

13.5. ESTUDIO ECONÓMICO

Mediante el estudio económico se valora y compara la repercusión económica de estas medidas de mejora, atendiendo a su coste de implantación y a la correspondiente reducción de la factura energética.

Para realizar el estudio económico se han obtenido los siguientes datos de fuentes oficiales del Instituto Nacional de Estadística:

Incremento anual previsto del precio de la energía	4,5%
Tasa de inflación prevista (IPC)	2,2%

Fig. 10-1: Datos económicos INE julio 2018

La vida útil de la mejoras propuestas se establece en 40 años mientras que los costes de los mantenimientos anuales en 100€/año.

La diferencia entre la energía final consumida de calefacción y refrigeración de la situación inicial con respecto a cada una de las medidas de mejora, multiplicado por el precio de la energía, indica el ahorro anual que conlleva cada mejora.

Indicadores	Edificio referencia	Mejora cubierta	Mejora huecos	Mejora conjunto
Consumo de energía final calefacción (kWh/año)	182.011,83	178.598,42	175.625,45	173.203,03
Consumo de energía final refrigeración (kWh/año)	369.974,05	364.243,88	364.794,43	360.279,92

Tabla 13-10: Comparativa consumo energía final calefacción y refrigeración

Destacar que la energía utilizada para satisfacer las demandas de calefacción y refrigeración del edificio son gasóleo C y electricidad, respectivamente. Actualmente el precio de estas energías según los datos facilitados por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) son:

$$\text{Precio Gasóleo C} = 0,0724 \text{ €/kWh}$$

$$\text{Precio Electricidad} = 0,132333 \text{ €/kWh}$$

El plazo de recuperación de la inversión se indica a través del cálculo del plazo de amortización mientras el VAN, que contempla el incremento del precio de la energía y teniendo en cuenta un tipo de interés o coste de oportunidad determinado, estima el valor actual de los desembolsos y de los ingresos en euros para la vida útil de la mejora indicada.

Propuesta de mejora	Coste de la inversión (€)	(*) Ahorro anual de la factura energética (€)	Periodo de amortización	
			Años amortización simple (años)	VAN (€)
Cubierta	33.808,02	982,72	38,3	26.264,6
Huecos	221.600,65	1.130,70	215,0	-151.832,8
Conjunto	255.408,67	1.807,28	149,6	-139.036,5

Tabla 13-11: Estudio económico mejoras cerramiento

En base a los resultados obtenidos (años de amortización simple y VAN) se puede apreciar que la inversión relativa a sustitución de los vidrios y carpintería de los cerramientos exteriores de la residencia de mayores no es rentable. El VAN negativo junto con un periodo de amortización de la inversión superior a la vida útil de la mejora propuesta, si el objeto es obtener un rendimiento financiero positivo nos indica que no se debería efectuar la inversión en la situación propuesta.

El RD 235/2013 en el artículo 6.f) dice que “*las recomendaciones incluidas en el certificado de eficiencia energética serán técnicamente viables y podrán incluir una estimación de los plazos de recuperación de la inversión o de la rentabilidad durante su ciclo de vida*”, y sigue “*la evaluación de esa relación coste-eficacia se efectuará sobre la base de una serie de criterios estándares, tales como la evaluación del ahorro energético, los precios subyacentes de la energía y una previsión de costes preliminar*”, esto último significa que el cómputo real del ahorro energético conseguido debido a esa mejora es fundamental para la recuperación de la inversión en una medida de mejora. Si es una medida de mejora adecuada debe suponer un ahorro efectivo.

14. PROPUESTAS DE MEJORA.- ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES

Con el objetivo de mejorar las emisiones en la calificación energética del edificio objeto de estudio, se procede a analizar una propuesta de mejora relativa a la instalación de calefacción. Esta medida de mejora consiste en completar la caldera de gasóleo con una caldera de biomasa para satisfacer las demandas de calefacción del edificio.

La biomasa se considera una materia prima de tipo renovable de origen biológico que no ha sufrido un proceso de mineralización en formaciones geológicas como los combustibles fósiles y se puede utilizar como combustible para obtener energía.

Las principales ventajas del uso de equipos de generación de calor para calefacción con biomasa son:

- Balance neutro desde el punto de vista del ciclo del carbón, ya que las emisiones que se producen por la combustión de la biomasa, proceden del CO₂ absorbido que forma parte de la atmósfera. En este sentido el uso de la biomasa como combustible, no contribuye al cambio climático por emisiones de CO₂ siempre que sustituya a un combustible fósil.
- Menor precio de la biomasa y, en principio, más estable en comparación con otros combustibles convencionales. Por el contrario la inversión inicial es superior frente a instalaciones de combustibles convencionales.
- Operación y mantenimiento sencillo con sistemas automáticos de control electrónico.
- Limpieza del equipo con tecnología avanzada, automática y esporádica.
- Alta resistencia al desgaste por parte de calderas que utilizan biomasa, larga vida útil y rendimiento energético en el punto de consumo de entre un 75-90%, según equipo.
- Apoyo político: los acuerdos de Kyoto hacen un llamamiento a la reducción de las emisiones de efecto invernadero. El uso de biocombustibles para calefacción es una de las medidas más efectivas a la contribución de este objetivo. En estos

casos, los proyectos innovadores que impulsen estos objetivos pueden ser bien acogidos y apoyados activamente.

- Esquema de funcionamiento:

En este caso se utiliza la caldera convencional para cubrir los picos de demanda y servir como sistema auxiliar. De esta manera la potencia de la caldera de biomasa a instalar puede reducirse hasta el 60 ó 70% de la potencia térmica máxima. La caldera de biomasa podrá abastecer entre el 90 y el 95% de las necesidades energéticas de calefacción ya que la demanda máxima de carga sólo aparece durante periodos cortos.

Esta solución es particularmente ventajosa cuando existe una caldera antigua de gasóleo, en condiciones correctas de funcionamiento, y que pueda ser utilizada en periodos de tiempo cortos. Debe tenerse en cuenta que en ningún caso las dos calderas (biomasa y convencional) pueden compartir la salida de humos, aunque no estén simultáneamente en funcionamiento, tal y como indica el RITE: “*En ningún caso se pueden conectar a un mismo conducto de humos generadores que empleen combustibles diferentes*”.

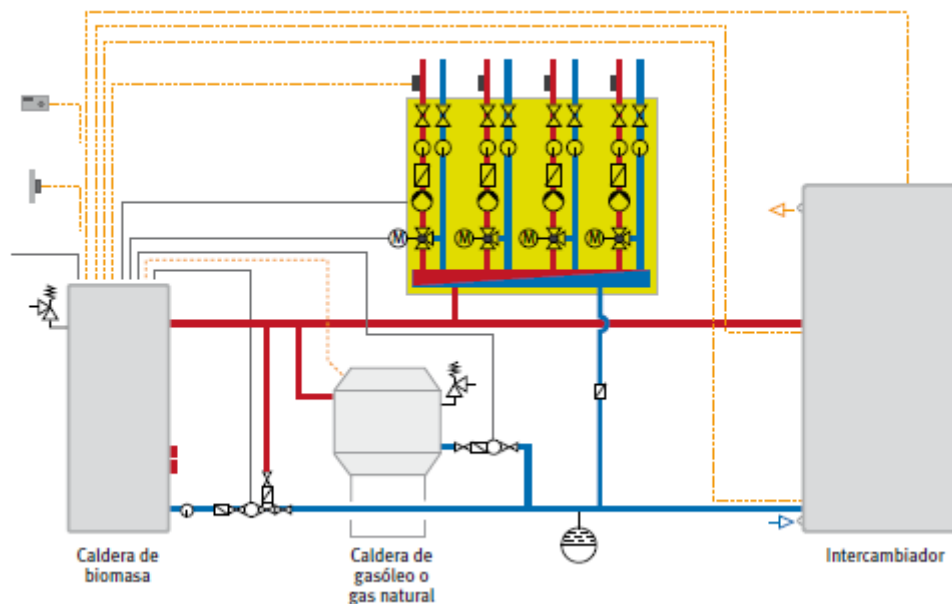


Fig. 14-1: Esquema de funcionamiento caldera de biomasa con caldera convencional

14.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La instalación de un sistema de calefacción mediante caldera de biomasa consta de los siguientes componentes:

1) Caldera:

Las calderas de biomasa se clasifican atendiendo al tipo de combustible que admiten y a la clase de tecnología que utilizan.

Según el tipo de combustible, la caldera se cataloga como caldera de biomasa. Su potencia varía desde 25 kW a cientos de kW. No admiten varios combustibles simultáneamente, aunque se puede cambiar el combustible si se programa con suficiente antelación el vaciado del silo, la nueva recarga y la reprogramación de la caldera.

El biocombustible seleccionado para la caldera es el pellets de biomasa. Se conforman como pequeños cilindros procedentes de la compactación de serrines y virutas molturadas y secas. En el proceso de peletización no se utilizan productos químicos sino simplemente presión y vapor, aunque es posible encontrar también un porcentaje reducido de aditivos biológicos.

- Ventajas:
 - Elevado poder calorífico.
 - Muy bajo contenido en cenizas, reduciendo las necesidades de operación y mantenimiento.
 - Las calderas de pellets son de muy alta eficiencia.
 - Se utilizan como composiciones estándar en Europa.
 - Están estandarizados, por lo que presentan alta fiabilidad de operación y mantenimiento de la caldera.
- Inconvenientes:
 - Elevado precio en comparación con otras biomásas.
- Consideraciones:
 - Precisa de almacenamiento en lugar aislado y seco.

Las principales características de los pellets de madera se muestran en la tabla:

	Estándar	Alta calidad
Poder calorífico Inferior (kcal/kg), (kJ/kg)	> 4.000; >16,700	> 4.300; >18.000
Humedad b.h. (% en masa)	< 12	< 10
Densidad (kg/m³)	1.000 – 1.400	> 1.120
Contenido en cenizas (% en peso)	< 1,5	< 0,5
Longitud (mm)	< 50	< 5 x diámetro
Diámetro (mm)	4 - 10	< 8

Tabla 14-1: Características de los pellets, DIN y ORNORMS 7135

De acuerdo a su tecnología, se trata de una caldera estándar de biomasa. Están diseñadas específicamente para un biocombustible determinado (pellets, astillas, leña,..), alcanzan rendimientos de hasta un 92%, aunque es posible su uso con un combustible alternativo a costa de una menor eficiencia. Se trata de calderas automáticas ya que disponen de sistemas automáticos de alimentación del combustible, de limpieza del intercambiador y de extracción de las cenizas.

La caldera de biomasa seleccionada es el modelo BioFire 800 del fabricante Herz con un rendimiento del 89%. Las principales características se recogen en la siguiente tabla:

Rango de potencia (Kw)	240 - 800	Presión trabajo (bar)	6
A1.- Longitud (mm)	4975	Pot. Eléctrica (kW)	3,7
Altura (mm)	1977	Volumen de agua (l)	2945
Altura total (mm)	2485	Caudal de humos (kg/h)	2599
Altura caldera (mm)	1735	Pérdida de carga lado agua (mbar)	300
Peso caldera (kg)	5987	Pérdida de carga lado humos (Pa)	450

Tabla 14-2: Características técnicas caldera de biomasa

De la caldera seleccionada es preciso destacar el alto nivel de automatización, reduciendo al mínimo los trabajos de mantenimiento. Estas calderas con niveles de automatización altos son más eficientes, pero tienen mayores costes de inversión.

- *Sistema central de evacuación de cenizas central mediante sinfín:*



Las cenizas del módulo de combustión se recogen automáticamente mediante un sistema sinfín hacia un contenedor de cenizas exterior. La ventaja radica en que los intervalos de limpieza se alargan y las cenizas se evacuan de una forma más cómoda sin necesidad de realizar obras como sótanos o espacios reservados en el suelo.

Fig. 14-4: Ejemplo sistema central de evacuación de cenizas central mediante sinfín

- *Depósito de inercia:*

La caldera seleccionada dispone de un sistema modulante que permite una variación continua de la potencia para adecuarla a la demanda existente en cada momento. Al tratarse de una caldera de alta eficiencia, el depósito de inercia no es necesario, ya que son capaces de sacar rendimientos muy altos a bajas modulaciones, lo que nos permite conectarlas directamente al sistema.

También es preciso destacar que la caldera dispone de elementos de seguridad que garantizan la absorción del calor en caso de paro forzado.

2) Sistemas de almacenamiento y distribución:

- *Silos de biomasa:*

Para silos de nueva creación, el RITE indica que como mínimo el volumen debe ser tal que cubra el consumo de 2 semanas de combustible, este es un dato de mínimos, siendo recomendable calcularlo para un mes de suministro siempre que sea posible.

Al utilizar pellets, se puede hacer una estimación en el sentido de que por cada kW de potencia instalada se necesitan unos 250 kg de este tipo de biomasa por temporada. Si extrapolamos estas cifras para los valores mínimos que indica el RITE sale un volumen de 0,046 m³ por kW instalado. A partir de esta cifra, podemos dimensionar el depósito para el periodo que necesitemos. Así, para una temporada (unas 1500 horas de consumo de calefacción), el volumen necesario es de 0,48 m³/kW.

$$0,48 \text{ m}^3/\text{kW} * 800 \text{ kW} = 384 \text{ m}^3$$

El depósito de almacenamiento de combustible que dispone la residencia de mayores se ubica de forma subterránea en el exterior del edificio colindante a la sala de calderas. Las dimensiones son de 10x10x3, que supone un volumen de 300 m³. Por tanto, la empresa suministradora de combustible tan sólo sería preciso que facilitara el combustible 2 veces al año para satisfacer la demanda anual de calefacción.

El sistema de carga del silo de biomasa se realiza mediante la descarga directa del combustible a través de trampillas en el suelo. La trampilla cuenta con una rejilla de acero que elimina la posibilidad de la caída de personas dentro del silo, pero con aberturas suficientemente amplias para el paso del combustible sin obstrucciones. El camión de suministro se trata de volquetes o camiones de piso móvil.

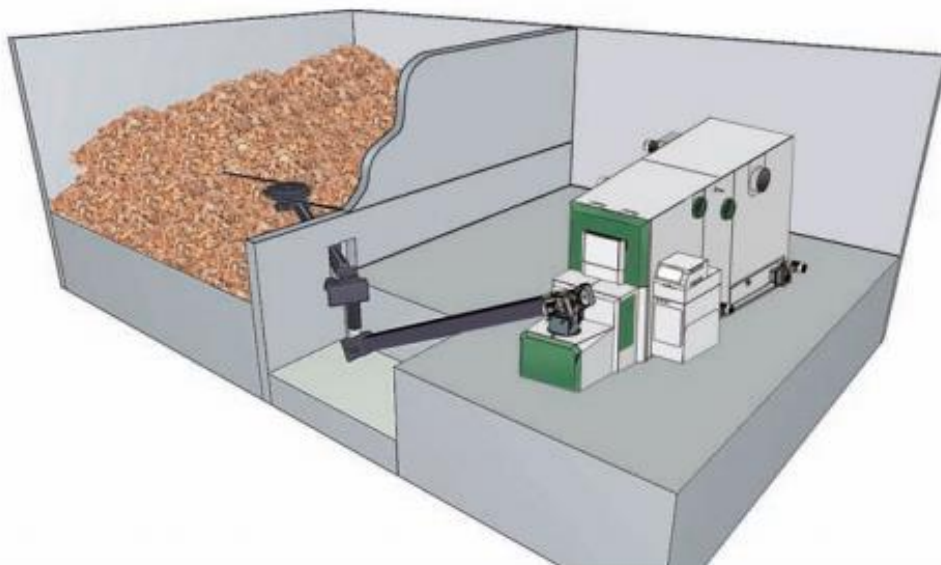


Fig. 14-3: Alimentación mediante un agitador horizontal y sinfín de transporte

- *Sistema de distribución:*

En la ilustración se muestra el sistema de distribución diseñado. Se trata del sistema idóneo para silos cuadrados. La inclinación del suelo del depósito del combustible determina la necesidad de rascadores. En estos casos la inclinación de la rampa y la posición de la caldera se diseñan de tal manera que el tornillo sinfín de extracción conecta directamente con la entrada de la biomasa a la caldera, haciendo innecesaria la instalación de un tornillo elevador.

Por último, se muestra la configuración del equipo BioFire establecido como sistema para satisfacer las demanda de calefacción del edificio con caldera de biomasa:

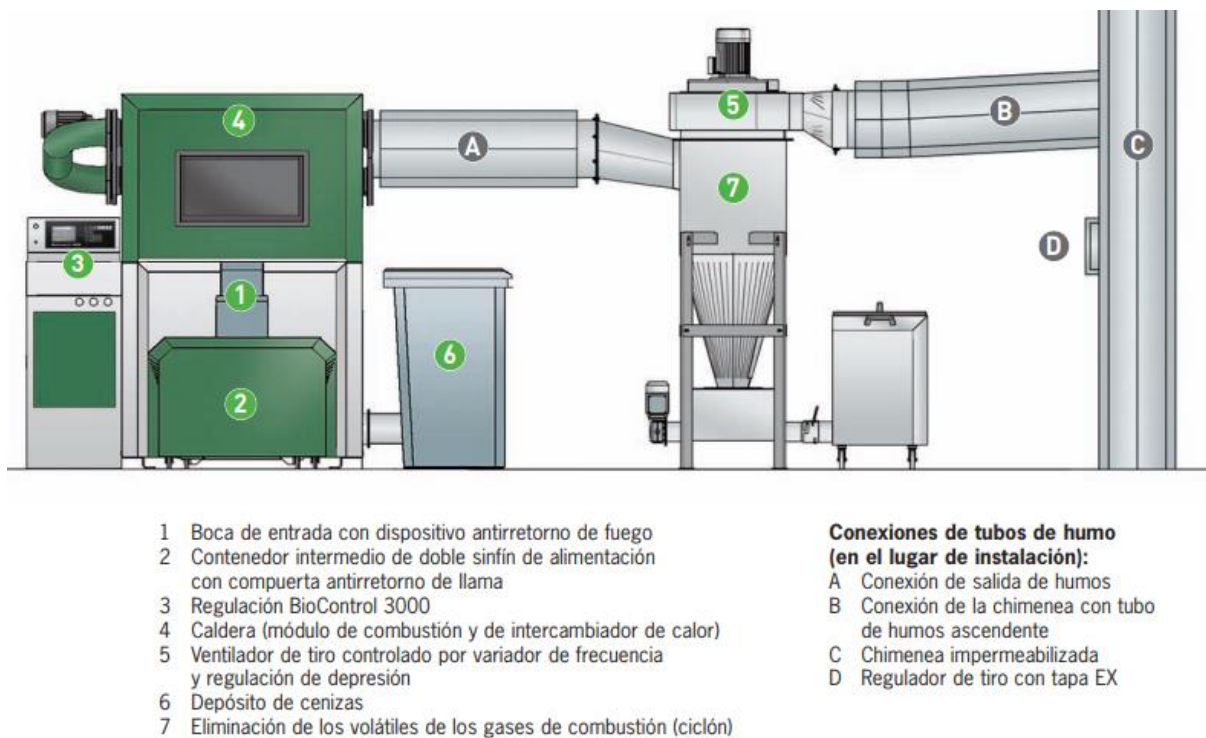


Fig. 14-4: Configuración equipo BioFire como sistema de calefacción

14.2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Como se ha descrito en apartados anteriores, esta medida de mejora consiste en completar la caldera de gasóleo con una caldera de biomasa para satisfacer las demandas de calefacción del edificio.

En este caso se utiliza la caldera convencional para cubrir los picos de demanda y servir como sistema auxiliar. La caldera de biomasa abastece el 85% de las necesidades energéticas de calefacción ya que la demanda máxima de carga sólo aparece durante periodos cortos.

Definido el edificio inicial y el nuevo sistema complementario de producción de calor para calefacción con caldera de biomasa, junto con las instalaciones existentes en CE3X se califica la mejora propuesta:

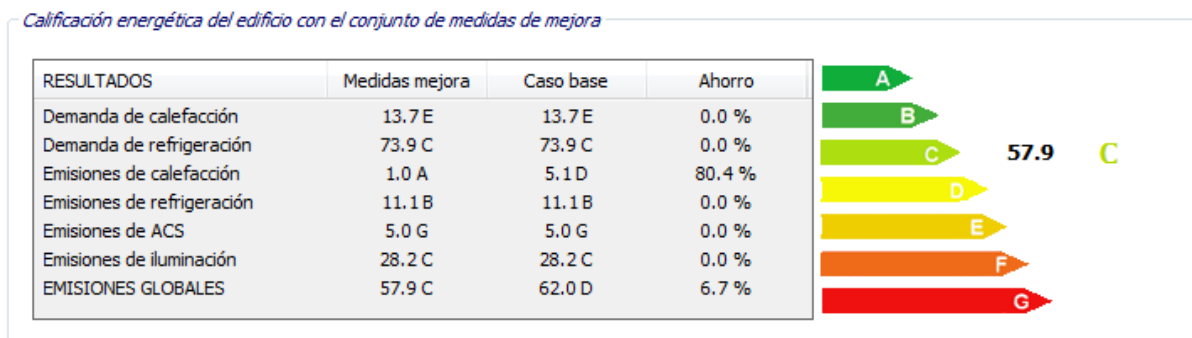


Tabla 14-3: Calificación energética mejora instalación de calefacción con biomasa

- ✓ Con la mejora propuesta la calificación energética global de la residencia pasa a la letra C.
- ✓ Tal y como se comentaba en apartados anteriores, las propuestas de mejora relativas a las instalaciones se reflejan en una reducción de las emisiones. En este caso, la mejora consiste en la instalación de una caldera de biomasa que contribuya a satisfacer la demanda de calefacción del edificio; por tanto, el ahorro de emisiones de calefacción entre el estado inicial y el caso propuesto coincide prácticamente con el % de contribución de la caldera de biomasa a la demanda total de calefacción del edificio.

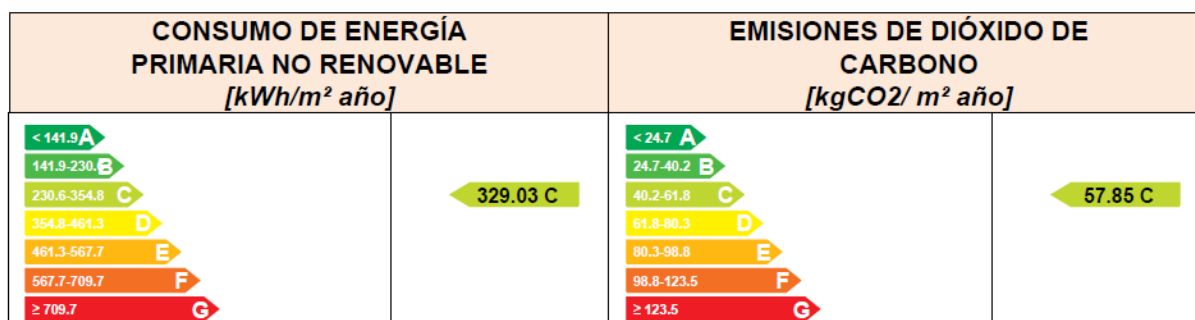


Fig. 14-5: Calificación energética global indicadores mejora caldera biomasa

El valor del indicador de consumo de energía primaria no renovable tras la nueva calificación global es de 330,81 kWh/m²año, mientras que el indicador global de emisiones de dióxido de carbono tras la mejora propuesta es de 58,38 kgCO₂/m²año.

Indicadores	Edificio referencia	Mejora instalación solar térmica ACS
Consumo de energía primaria no renovable (kWh/m ² año)	344,5	329,03
Emisiones de dióxido de carbono (kWh/m ² año)	62	57,85

Tabla 14-4: Comparativa indicadores mejora instalación caldera biomasa

- ✓ La energía primaria consumida se reduce respecto al edificio actual es un 4,49%:

$$344,5 \text{ kWh/m}^2\text{año} - 329,03 \text{ kWh/m}^2\text{año} = 15,47 \text{ kWh/m}^2\text{año}$$

- ✓ Las emisiones de CO₂ se reducen con respecto al edificio actual en un 6,69%:

$$62 \text{ kWh/m}^2\text{año} - 57,85 \text{ kWh/m}^2\text{año} = 4,15 \text{ kWh/m}^2\text{año}$$

14.3. PRESUPUESTO INSTALACIÓN BIOMASA

La ejecución de esta mejora conlleva el siguiente presupuesto de ejecución material que contempla tanto el presupuesto de las medidas de mejora, las unidades de obra que intervienen indirectamente en el proceso constructivo, honorarios técnicos y las tasas correspondientes a la licencia de obra.

- Silo almacenamiento biomasa:

Ud.	Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio (€/ud)	Importe (€)
ud	Adecuación de superficie y estructura para silo de almacenamiento de pellets de 10x10x3 metros, con sistema automático para extracción del combustible.	1	1.325,85	1.325,85
h	Mano de obra (oficial y ayudante electricista)	4	34,53	138,12
Importe total de la inversión (incluye % costes directos complementarios)				1.515,91 €

- Sistema de alimentación de pellets, para caldera de biomasa

Ud.	Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio (€/ud)	Importe (€)
ud	Conjunto agitador rotativo para extractor de 4 m de diámetro, formado por motor para alimentación trifásica de 400 V, ballestas y pies de soporte, para sistema de alimentación de caldera de biomasa.	1	5.684,25	5.684,25
ud	Transportador helicoidal sinfín cerrado de 2 metros de longitud, para sistema de alimentación de caldera.	1	3.195,08	3.195,08
m	Tramo de transmisión para removedor.	4	474,83	1.899,32
ud	Cuadro eléctrico para motor trifásico.	1	565,5	565,5
h	Mano de obra (oficial y ayudante calefactor)	6	34,53	207,18
Importe total de la inversión (incluye % costes directos complementarios)				11.551,33 €

- *Caldera de biomasa*

Ud.	Concepto	Cantidad (Ud.)	Precio (€/ud)	Importe (€)
ud	Caldera para la combustión de pellets, potencia nominal hasta 800 kW, aislamiento interior, cámara de combustión con sistema automático de limpieza del quemador mediante plato vibratorio, intercambiador de calor de tubos verticales con mecanismo de limpieza automática, sistema de recogida y extracción de cenizas del módulo de combustión, control de la combustión mediante sonda integrada y sistema de mando integrado con pantalla LCD	1	78.721,50	78.721,50
ud	Base de apoyo antivibraciones para caldera.	1	288,60	288,60
ud	Limitador térmico de seguridad, tarado a 108°C, formado por válvula y sonda de temperatura.	1	95,5	95,5
ud	Sistema de depuración de gases procedentes de la combustión, formado por ciclón, ventilador extractor, carenado con aislamiento y conexiones antivibración.	1	6.015,70	6.015,70
ud	Sistema de elevación de la temperatura de retorno por encima de 55°C, compuesto por válvula motorizada de 3 vías de 100 mm de diámetro y bomba de circulación para evitar condensaciones.	1	5.298,10	5.298,10
ud	Depósito para cenizas de la combustión, para caldera de biomasa Biofire BioControl.	1	990,60	990,60
ud	Depósito para cenizas del ciclón de humos, para caldera de biomasa Biofire BioControl.	1	970,13	970,13
ud	Supervisión y dirección del procedimiento de ensamblaje y conexionado interno de caldera de biomasa	1	4.095	4.095
ud	Puesta en marcha y formación en el manejo de caldera	1	1.182,68	1.182,68
h	Mano de obra (oficial y ayudante calefactor)	45	34,53	1.553,80
Importe total de la inversión (incluye % costes directos complementarios)				101.197,4 €

Tabla 14-5: Presupuesto sistema de calefacción con caldera de biomasa

El coste de la implantación de la caldera de biomasa como apoyo para satisfacer la demanda de calefacción de la residencia de mayores asciende a 114.264,64; además el coste anual de mantenimiento durante la vida útil de la instalación (25 años) sería de 450€ anuales.

14.4. ESTUDIO ECONÓMICO

Mediante el estudio económico se valora y compara la repercusión económica de estas medidas de mejora, atendiendo a su coste de implantación y a la correspondiente reducción de la factura energética. Para realizar el estudio económico se han obtenido los siguientes datos de fuentes oficiales del Instituto Nacional de Estadística:

Incremento anual previsto del precio de la energía	4,5%
Tasa de inflación prevista (IPC)	2,2%

Fig. 10-1: Datos económicos INE julio 2018

La vida útil de la mejora propuesta se establece en 25 años mientras que el coste del mantenimiento anual del sistema es 450€.

La diferencia entre la energía final consumida de calefacción de la situación inicial y la medida de mejora, multiplicado por el precio de la energía, indica el ahorro anual que conlleva la mejora en calefacción.

Destacar que la energía utilizada para satisfacer la demanda de calefacción del edificio con la caldera de biomasa es pellets. Actualmente el precio de esta energía según los datos facilitados por la agencia IDAE es: Precio Pellet = 0,0376 €/kWh

El plazo de recuperación de la inversión se indica a través del cálculo del plazo de amortización mientras el VAN, que contempla el incremento del precio de la energía y el tipo de interés indicado, estima el valor actual de los desembolsos y de los ingresos en euros para la vida útil de la mejora indicada.

Coste de la inversión (€)	(*) Ahorro anual de la factura energética (€)	Periodo de amortización	
		Años amortización simple (años)	VAN (€)
114.264,64	5.764,64	21,5	69.734,7

Tabla 14-6: Estudio económico mejora calefacción con caldera de biomasa

15. INFORME DIAGNÓSTICO

El edificio objeto de estudio corresponde a la residencia de mayores EntreÁlamos, es un edificio de más de 20 años de antigüedad. Para el funcionamiento de las instalaciones generales utiliza como fuentes de energía tanto la energía eléctrica como el gasóleo C.

De las medidas de ahorro energético estudiadas a lo largo del informe de diagnóstico, se presentan las que, en base a criterios tanto energéticos como económicos, representan la mejor combinación.

A continuación se presenta un cuadro resumen donde se reflejan, el ahorro energético tanto a nivel de energía primaria como a nivel de energía final, el ahorro económico estimado con la aplicación de cada una de ellas, el potencial de reducción de emisiones de CO₂ que es posible conseguir, así como los costes derivados de su aplicación y una estimación del retorno de la inversión en base al TIR y al VAN.

PROPUESTAS DE MEJORA	ΔE_f (kWh/año)	ΔEP (kWh/año)	ΔCO_2 (kWh/año)	A (€/año)	Z' (€/año)	A-Z' (€/año)	Inv (€)	T.R.S Inv/(A-Z')
Mejora de obligado cumplimiento.- Energía solar térmica	127.066,6	151.882,9	39.579,28	9.245,20	500	8.745,2	60.224	6,9
Aislamiento cubierta.- Inyección poliuretano	86.445,5	157.420,5	28.316,61	982,72	100	882,72	33.808,02	38,3
Calefacción con caldera de biomasa	109.113,2	170.714,9	45.742,85	5.764,64	450	5.314,63	114.264,64	21,5
Conjunto Energía solar térmica + caldera de biomasa	137.478,8	322.585,5	85.335,25	15.021,6	950	14.071,6	174.488,24	12,4

Tabla 15-1: Valores económicos, energéticos e inversiones de las propuestas de mejora

PROPUESTAS DE MEJORA	tg α_1 (ΔE_f /Inv)	tg α_2 (ΔEP /Inv)	tg α_3 (ΔCO_2 /Inv)	tg α_4 (A-Z'/Inv)	VAN (€)
Mejora de obligado cumplimiento.- Energía solar térmica	2,1099	2,5220	0,6572	0,1452	165.137,1
Aislamiento cubierta.- Inyección poliuretano	2,5570	4,6563	0,8376	0,0261	26.264,6
Calefacción con caldera de biomasa	0,9549	1,4940	0,4003	0,0465	69.734,70
Conjunto Energía solar térmica + caldera de biomasa	0,7879	1,8488	0,4891	0,0806	309.486,7

Los resultados obtenidos que se muestran en la tabla anterior, en lo que se refiere a los ahorros energéticos, económicos e inversiones, son el resultado de la realización de estimaciones e hipótesis de cálculo validadas por la práctica, experiencia y datos aportados tanto de equipos, como sistemas y funcionamiento reales, por lo tanto deben de entenderse como aproximaciones cercanas a la realidad, y no como resultados exactos, ya que estos dependen de múltiples factores entre los que se encuentran las mejoras tecnológicas, las diferencias en los patrones de uso y funcionamiento, los precios cambiantes de los suministros energéticos, el índice de precios al consumo, etc.

15.1. ORDEN DE MEJORAS EN CUANTO AL AHORRO DE ENERGÍA FINAL

A continuación se muestran la relación de mejoras ordenadas según la relación de ahorro de energía final (kWh/año) y la inversión.

PROPUESTAS DE MEJORA	Δ Ef (kWh/año)	Inv (€)	$tg \alpha 1$ (Δ Ef /Inv)	Δ Ef ACUM	Inv ACUM
1. Conjunto Energía solar térmica + caldera de biomasa	137.478,80	174.488,24	0,7879	137.478,80	174.488,24
2. Calefacción con caldera de biomasa	109.113,20	114.264,64	0,9549	246.592,00	288.752,88
3. Mejora de obligado cumplimiento.- Energía solar térmica	127.066,60	60.224	2,1099	373.658,60	348.976,88
4. Aislamiento cubierta.- Inyección poliuretano	86.445,50	33.808,02	2,557	460.104,10	382.784,90

Teniendo en cuenta la relación entre la energía final consumida por los equipos y su coste de inversión, se concluye que el sistema conjunto de energía solar térmica para satisfacer la demanda de ACS junto con la caldera de biomasa para contribuir en la demanda de calefacción resulta la propuesta de mejora menos eficiente al ser menor el ahorro de energía final proporcional al coste de inversión, como se puede apreciar el gráfico adjunto.

Contrariamente, según los resultados, el aislamiento de la cubierta mediante la inyección de poliuretano resulta el sistema más eficiente en los parámetros comparados.

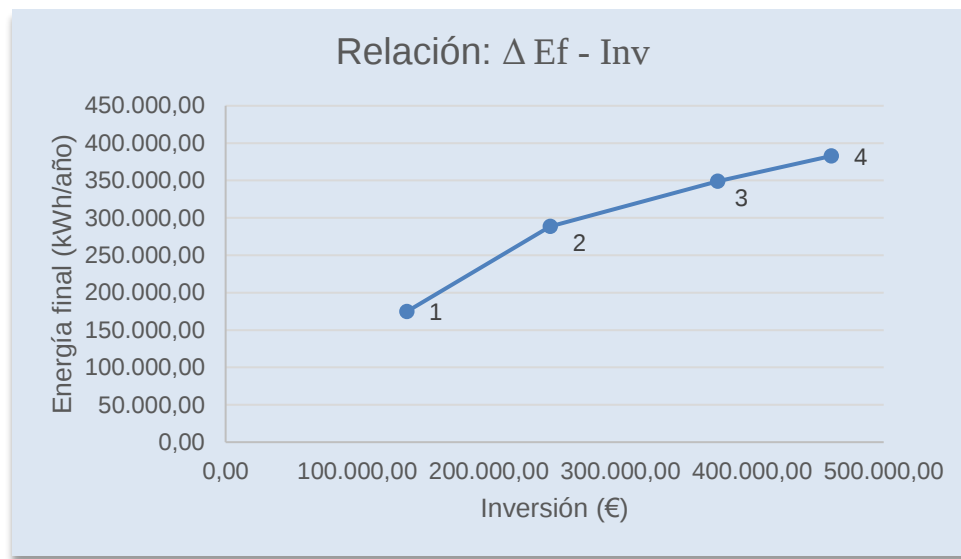


Fig. 15-1: Relación energía final - inversión

15.2. ORDEN DE MEJORAS EN CUANTO AL AHORRO DE ENERGÍA PRIMARIA

A continuación se muestran la relación de mejoras ordenadas según la relación de ahorro de energía primaria (kWh/año) y la inversión.

PROPUESTAS DE MEJORA	ΔEP (kWh/año)	Inv (€)	$tg \alpha_2$ ($\Delta EP/Inv$)	ΔEP ACUM	Inv ACUM
1. Calefacción con caldera de biomasa	170.714,90	114.264,64	1,494	170.714,90	114.264,64
2. Conjunto Energía solar térmica + caldera de biomasa	322.585,50	174.488,24	1,8488	493.300,40	288.752,88
3. Mejora de obligado cumplimiento.- Energía solar térmica	151.882,90	60.224	2,522	645.183,30	348.976,88
4. Aislamiento cubierta.- Inyección poliuretano	157.420,50	33.808,02	4,6563	802.603,80	382.784,90

Teniendo en cuenta la relación entre la energía primaria consumida por los equipos y su coste de inversión, se aprecia como el sistema de aislamiento de la cubierta con poliuretano (4) es la que mayor ahorro de energía primaria ofrece en relación a la inversión realizada, seguida de la energía solar térmica para ACS (3), y dejando como última opción la caldera de biomasa para calefacción (1).

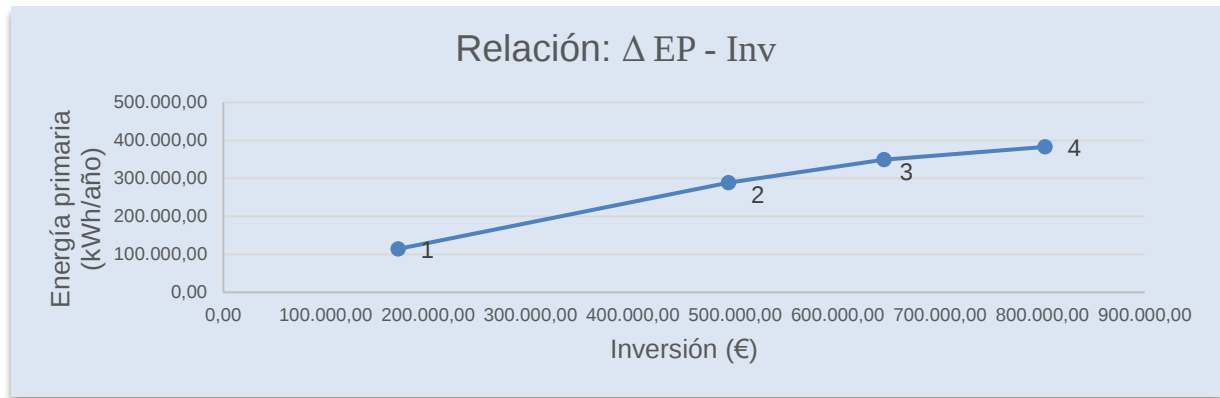


Fig. 15-2: Relación energía primaria - inversión

15.3. ORDEN DE MEJORAS EN CUANTO A REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂.

A continuación se muestran la relación de mejoras ordenadas según la relación de reducción de emisiones de CO₂ (kWh/año) y la inversión.

PROPUESTAS DE MEJORA	Δ CO ₂ (kWh/año)	Inv (€)	tg α 3 (Δ CO ₂ /Inv)	Δ CO ₂ ACUM	Inv ACUM
1. Calefacción con caldera de biomasa	45.742,85	114.264,64	0,4003	45742,85	114264,64
2. Conjunto Energía solar térmica + caldera de biomasa	85.335,25	174.488,24	0,4891	131078,1	288752,88
3. Mejora de obligado cumplimiento.- Energía solar térmica	39.579,28	60.224	0,6572	170.657,38	348.976,88
4. Aislamiento cubierta.- Inyección poliuretano	28.316,61	33.808,02	0,8376	198973,99	382784,9

Teniendo en cuenta la relación entre las emisiones de CO₂ producidas por los equipos y su coste de inversión, se aprecia como el sistema de aislamiento de la cubierta (4) es la que mayor ahorro de emisiones de CO₂ ofrece en relación a la inversión realizada. Es muy importante especificar con respecto a la inversión realizada, pues como se puede apreciar en la tabla 15.1, la mejora que provoca una mayor reducción de las emisiones de CO₂ es la caldera de biomasa para calefacción, algo lógico dado la normativa actual, que expone que las emisiones de CO₂ en caso de biomasa son mínimas, ya que se cierra el ciclo del carbono de los elementos naturales que generaron la biomasa.

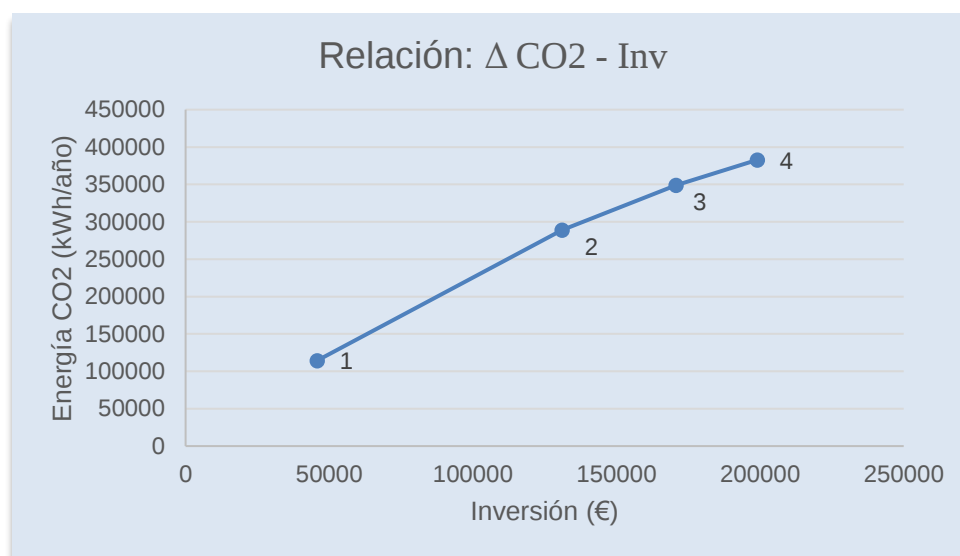


Fig. 15-3: Relación emisiones de CO2 - inversión

15.4. ORDEN DE MEJORAS EN CUANTO AL AHORRO ECONÓMICO ANUAL

A continuación se muestran la relación de mejoras ordenadas según la relación del ahorro económico de cada sistema y la inversión.

PROPUESTAS DE MEJORA	A-Z' (€/año)	Inv (€)	tg α4 (A-Z' /Inv)	A-Z' ACUM	Inv ACUM
Aislamiento cubierta.- Inyección poliuretano	882,72	33.808,02	0,0261	882,72	33.808,02
Calefacción con caldera de biomasa	5.314,63	114.264,64	0,0465	6.197,35	148.072,66
Conjunto Energía solar térmica + caldera de biomasa	14.071,60	174.488,24	0,0806	20.268,95	322.560,90
Mejora de obligado cumplimiento.- Energía solar térmica	8.745,20	60.224	0,1452	29.014,15	382.784,90

Teniendo en cuenta la relación entre el ahorro económico anual generado por los equipos y su coste de inversión, se aprecia como la energía solar térmica para ACS (4) es la que mayor ahorro económico anual ofrece en relación a la inversión realizada, seguida del conjunto biomasa + energía solar térmica (3), y dejando como últimas opciones la calefacción con biomasa (2) junto con el aislamiento de la cubierta con poliuretano (1).

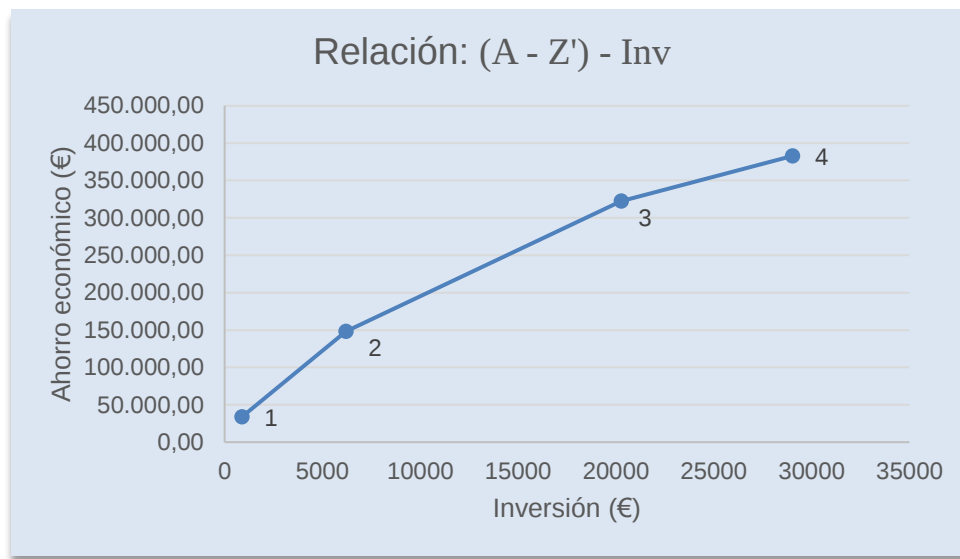


Fig. 15-4: Relación ahorro económico - inversión

16. CONCLUSIONES

Dado los resultados obtenidos se llega a las siguientes conclusiones:

- Para llevar a cabo la rehabilitación energética de la residencia de mayores EntreÁlamos, es imprescindible realizar las mejoras de obligado cumplimiento concernientes al DB HE CTE para conseguir las condiciones mínimas requeridas de confort y habitabilidad para el usuario. Por tanto, sería preciso ejecutar la mejora relativa al sistema solar térmico para contribuir a satisfacer la demanda de ACS del edificio.

Para realizar esta mejora se tiene que hacer una inversión de 60.224€. Se consigue un ahorro anual de la factura energética de 9.245,20€ dentro de un periodo de retorno simple de 6,9 años y un VAN de 165.137,1€ sin tener en cuenta las posibles subvenciones incluidas en el Programa para el Desarrollo Energético Sostenible 2017-2020, que haría que el tiempo de retorno de la inversión fuera menor.

- Desde el punto de vista energético, el sistema de aislamiento de la cubierta mediante inyección de poliuretano es el que más ahorra en energía primaria y en energía final respecto a la inversión realizada.

Su coste de inversión es de 33.808,02€ y se ahorra una cantidad de 982,72€ cada año. El periodo de retorno simple de la inversión es de 38,3 años y un VAN de 26.264,6€ para un tipo de interés, incremento del coste de la energía y vida útil preestablecidos.

- Desde el punto de vista sostenible, la opción que ofrece un mayor ahorro económico y una menor cantidad de emisiones de CO₂ es la opción conjunta de aplicar la mejora relativa a la caldera de biomasa para calefacción junto con el sistema solar térmico para contribuir a la demanda de ACS.

Su coste de inversión es de 174.488,24€ y se ahorra una cantidad de 15.021,6€ cada año. El periodo de retorno simple de la inversión es de 12,4 años.

- Por último, tan solo comentar que si el objetivo del propietario es implantar el sistema con un mayor ahorro económico, la mejor opción sería instalar el sistema solar térmico para satisfacer el 72% de la demanda de ACS del edificio ya que este equipo tiene un coste de inversión de 60.224€. y un periodo de retorno simple de 6,9 años.

Además, esta mejora es la segunda con mayor ahorro de emisiones de CO₂, energía primaria y energía final; adicionalmente, es obligatoria su implantación para dar cumplimiento al DB - HE en la *sección 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria*.

17. REFERENCIAS

- Directiva 2002/91/CE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, derogada por la Directiva 2012/31/UE.
- Directiva 2009/28/CE, relativa al fomento del uso de la energía procedente de fuentes de energía renovables.
- Directiva de Eficiencia Energética 2012/27/UE.
- Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de Edificios (LOE).
- CTE (Código Técnico de la Edificación). DB HE (Documentos Básicos de Ahorro de Energía).
- RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios).
- RD 235/2013. Certificación Energética de Edificios Nuevos y Edificios Existentes.
- Decreto 2/2013. Reglamento de Fomento de Energías Renovables, el Ahorro y la Eficiencia Energética en Andalucía. Junta de Andalucía.
- Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento Básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- UNE-EN 216501:2009, que establece los requisitos que debe tener una auditoría energética.
- UNE-EN 16247:2012. Auditorías Energéticas.
- Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3X v. 2.3. IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).
- UNE 12464-1. Norma europea sobre la iluminación para interiores.
- Hoja de Cálculo para apoyo a Diagnóstico Energético. Apuntes Máster Ingeniería Industrial. Universidad de Jaén. Asignatura de Tecnología Energética.
- Guía Técnica: Procedimiento de Inspección Periódica de Eficiencia Energética para calderas IDAE.
- Guía Técnica: Instalaciones de biomasa térmica en edificios. IDAE.
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Software CHEQ4. Cálculo de instalaciones solares térmicas.