UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID

LA AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA EN CENTROS DOCENTES COMO HERRAMIENTA PARA MEJORAR EL AHORRO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Tesis doctoral

Jorge Gallego Sánchez Torija

Arquitecto

2017

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA ARQUITECTÓNICAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID

LA AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA EN CENTROS DOCENTES COMO HERRAMIENTA PARA MEJORAR EL AHORRO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Autor:

Jorge Gallego Sánchez Torija

Arquitecto

Directores:

César Bedoya Frutos

Doctor arquitecto

Enrique Larrumbide Gómez - Rubiera

Doctor arquitecto

2017

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Tribunal nombrado por el Magfco. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día de de 20 .

Presidente:

Vocal:

Vocal:

Vocal:

Secretario:

Suplente:

Suplente:

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día de de 20 , en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Calificación:

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

A Antonia.

Sin ti nada de esto sería posible.

AGRADECIMIENTOS

Quiero manifestar mi sincero agradecimiento a las personas que han contribuido a la realización del presente trabajo.

A mi familia por su incondicional escucha y comprensión durante todo este tiempo.

A Isolina Vázquez y M^a Carmen Roca por la confianza que han depositado en mí y por su entusiasta apoyo.

A Miguel Ángel Gálvez, Jesús García, Pedro José Gómez y Carolina Hernández por su inestimable aliento y por sus sabios consejos.

A Eva Delgado y Concepción Calvo por su paciente ayuda.

A Alfonso García por su convincente enfoque para iniciar el recorrido.

A César Bedoya y Enrique Larrumbide por su generosa dedicación y su constante ánimo.

A todas aquellas personas que, de una manera u otra, han hecho realidad y han llenado de significado la palabra “ubuntu” que quiere decir: yo soy porque nosotros somos.

A todos vosotros, muchas gracias.

RESUMEN

La presente tesis doctoral se basa en la necesidad y responsabilidad que tenemos como investigadores de ofrecer herramientas para mejorar el ahorro y la eficiencia energética en los edificios, procurando reducir el impacto medioambiental, limitar la demanda energética y mejorar el bienestar de los usuarios.

Dentro de este marco, se escogen los centros docentes como ámbito concreto debido fundamentalmente a tres motivos: En primer lugar se trata de edificios que presentan un consumo energético importante, cuyo potencial de ahorro resulta relevante; adicionalmente la propiedad está en manos de un único titular, lo que facilita la gestión de la implantación de las medidas que se consideren interesantes; por último, dado el carácter educativo de la actividad que se desarrolla en el edificio, cualquier acción que se emprenda para mejorar el comportamiento energético puede transformar la mentalidad de las personas que lo usan a diario, ayudando a generar conciencia social de los problemas medioambientales a los que se enfrenta la sociedad actual, dotándola de herramientas eficaces para mitigar los efectos adversos del cambio climático.

La directiva europea 2012/27/UE marca la obligación de realizar auditorías energéticas en las grandes empresas antes del 5 de diciembre del 2015. Debido al impacto económico que supondría en la situación de crisis financiera, dicha medida no se ha llevado a cabo en el plazo marcado.

La auditoría energética operativa se desarrolla como una herramienta que pretende facilitar el acceso de los centros docentes a la realización de las auditorías energéticas, al abaratar su coste frente a las auditorías energéticas que se están realizando en la actualidad.

Para ello se fundamentan los principios en los que se basa, se desarrolla una metodología para que pueda ser aplicada por los distintos técnicos y se escoge un proceso de cálculo elegido mediante el criterio de optimización del coste.

A través de tres estudios de caso se busca constatar su viabilidad económica por un lado, y la utilidad de los datos ofrecidos por otro.

ABSTRACT

This doctoral thesis is based on our need and our responsibility as researchers to provide tools to improve saving and energy efficiency in buildings, trying to reduce the environmental impact, limiting energy demand and improve user comfort.

Within this framework, schools are chosen as a particular area mainly due to three reasons: First they are buildings that present significant energy consumption, the savings potential is relevant; Additionally the property is held by a single owner, which facilitates the management of the implementation of the measures deemed interesting; Finally, given the educational nature of the activity that is developed in the building, any action taken to improve the energy performance can transform the mentality of the people who use it every day, helping to generate social awareness of environmental problems which today's society is facing, giving it effective tools to mitigate the adverse effects of climate change.

The European Directive 2012/27/EU marks the obligation to perform energy audits in large companies before 5 December 2015. Due to the economic impact involved in the financial crisis situation, such measure has not been carried out in the deadline set.

The operational energy audit is developed as a tool that aims to facilitate access of schools to conducting energy audits at cheaper cost versus energy audits being made today.

For this, the principles on which it is based are deepened, a methodology is developed that can be applied by different technicians and a calculation process is chosen by the criterion of cost optimization.

Through three case studies it seeks to prove its economic viability on the one hand, and the usefulness of the data provided by the other.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PREÁMBULO. ENRIQUECER LA MANERA DE MIRAR LA ARQUITECTURA	1
1.2. OBJETO E INTERÉS DEL TEMA.....	11
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.4. HIPÓTESIS	16
1.5. OBJETIVOS.....	16
1.5.1. OBJETIVO PRINCIPAL.....	16
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	17
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE	21
2.1. ORIGEN DE LOS ESTUDIOS ENERGÉTICOS	21
2.2. MARCO NORMATIVO	24
2.3. DEFINICIONES.....	26
2.3.1. AUDITORÍA ENERGÉTICA.....	26
2.3.2. AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	28
2.4. TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS.....	30
2.4.1. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	31
2.4.2. AUDITORÍA ENERGÉTICA GENERAL.....	33
2.4.3. AUDITORÍA ENERGÉTICA DE INVERSIÓN	36
2.5. COSTES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS.....	42
2.5.1. CRITERIOS GENERALES	42
2.5.2. ESTUDIO DE COSTES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS	44
2.5.3. RESUMEN DE COSTES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS	48
2.6. SITUACIÓN EN EUROPA	48
2.7. COMUNIDAD DE MADRID	50
CAPÍTULO 3. AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA. FUNDAMENTACIÓN.	53
3.1. FUNDAMENTACIÓN.....	53
3.1.1. OBJETIVOS DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA	53

3.1.2.	VIABILIDAD ECONÓMICA DE LAS AUDITORÍAS ENERGÉTICAS	54
3.1.3.	INTRODUCCIÓN A LA AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA.....	56
3.1.4.	FUNDAMENTACIÓN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA.....	57
3.2.	ANÁLISIS DE UN ESTUDIO ENERGÉTICO REALIZADO CON UN MÉTODO DE CÁLCULO QUE ENFATIZA LA PRECISIÓN.....	59
3.2.1.	OBJETIVO PRINCIPAL	59
3.2.2.	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	60
3.2.3.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	60
3.2.4.	ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	61
3.2.5.	ANÁLISIS DE LAS CONCLUSIONES	63
3.2.6.	CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS.....	65
3.3.	ANÁLISIS DEL LIBRO "DTIE 18.04 AUDITORÍAS ENERGÉTICAS. CASOS PRÁCTICOS." PUBLICADA POR ATECYR EN 2016.	66
3.3.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LA PUBLICACIÓN.....	66
3.3.2.	ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA.....	67
3.3.3.	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS	71
CAPÍTULO 4. AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA. METODOLOGÍA.		73
4.1.	INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA	74
4.1.1.	ASPECTOS GENERALES.....	74
4.1.2.	DATOS DE ENTRADA QUE PRESENTAN INCERTIDUMBRE ..	75
4.1.3.	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	82
4.2.	CONTACTO PRELIMINAR	83
4.3.	REUNIÓN INICIAL	85
4.4.	CONSUMO DE AGUA.....	85
4.4.1.	INTRODUCCIÓN.....	85
4.4.2.	RECOPIACIÓN DE DATOS	88
4.4.3.	TRABAJO DE CAMPO.....	88
4.4.4.	ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN	89
4.4.5.	REPARTO DEL CONSUMO DE AGUA.....	90
4.5.	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	91
4.5.1.	INTRODUCCIÓN.....	91
4.5.2.	RECOPIACIÓN DE DATOS	91
4.5.3.	TRABAJO DE CAMPO.....	92
4.5.4.	ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN	92
4.5.5.	REPARTO DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD	94

4.6. CONSUMO DE CALEFACCIÓN	95
4.6.1. INTRODUCCIÓN	95
4.6.2. RECOPIACIÓN DE DATOS.....	95
4.6.3. TRABAJO DE CAMPO	96
4.6.4. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN	96
4.6.5. REPARTO DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN	98
4.7. PROPUESTAS DE MEJORA	103
4.7.1. INTRODUCCIÓN	103
4.7.2. NUMERACIÓN Y TÍTULO	104
4.7.3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA.....	105
4.7.4. CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA	105
4.7.5. CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA	106
4.7.6. CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA PROPUESTA.....	108
4.7.7. INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA.....	109
4.7.8. PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN	109
4.7.9. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA	110
4.7.10. CONCLUSIONES	111
4.8. INFORME	111
4.8.1. GENERALIDADES.....	111
4.8.2. CONTENIDO DEL INFORME	112
4.9. REUNIÓN FINAL	113
CAPÍTULO 5. ESTUDIO DE CASOS	115
5.1. ELECCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO.....	115
5.2. CENTRO DE EDUCACIÓN INFANTIL LA INMACULADA	118
5.2.1. ANTECEDENTES	118
5.2.1.1. INFORMACIÓN GENERAL.....	118
5.2.1.2. TOMA DE DATOS	119
5.2.1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO	119
5.2.1.4. UBICACIÓN.....	119
5.2.1.5. OCUPACIÓN.....	120
5.2.2. RESUMEN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA.....	121
5.2.2.1. COMUNICACIÓN RELATIVA A LA REALIZACIÓN DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA	121
5.2.2.2. CONSUMO ENERGÉTICO	122
5.2.2.3. PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE CALEFACCIÓN.....	122
5.2.2.4. PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	123

5.2.2.5.	PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE AGUA	124
5.2.2.6.	ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.....	125
5.2.3.	CONSUMO DE CALEFACCIÓN	130
5.2.3.1.	ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO	130
5.2.3.2.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN.....	130
5.2.3.3.	ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN.....	131
5.2.3.4.	MEJORAS EN LA ENVOLVENTE	134
5.2.3.5.	HÁBITOS DE CONSUMO	140
5.2.3.6.	CONTRATACIÓN	142
5.2.3.7.	PRODUCCIÓN DE CALOR	142
5.2.3.8.	EMISORES.....	145
5.2.3.9.	SISTEMA DE REGULACIÓN.....	147
5.2.4.	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	148
5.2.4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	148
5.2.4.2.	ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN.....	150
5.2.4.3.	HÁBITOS DE CONSUMO	153
5.2.4.4.	CONTRATACIÓN	155
5.2.4.5.	ALUMBRADO.....	157
5.2.4.6.	COCINA INDUSTRIAL	167
5.2.4.7.	INFORMÁTICA.....	169
5.2.4.8.	PRODUCCIÓN DE ACS.....	171
5.2.5.	CONSUMO DE AGUA.....	173
5.2.5.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CONSUMO DE AGUA.....	173
5.2.5.2.	ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN.....	174
5.2.5.3.	HÁBITOS DE CONSUMO	177
5.2.5.4.	CONSUMOS ANÓMALOS	179
5.2.5.5.	INODOROS.....	180
5.2.5.6.	LAVABOS	184
5.2.5.7.	FREGADEROS	187
5.2.5.8.	APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES.....	189
5.2.5.9.	REUTILIZACIÓN AGUAS GRISES	191
5.2.6.	CONCLUSIÓN	191
5.3.	CENTRO DE EDUCACIÓN INFANTIL Y PRIMARIA REGINA ASSUMPTA.....	192
5.3.1.	ANTECEDENTES.....	192
5.3.1.1.	INFORMACIÓN GENERAL	192
5.3.1.2.	TOMA DE DATOS.....	193
5.3.1.3.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO.....	193
5.3.1.4.	UBICACIÓN	193
5.3.1.5.	OCUPACIÓN	194
5.3.2.	RESUMEN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA.....	195

5.3.2.1.	COMUNICACIÓN RELATIVA A LA REALIZACIÓN DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA	195
5.3.2.2.	CONSUMO ENERGÉTICO	195
5.3.2.3.	PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE CALEFACCIÓN	196
5.3.2.4.	PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	197
5.3.2.5.	PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE AGUA.....	198
5.3.2.6.	ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.....	199
5.3.3.	CONSUMO DE CALEFACCIÓN.....	204
5.3.3.1.	ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO.....	204
5.3.3.2.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE ACS	204
5.3.3.3.	ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN	205
5.3.3.4.	MEJORAS EN LA ENVOLVENTE	211
5.3.3.5.	HÁBITOS DE CONSUMO	218
5.3.3.6.	CONTRATACIÓN	220
5.3.3.7.	PRODUCCIÓN DE CALOR.....	221
5.3.3.8.	EMISORES	224
5.3.3.9.	SISTEMA DE REGULACIÓN	227
5.3.3.10.	ACUMULACIÓN DE ACS.....	229
5.3.4.	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	231
5.3.4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	231
5.3.4.2.	ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN	232
5.3.4.3.	HÁBITOS DE CONSUMO	236
5.3.4.4.	CONTRATACIÓN	238
5.3.4.5.	ALUMBRADO	240
5.3.4.6.	COCINA INDUSTRIAL	248
5.3.4.7.	INFORMÁTICA	251
5.3.5.	CONSUMO DE AGUA	253
5.3.5.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CONSUMO DE AGUA	253
5.3.5.2.	ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN	254
5.3.5.3.	HÁBITOS DE CONSUMO	257
5.3.5.4.	CONSUMOS ANÓMALOS.....	259
5.3.5.5.	INODOROS	261
5.3.5.6.	LAVABOS.....	265
5.3.5.7.	FREGADEROS.....	270
5.3.5.8.	APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES	272
5.3.5.9.	REUTILIZACIÓN AGUAS GRISES	274
5.3.6.	CONCLUSIÓN.....	275
5.4.	CENTRO DE EDUCACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA CALASANZ.....	276
5.4.1.	ANTECEDENTES	276
5.4.1.1.	INFORMACIÓN GENERAL.....	276

5.4.1.2.	TOMA DE DATOS.....	277
5.4.1.3.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO.....	277
5.4.1.4.	UBICACIÓN	277
5.4.1.5.	OCUPACIÓN	278
5.4.2.	RESUMEN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA.....	279
5.4.2.1.	COMUNICACIÓN RELATIVA A LA REALIZACIÓN DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA.....	279
5.4.2.2.	CONSUMO ENERGÉTICO.....	280
5.4.2.3.	PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE CALEFACCIÓN	280
5.4.2.4.	PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	281
5.4.2.5.	PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE AGUA	283
5.4.2.6.	ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.....	283
5.4.3.	CONSUMO DE CALEFACCIÓN	288
5.4.3.1.	ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO	288
5.4.3.2.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN.....	289
5.4.3.3.	ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN.....	290
5.4.3.4.	MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.....	293
5.4.3.5.	HÁBITOS DE CONSUMO	301
5.4.3.6.	CONTRATACIÓN	303
5.4.3.7.	PRODUCCIÓN DE CALOR	305
5.4.3.8.	EMISORES.....	308
5.4.3.9.	SISTEMA DE REGULACIÓN.....	310
5.4.4.	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	313
5.4.4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	313
5.4.4.2.	ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN.....	316
5.4.4.3.	HÁBITOS DE CONSUMO	320
5.4.4.4.	CONTRATACIÓN	322
5.4.4.5.	ALUMBRADO.....	326
5.4.4.6.	COCINA INDUSTRIAL	335
5.4.4.7.	INFORMÁTICA.....	338
5.4.4.8.	PRODUCCIÓN DE ACS	340
5.4.5.	CONSUMO DE AGUA.....	343
5.4.5.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CONSUMO DE AGUA.....	343
5.4.5.2.	ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN.....	343
5.4.5.3.	HÁBITOS DE CONSUMO	346
5.4.5.4.	CONSUMOS ANÓMALOS	348
5.4.5.5.	INODOROS.....	350
5.4.5.6.	LAVABOS	353
5.4.5.7.	FREGADEROS	358
5.4.5.8.	APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES.....	360
5.4.5.9.	REUTILIZACIÓN AGUAS GRISES.....	362

5.4.6. CONCLUSIÓN.....	363
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....	365
6.1. CONCLUSIONES DEL ESTADO DEL ARTE	365
6.2. CONCLUSIONES DE LA FUNDAMENTACIÓN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA.....	366
6.3. CONCLUSIONES DE LA METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA.....	367
6.4. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE CASOS.....	368
6.5. CONCLUSIONES DEL CONJUNTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	369
6.5.1. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS	369
6.5.2. INCORPORACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN LA AUDITORÍA ENERGÉTICA.....	371
6.5.3. DIMENSIÓN SOCIAL Y POTENCIAL EDUCATIVO.....	372
6.5.4. CONCLUSIONES GENERALES.....	373
6.6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	374
6.7. DIFUSIÓN DE RESULTADOS	376
6.7.1. ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN.....	376
6.7.2. ACTAS EN CONGRESOS.....	377
CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA	379
7.1. MONOGRAFÍAS	379
7.2. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN	382
7.3. INFORMES.....	382
7.4. ARTÍCULOS EN PUBLICACIONES.....	384
7.5. CAPÍTULOS DE LIBROS	386
7.6. NORMATIVA	386
7.7. PÁGINAS WEB	388
CAPÍTULO 8. ANEXOS.....	389
8.1. MODELOS DE FICHAS	389
8.1.1. CUESTIONARIO DE RECOPIACIÓN DE DATOS PREVIOS A LA VISITA.....	389
8.1.2. FICHA DE TOMA DE DATOS DURANTE EL TRABAJO DE CAMPO	397
8.2. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DEL ESTUDIO DE CASOS	405
8.2.1. CENTRO DE EDUCACIÓN INFANTIL LA INMACULADA	405

8.2.2.	CENTRO DE EDUCACIÓN INFANTIL Y PRIMARIA REGINA ASSUMPTA.....	407
8.2.3.	CENTRO DE EDUCACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA CALASANZ	408

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

“Lo más importante de estos años es el inicio de un período de reflexión crítica acerca del entendimiento tectónico de la arquitectura y la apertura de un debate en torno a la energía y a las relaciones entre el hombre y el medio.”

(García-Germán, 2010)

En este capítulo se introducen los puntos de partida de la presente tesis doctoral. Tras exponer el objeto y el interés del tema, se pasa a analizar las razones por las cuales se procedió a la investigación. Por último, se expone la hipótesis, se plantean los objetivos que se proponen para evaluar la hipótesis, y se describe la metodología seguida para la consecución de los mencionados objetivos.

1.1. PREÁMBULO. ENRIQUECER LA MANERA DE MIRAR LA ARQUITECTURA

Le Corbusier cambió la forma de entender la arquitectura en 1927 con la publicación del documento “Cinco puntos para una nueva arquitectura” (Roth, 1997). El concepto de planta libre consigue separar estructura de cerramiento. Utilizando la metáfora del cuerpo humano, la creación de espacios cuenta con los elementos de la piel y los huesos. El entramado estructural soporta los pesos y los paramentos exteriores protegen los espacios así generados.

Este modelo tectónico ha quedado implantado en la retina de las siguientes generaciones de arquitectos, gracias a la imagen de la Casa Dominó de 1914 y a las construcciones que se llevaron a cabo desde este punto de vista como la Villa Saboya en 1931 de Le Corbusier o la Casa Farnsworth de Mies van der Rohe en 1951.

Figura 1.1. Casa Dominó de Le Corbusier. Fuente: Vázquez Espí, 1997.

Figura 1.2. Villa Savoye de Le Corbusier. Fuente: Boesiger, 1971.

Figura 1.3. Casa Farnsworth de Mies van der Rohe. Fuente: Lambert, 2001.

En las últimas décadas las tecnologías que acompañan a la construcción han sufrido un crecimiento sin precedentes. Se han introducido procedimientos técnicos que antes no se empleaban. El confort que demanda actualmente la sociedad y el grado de tecnificación para conseguirlo no son comparables con los que caracterizaban la situación de hace sesenta años.

Los edificios obtienen información, toman decisiones automáticas, reciben suministros del exterior y del interior y los envían a los lugares donde se necesitan. Por ello, resulta ineludible complementar el modelo tectónico anterior para tener una visión más rica de la arquitectura. Continuando con la analogía del cuerpo humano, tenemos que incorporar el sistema nervioso, las vías respiratorias, el sistema digestivo y el sistema circulatorio a nuestra visión anatómica de la arquitectura. El organismo no puede funcionar sin vasos ni nervios.

Esta idea no es nueva. Sáenz de Oíza en 1952 publica un esquema en el que compara las vías respiratorias del hombre y los conductos del aire acondicionado de un edificio.

Figura 1.4. Esquema comparativo de las vías respiratorias del hombre y los conductos del aire acondicionado de un edificio. Fuente: Sáenz de Oíza, 1952.

En otro esquema plantea el paralelismo entre el sistema nervioso humano y un sistema de control de climatización: "Dos esquemas idénticos: El primero, en un ser vivo, es el de un mecanismo reflejo en respuesta a un estímulo externo, como el que regula la circulación más o menos superficial de la sangre o de distinta evaporación de la piel. El segundo, idéntico hasta en sus menores detalles, regula la termalidad del edificio en función también de las cambiantes condiciones de clima o ambiente externo, cuando no del propio interior."

Figura 1.5. Esquema comparativo del sistema nervioso del hombre y un sistema de control de climatización. Fuente: Sáenz de Oíza, 1952.

Lamentablemente, las posteriores generaciones de arquitectos no han fijado en su acervo este modelo organicista que no presupone los resultados formales de la arquitectura orgánica. No resulta fácil determinar el motivo de su falta de implantación. Quizá sea más difícil de visualizar que el paradigma anterior. Tampoco ayuda la complejidad que implica poner en práctica este imaginario. Es necesario adquirir ciertos conocimientos de estas cambiantes tecnologías que se quedan obsoletos en poco tiempo, debido a la velocidad de innovación que las caracteriza. El arquitecto no puede ser especialista en tantos ámbitos ligados a la construcción. También sucede que el profesional puede manifestar una falta de interés o de atención hacia aquello en lo que no se desenvuelve con soltura.

Pero esto no ha sido así en todos los casos. En los años 70 y 80 se desarrolló, en Gran Bretaña fundamentalmente, una forma de construir conocida como "High Tech". De entre sus características destaca el uso de las tecnologías, básicamente la estructura metálica y los servicios técnicos, como imagen visible del edificio.

Este estilo arquitectónico puede hacer suyas las palabras del Movimiento Moderno: "El destino de la arquitectura es expresar el espíritu de una época" (Le Corbusier, 1941). Quiere ser la expresión de la confianza reinante en que, con la tecnología, se podía mejorar el mundo.

El espíritu de la época se muestra utilizando tecnología avanzada. ¿Por qué no construir edificios como otros artefactos que parecen máquinas? Más allá del funcionalismo o racionalismo modernos se dota a esta

arquitectura de un simbolismo expresivo. Se avanza en el concepto de la casa como máquina de habitar defendido por Le Corbusier.

Los arquitectos de este movimiento propugnan visibilizar la estructura metálica. No siempre escogen la forma más económica o sencilla, sino que alcanzan un alto grado de sofisticación. Utilizan con profusión la tracción, más como gesto de alarde técnico, que por estricta necesidad. La estructura exterior genera puentes térmicos e intensifica las labores de mantenimiento. La cubierta suspendida implica perforaciones puntuales de la membrana impermeabilizante, lo que la debilita. Los argumentos que esgrimen para justificar el empleo de la tracción adolecen de cierta inconsistencia. Es cierto que al sustituir algunos pilares por tensores y agrupar la transmisión de cargas al terreno en unos pocos pilares, se puede conseguir abaratar la cimentación por la disminución de elementos a ejecutar y se puede incrementar la flexibilidad de la distribución interior debido al menor número de pilares. No obstante, prima más la representación que la función.

Richard Rogers coloca en el exterior de sus edificios, junto a la estructura, las instalaciones mecánicas y los elementos de comunicaciones. Sigue la idea de Louis Kahn de diferenciar los espacios servidores de los espacios servidos para liberar estos últimos de todos aquellos elementos necesarios para su funcionamiento. Su planteamiento resulta antieconómico por tener que aumentar los aislamientos para limitar las pérdidas energéticas de cada elemento por separado, además de tener que incorporar protecciones que soporten las distintas acciones climatológicas adversas.

El Centro Pompidou de Renzo Piano y Richard Rogers fue inaugurado en 1977 y tuvo que ser restaurado en 1997, apenas 20 años tras su puesta en funcionamiento. La pronta necesidad de restaurar el museo nos muestra que este lenguaje constructivo, independientemente de sus posibles valores plásticos, va en detrimento de la vida útil de lo edificado.

Figura 1.6. Centro Pompidou de Renzo Piano y Richard Rogers. Fuente: Rattenbury, 2012.

El Centro de las Artes Visuales Sainsbury realizado por Norman Foster en 1978 no exhibe las “tripas” del edificio. Por el contrario, se preocupa de buscarles su sitio, generando una doble piel, limpia, tersa y permeable al paso de la luz y al paso del aire de forma localizada, en la que alojar todos estos componentes.

Figura 1.7. Centro de las Artes Visuales Sainsbury de Norman Foster. Fuente: Pawley, 1999.

No obstante, más allá de florituras estilísticas o criterios estéticos que se puedan compartir en mayor o menor medida, estos edificios poseen una manera de entender el proceso de concepción arquitectónica que puede ser extrapolada. En ellos, el desarrollo de los servicios técnicos no se produce una vez concluida la fase de ideación, sino que se incorpora en el proceso creativo, adquiriendo así la capacidad de modificar otros componentes de dicho proceso como las estructuras o la construcción, incluso la capacidad de erigirse en desencadenante, no exclusivo, del quehacer del arquitecto. La postura opuesta consistente en introducir los servicios técnicos cuando el proyecto está terminado, origina una pugna por encontrarles su sitio, no siempre el más adecuado, y puede llegar a distorsionar las intenciones que se han buscado con anterioridad.

Richard Rogers en el edificio Lloyd's de 1986 concibe los forjados como una retícula sobre la que levanta unos enanos de hormigón que sujetan una losa. De esta forma la propia estructura genera un espacio para permitir el paso de conductos de climatización. Incluso el cerramiento inferior del forjado se realiza mediante luminarias. Sobre dicha losa se dispone un pavimento elevado que permite el paso de canalizaciones eléctricas y de telecomunicaciones.

Figura 1.8. Sección constructiva del edificio Lloyd's de Richard Rogers. Fuente: Rogers, 2005.

Para poder diseñar de esta manera es preciso avanzar en paralelo, incorporando las instalaciones desde el comienzo del proceso. La antipatía hacia los componentes tecnológicos que puede caracterizar a algunos arquitectos debería producir una intensificación del esfuerzo por controlarlas e integrarlas. La estrategia de posponer el momento de afrontarlas puede ir en detrimento del resultado buscado. Ya decía Louis Kahn: "No me gustan los tubos y las cañerías. Realmente los odio por completo, pero a causa de esto, creo que se les debe dar su lugar. Si sólo los odiase y no tuviese cuidado creo que invadirían el edificio y lo destruirían totalmente." (Fumadó, 1999)

Acercándonos a lo que ocurre dentro de nuestras fronteras, vamos a poner la mirada en el edificio del Bankunión de José Antonio Corrales y Ramón Vázquez Molezún, de 1973. Los arquitectos ganaron el concurso restringido debido a que consiguen una planta más que sus competidores respetando la altura de coronación marcada por la normativa urbanística.

Para flexibilizar la planta, plantean unos pilares cada 4,5 metros que sujetan las vigas principales en fachada. Entran en contacto con un fabricante de viguetas metálicas que es capaz de salvar 15 metros de luz con poca altura. Con una separación entre ellas de 90 centímetros alcanzan 45 centímetros de altura. Aprovechan el entrevigado para incorporar las instalaciones.

Para atravesar los distintos vanos entre viguetas, no aumenta la altura entre plantas como el resto de propuestas presentadas. Plantean conductos verticales exteriores que se manifiestan en fachada y que alimentan de agua y de aire a los inductores ubicados en los antepechos.

Únicamente los conductos de retorno de aire se distribuyen por los pasillos, donde baja la altura libre respecto de los espacios colindantes.

Distribuyendo las instalaciones mayoritariamente en vertical y por el exterior de edificio liberan el espacio interior de servidumbres y limitan la altura entre plantas a lo estricto demandado por el espacio útil de las oficinas y por la estructura. Con esta estrategia de no aumentar la altura entre plantas por demandas de los servicios técnicos, consiguen una planta más que sus contrincantes y resultan ganadores del concurso.

“La cafetera”, como fue conocido popularmente el edificio, también incorpora en el exterior de la fachada las bajantes de pluviales.

Figura 1.9. Planta y sección transversal del edificio Bankunión de Corrales y Molezún. Fuente: Corrales, 1993.

Es curiosa la coincidencia de los recursos utilizados en este edificio con los postulados de la arquitectura High Tech. El resultado final no tiene tantas similitudes desde el punto de vista estético, lo que nos lleva a pensar que enriquecer el modelo de concebir la arquitectura con estos conceptos no presupone un resultado determinado ni limita la aportación creativa de otros aspectos de la producción arquitectónica.

Hoy en día está creciendo la preocupación social por la sostenibilidad. Si trascendemos lo que puede tener de moda pasajera, es otra oportunidad que tenemos para preocuparnos por el funcionamiento de los vasos y los nervios de nuestro organismo arquitectónico.

Entender el edificio como intercambiador de energía con el medio que le rodea se hace necesario cuando se toma conciencia de que los recursos energéticos son un bien limitado. Tampoco esto es nuevo. Las arquitecturas vernáculas son un ejemplo de uso limitado de la energía consumida tanto en el proceso constructivo como en el uso posterior de las edificaciones. Basta fijarnos en las pallozas que se construían con materiales disponibles en su entorno, escasos huecos para evitar pérdidas de calor y se configuraban en torno a un fuego donde se cocinaba y se calentaba la edificación.

Figura 1.10. Planta y sección de una palloza. Fuente: Molina, 2013.

Es cierto que la herramienta unificada Lider Calener facilitada por el Ministerio de Industria para el control de la demanda y el consumo energéticos de los proyectos es una herramienta engorrosa cuyo manejo no facilita la relación intuitiva entre el diseño del edificio y sus sistemas energéticos. Últimamente se están publicando en la página web del

ministerio documentos reconocidos, como el Procedimiento simplificado para viviendas CE2, accesibles para su uso generalizado que son más intuitivos y que visibilizan con mayor facilidad la relación entre decisiones de diseño y el comportamiento energético del edificio. Si el responsable de la concepción arquitectónica no se plantea la necesidad de incorporar los componentes energéticos al proceso de proyecto no sirven de mucho las imposiciones normativas.

Hay diferentes formas de acercarse a la arquitectura. Los planos, dibujos y fotografías permiten acercarnos a una obra desde su representación. La visita al edificio nos permite vivir con mayor intensidad las experiencias que nos despierta. Podemos sentir la arquitectura, descubrirla por nosotros mismos.

Otra forma de acercarse a la arquitectura es utilizarla. Comprar en el mercado, leer en la biblioteca, nadar en la piscina, dormir en casa. Esta forma de vivir la arquitectura es propia tanto de arquitectos como de no arquitectos. Nos introduce en una dimensión distinta. Únicamente cuando se vive en el edificio es cuando se valora en gran medida su confort, cuando apreciamos que la máquina realmente funciona. Esta percepción se escapa en las revistas y no es tan fácil de apreciar en una visita, como ocurre con las sillas que, por lo general, suelen ser cómodas los primeros cinco minutos que se utilizan. Esta percepción se sufre o se disfruta en el día a día.

La sociedad nos pide que prestemos la atención que merecen estos temas. Hemos visto que otros antes que nosotros ya lo hicieron. Si somos receptivos a estas demandas y adquirimos esta forma de entender la arquitectura, podremos desarrollar un proceso de búsqueda que no se quede en una etiqueta superficial que colocar en nuestras construcciones. Seremos capaces de enriquecer el complejo proceso de ideación de espacios habitables, conseguiremos generar edificios y ciudades que no nazcan con la enfermedad de tener que realizar un sobreesfuerzo para satisfacer sus necesidades energéticas. Aliviaremos el funcionamiento del aparato digestivo, de las vías respiratorias y del sistema nervioso, muchas veces fatigados, de esa segunda piel que envuelve nuestro organismo que es la arquitectura.

Figura 1.11. Niño en la fuente de Esquivel. Fuente: de la Sota, 1989.

En este proceso de enriquecer la manera de mirar la arquitectura, también cabe plantearse acerca del papel que desempeña el arquitecto. Nuestra vocación de proyectar para, a continuación, construir aquello que es fruto de nuestra creatividad, debe sopesarse con cautela.

“Con el objetivo de minimizar el empleo de recursos energéticos y materiales, la primera decisión de proyecto consiste en cuestionar la necesidad de actuar y ante la necesidad de construir el proyecto, éste se entiende a través de la simplificación, la eliminación de lo superfluo y la optimización de la relación entre coste energético y uso. Este asunto estaría también vinculado a las estrategias de reutilización, reparación y reciclaje.” (García-Germán 2010).

¿Por qué no poner nuestra mirada en el parque edificatorio ya construido? ¿Por qué no hacerlo con una mirada enriquecida?

“Frente a lo extensivo –la distancia, la superficie y el volumen–, la termodinámica ofrece la oportunidad de entender el proyecto en función de lo intensivo: la temperatura, la presión o la cantidad de energía potencial almacenada.” (García-Germán 2010).

1.2. OBJETO E INTERÉS DEL TEMA

La presente tesis doctoral se basa en la necesidad y responsabilidad que tenemos como investigadores de ofrecer herramientas para mejorar el ahorro y la eficiencia energética en los edificios, procurando reducir el

impacto medioambiental, limitar la demanda energética y mejorar el bienestar de los usuarios.

Dentro de este marco, se escogen los centros docentes como ámbito concreto, debido fundamentalmente a tres motivos: En primer lugar se trata de edificios que presentan un consumo energético importante, cuyo potencial de ahorro resulta relevante (Sekkia, 2015); adicionalmente la propiedad está en manos de un único titular, lo que facilita la gestión de la implantación de las medidas que se consideren interesantes; por último, dado el carácter educativo de la actividad que se desarrolla en el edificio, cualquier acción que se emprenda para mejorar el comportamiento energético puede transformar la mentalidad de las personas que lo usan a diario, ayudando a generar conciencia social de los problemas medioambientales a los que se enfrenta la sociedad actual, dotándola de herramientas eficaces para mitigar los efectos adversos del cambio climático.

En los últimos años se ha generado un creciente interés en el ahorro energético y en la sostenibilidad ambiental en los edificios; fruto de ello han surgido diferentes empresas de servicios energéticos, que ofertan dentro de su cartera de negocio estudios del consumo de energía en los edificios con diferentes alcances y metodologías. La figura dominante en este sector es la auditoría energética, aunque bajo la misma denominación se encuentran diversas metodologías y trabajos que poco tienen que ver unos con otros.

Por ello resulta relevante acercar el mundo de la investigación energética a los responsables de gestionar los edificios, para que puedan obtener unas conclusiones que les permitan tomar decisiones sin tener que realizar un desembolso desproporcionado por dicho estudio, en función de la información que obtiene.

Otros trabajos se centran en obtener parámetros de diseño que ayuden al arquitecto proyectista en la labor de diseñar un edificio que tenga un reducido consumo de energía, tanto con la incorporación de medidas pasivas como con la implantación de sistemas activos eficientes. En la actual situación económica que se vive en España, la construcción de nuevos edificios ha sufrido un descenso importante. El parque de edificios existentes presenta unos consumos energéticos elevados frente a los estándares actuales. Se considera, por tanto, que resulta más acertado dedicar los esfuerzos de la investigación a proponer medidas que mejoren los edificios existentes y a proponer estrategias que hagan viable el acceso al diagnóstico concreto que defina dichas medidas para cada edificio.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En el año 2010, el 40% del consumo total de energía en la Unión Europea corresponde a los edificios. En España esta cifra se reduce hasta un 26,1%. (Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020)

La Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de edificios considera que la reducción del consumo de energía y el uso de energía procedente de fuentes renovables en el sector de la edificación constituyen una parte importante de las medidas necesarias para reducir la dependencia energética de la Unión Europea y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Figura 1.12. Esquema explicativo del funcionamiento del efecto invernadero. Fuente: Zubialde, 2012.

1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
77	64	66	72	71	73	74	77	77	76	78	79	80	82

Figura 1.13. Grado de dependencia energética en España. Fuente: Zubialde, 2012.

Dicha directiva pretende reducir el consumo de energía y potenciar un mayor uso de la energía procedente de fuentes renovables para que la Unión Europea cumpla con el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), así como su compromiso a largo plazo de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 2 °C y su compromiso de reducir, para 2020, las emisiones totales de gases de efecto invernadero en un 20%, como mínimo, con respecto a los niveles de 1990.

La Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética constata que la Unión Europea no va a alcanzar el objetivo de aumentar en un 20% la eficiencia energética en 2020.

En España la transposición de las citadas directivas se produce a través de, entre otras medidas, el Plan de Acción 2011-2020, que constituye el segundo Plan Nacional de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética. Dicho plan establece unos objetivos de ahorro en cuanto a energía final diferenciada por sectores, tal y como se muestra en la figura 1.14.

	2010		2016		2020	
	(ktep)	Reparto porcentual (%)	(ktep)	Reparto porcentual (%)	(ktep)	Reparto porcentual (%)
Industria	-2.866	-60,7	2.489	18,9	4.489	25,2
Transporte	4.561	96,6	6.921	52,5	9.023	50,6
Carretera	4.916	104,2	5.830	44,2	6.926	38,8
Ferrocarril	-207	-4,4	1.121	8,5	1.996	11,2
Marítimo	-100	-2,1	-11	-0,1	56	0,3
Aéreo	-48	-1,0	-19	-0,1	45	0,3
Edificación y equipamiento	2.529	53,6	2.674	20,3	2.867	16,1
Residencial	752	15,9	119	0,9	211	1,2
Envolvente y equipos térmicos	699	14,8	85	0,6	161	0,9
Iluminación	53	1,1	34	0,3	50	0,3
Terciario	1.570	33,3	2.497	19,0	2.736	15,3
Envolvente y equipos térmicos	1.322	28,0	1.858	14,1	1.944	10,9
Iluminación	248	5,3	639	4,9	792	4,4
Equipamiento	207	4,4	57	0,4	-80	-0,4
Servicios públicos	29	0,6	56	0,4	125	0,7
Alumbrado público	11	0,2	19	0,1	58	0,3
Agua	17	0,4	36	0,3	67	0,4
Agricultura y pesca	467	9,9	1.036	7,9	1.338	7,5
Total ahorros energía final	4.720	100,0	13.176	100,0	17.842	100,0

Figura 1.14. Ahorros de energía final por sectores (ktep) y distribución porcentual de ahorros. Fuente: Plan de Acción 2011-2020.

La pretensión de ahorrar energía hasta el año 2020 se reparte entre los tres sectores que son los principales consumidores: industria, transporte y edificación. Como se puede observar en la figura 1.14, dentro del sector de la edificación, el mayor ahorro de energía, un 15,3%, se pretende obtener en la edificación terciaria, frente al 1,2% en residencial y un aumento del 0,4% en equipamiento.

En este sentido se escoge realizar el presente trabajo para una tipología, la docente, que se engloba dentro de la edificación terciaria donde mayores resultados en cuanto al ahorro de energía se pretenden alcanzar dentro de los planes establecidos por el gobierno, a pesar de que el consumo energético de la edificación terciaria es del 33% frente al 67% de la edificación residencial.

Tal y como se puede observar en la figura 1.15, dentro de la distribución de consumo de energía final en el sector de la edificación terciaria, son los edificios de uso administrativo los que tienen un mayor peso (50%), seguido por los edificios destinados al comercio (30%), los restaurantes y alojamientos (8%), edificios sanitarios (7%) y educativos (5%).

Figura 1.15. Consumo de energía final en el sector de edificación terciaria (ktep). Fuente: Plan de Acción 2011-2020 citando como fuente IDAE y MITYC.

Las oficinas, los comercios, los hoteles y los restaurantes son edificios regentados por entidades con una mentalidad empresarial que tratan de maximizar sus beneficios. No dudan realizar las inversiones razonables para abaratar sus costes de producción. Por este motivo son más permeables a la realización de auditorías energéticas que les ayuden a reducir sus costes energéticos.

No sucede lo mismo con los edificios docentes. No están exentos de ser gestionados con criterios de viabilidad económica. No obstante, han nacido con una vocación educativa, en cuyo desempeño se cifra su éxito, más que en el constante aumento de beneficios económicos. Por este motivo pueden estar más alejados de la realización de auditorías

energéticas y conviene precisar una herramienta útil sin un coste elevado, para que les resulte atractivo abordar la necesidad de reducir su consumo energético.

Los centros docentes presentan un consumo energético importante y un potencial de ahorro relevante. Adicionalmente, al contar con un único titular del edificio, se facilita la gestión de la incorporación de las medidas de ahorro energético que se propongan.

Otro motivo para realizar la presente investigación en los centros docentes es que su carácter educativo le confiere un efecto multiplicador. La realización de una auditoría energética en un edificio utilizado por una comunidad de aprendizaje puede revertir en la incorporación de las herramientas que permiten obtener ahorros energéticos en la mentalidad de los miembros de dicha comunidad.

El consumo energético de los edificios docentes supone únicamente el 5% del total de los edificios no residenciales. No obstante, la herramienta de auditoría energética que se desarrolla en el presente trabajo resulta extrapolable al resto de tipologías que no presentan la dificultad inicial mencionada.

1.4. HIPÓTESIS

Se puede mejorar el ahorro y la eficiencia energética de los centros docentes a través de una auditoría energética denominada “operativa”, realizada con un método de cálculo elegido mediante el criterio de optimización del coste, frente a otros criterios como la precisión.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Desarrollar una herramienta que permita estudiar el consumo de energía en centros docentes, con las siguientes características:

- Que ofrezca resultados con una fiabilidad suficiente para facilitar la toma de decisiones para mejorar el ahorro y la eficiencia energética.
- Que utilice el criterio de optimización de coste para la selección del método de cálculo, de manera que sea una herramienta que resulte atractiva, por su reducida inversión inicial, para los gestores de los edificios.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar un análisis comparativo de los costes de los distintos tipos de auditorías energéticas.

Incorporar en la auditoría energética la gestión del agua en el edificio, debido al potencial de ahorro que encierra y a la huella energética que lleva asociada su consumo, estudiando, no sólo, la parte de energía que se consume en su calentamiento para uso sanitario.

Explorar la dimensión social y el potencial educativo de una auditoría energética desarrollada en un centro docente.

1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se estructura en una serie de fases con sus correspondientes tareas.

FASE I: DOCUMENTACIÓN

- Tarea 1: Búsqueda de documentación. Consiste en realizar la pertinente búsqueda de la documentación bibliográfica. La ciencia es un trabajo colaborativo y acumulativo. Aunque la investigación se realice de manera individual, resulta necesario consultar las teorías, modelos, métodos, resultados, hallazgos, datos, etc. aportados por otros autores sobre el mismo tema de investigación. Se trata de no caer en los mismos errores y de no duplicar esfuerzos para lograr hacer aportaciones originales a la comunidad científica.
- Tarea 2: Consulta de normativa. Consiste en realizar la pertinente consulta a la normativa vigente tanto técnica como legal. La normativa técnica es un documento aprobado por un organismo reconocido que establece especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico que hay que cumplir en determinados productos, procesos o servicios. La normativa legal es un documento aprobado por la autoridad competente que marca las disposiciones de obligado cumplimiento que rigen el desarrollo de dichos productos, procesos o servicios. Se pretende obtener información científica y legal sobre las especificaciones técnicas de diferentes técnicas y servicios.
- Tarea 3: Contacto con empresas del sector. Consiste en realizar una labor de búsqueda de distintas empresas del sector para obtener información sobre el alcance de sus procesos.
- Tarea 4: Análisis de la documentación. Una vez obtenida la documentación procedente de diversas fuentes, se pretende

analizarla y estructurarla para obtener conclusiones sobre el estado de la cuestión.

FASE II: DESARROLLO CONCEPTUAL DE LA METODOLOGÍA

- Tarea 5: Desarrollo conceptual de la metodología para el estudio del consumo de agua. Consiste en analizar las diferentes metodologías existentes para el estudio del consumo de agua y seleccionar las más adecuadas según los criterios de la investigación.
- Tarea 6: Desarrollo conceptual de la metodología para el estudio del consumo de energía eléctrica. Consiste en analizar las diferentes metodologías existentes para el estudio del consumo de energía eléctrica y seleccionar las más adecuadas según los criterios de la investigación.
- Tarea 7: Desarrollo conceptual de la metodología para el estudio del consumo de calefacción. Consiste en analizar las diferentes metodologías existentes para el estudio del consumo de calefacción y seleccionar las más adecuadas según los criterios de la investigación.

FASE III: REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIO DE CASOS: AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA DE DISTINTOS CENTROS DOCENTES

- Tarea 8: Toma de datos inicial. Consiste en solicitar una serie de datos a la propiedad del centro docente para obtener información acerca del edificio, de su funcionamiento y de sus instalaciones, lo que facilitará la posterior recogida de datos in situ.
- Tarea 9: Análisis previo de los datos recibidos. Mediante la evaluación de los datos recibidos es posible discernir cuáles son los consumos de los principales sistemas consumidores de energía y preparar las fichas de toma de datos, a rellenar en la visita al centro educativo, particularizadas para la realidad concreta del edificio a estudiar.
- Tarea 10: Visita al centro educativo para la toma de datos in situ. Consiste en recoger datos de manera exhaustiva y precisa, para obtener una radiografía del consumo energético existente, de sus sistemas y de sus procesos, con el fin de disponer así de manera clara y ordenada de la información necesaria para la realización de la auditoría energética.
- Tarea 11: Análisis de los datos obtenidos. Mediante la evaluación de los datos obtenidos es posible obtener un conocimiento fiable del consumo energético que se produce en el edificio debido a cada sistema o proceso por separado y de su coste asociado.

- Tarea 12: Descripción de las medidas de ahorro de energía (en adelante MAE) propuestas. Consiste en detectar las distintas oportunidades de ahorro, mejora de la eficiencia y diversificación de la energía concretas para el centro docente con la pretensión de poderlas estudiar a continuación.
- Tarea 13: Cálculo de los ahorros. Consiste en estudiar los consumos previos y posteriores a la implantación de cada MAE de cara a obtener los datos de ahorro de energía y de emisiones de CO₂.
- Tarea 14: Estudio de viabilidad. Consiste en cuantificar los ahorros económicos asociados a los ahorros energéticos que se pueden obtener con la implantación de cada medida propuesta y el coste de la inversión necesaria para llevarla a cabo, para posteriormente relacionar ambos valores y obtener la viabilidad de cada medida propuesta.
- Tarea 15: Clasificación de las propuestas. De cara a facilitar la toma de decisiones respecto a implantación de las MAEs se pretende sintetizar los valores más relevantes estudiados y clasificarlos con criterios operativos.
- Tarea 16: Elaboración de recomendaciones. Consiste en, una vez realizado el estudio energético, elaborar unas conclusiones encaminadas a la futura elaboración de un plan de acción que permita llevar a cabo aquellas MAEs que se consideren oportunas. Se pretende que el estudio realizado se pueda materializar de manera progresiva.

FASE IV: CONCLUSIONES:

- Tarea 17: Conclusiones. Una vez realizada la investigación se procede al análisis de resultados, obtención de conclusiones, verificación del cumplimiento de los objetivos marcados y de la hipótesis propuesta.
- Tarea 18: Futuras líneas de investigación. Dado que todo trabajo de investigación debe ceñirse al campo estudiado, se marcarán aquellas cuestiones que se han suscitado a lo largo del trabajo que, irremediablemente, quedarán pendientes de desarrollo para futuras investigaciones.

FASE IV: DIFUSIÓN DE RESULTADOS

- Tarea 19: Difusión de los resultados. Consiste en la difusión de los resultados obtenidos de la investigación en comunicaciones presentadas en congresos y artículos publicados en revistas de impacto.

- Tarea 20: Redacción de la tesis. Consiste en la redacción del documento final de la tesis que recoja todo el trabajo realizado.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

“Disipamos vastas cantidades de energía de capital importancia que podrían ser necesarias en caso de emergencias futuras y dispersamos concentraciones valiosas de materiales que actualmente no tenemos maneras de reconstruir.”

(McHale, 1970)

En este capítulo se analiza el origen de los estudios energéticos. A continuación se estudia el marco normativo. Seguidamente se centra la atención sobre las distintas definiciones de auditoría energética y ahorro y eficiencia energética.

Por último, se recogen los diversos tipos de auditorías energéticas ofertados por las empresas del sector y su coste económico.

2.1. ORIGEN DE LOS ESTUDIOS ENERGÉTICOS

El petróleo es la fuente de energía más utilizada en la actualidad. Supone un 51% del consumo de energía final en 2013 en España frente al 18% de la segunda fuente de energía final, el gas natural. (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013).

A finales del siglo XIX sustituyó al carbón. Tal y como se observa en la figura 2.1, el consumo de petróleo ha ido aumentando desde principios del siglo XX hasta hace pocos años. Durante décadas su explotación ha permitido disponer de energía de una manera sencilla, económica y abundante.

Figura 2.1. Consumo de petróleo en España durante el siglo XX. Fuente: [http://www.webaero.net/ingenieria/varios/Expo%20Industria/Industria/images/Consumo Petroleo.gif](http://www.webaero.net/ingenieria/varios/Expo%20Industria/Industria/images/Consumo%20Petroleo.gif)

La crisis del petróleo de 1973, motivada por la alarmante subida de su precio decretada por la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo), supuso una ligera estabilización del consumo en España. Aparece entonces el concepto de Eficiencia Energética (García San José, 2010) y se intenta identificar y evaluar las actividades industriales con mayor consumo de energía.

La segunda crisis del petróleo entre 1979 y 1984 genera otra alarmante subida de su precio, tal y como se observa en la figura 2.2. A raíz de esta crisis, los distintos países tratan de ponerse de acuerdo para la reducción del uso de combustibles fósiles. Aparece el concepto de Calentamiento Global y se toman decisiones a nivel mundial, mediante la firma del Protocolo de Kyoto en 1997, que pretende adoptar medidas dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Figura 2.2. Precio del petróleo durante los últimos 50 años. Fuente: <http://www.euribor.com.es/2009/01/27/la-crisis-del-petroleo-en-2008/>

En España se reduce el consumo del petróleo, aunque esta reducción sucede únicamente hasta que el precio del crudo vuelve a descender. Se crea el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE en adelante), que pretende, entre otros objetivos, la implantación de las energías renovables. Se empieza a incentivar la racionalización del consumo energético. Se realizan estudios técnico-económicos, que muestran que se puede reducir el gasto en energía. Se decide aplicar medidas en las 309 empresas con un consumo de energía superior a las 10.000 toneladas equivalentes de petróleo (tep en adelante) anuales. (Una tep equivale a 11.628 kWh). Dichas empresas suponen el 65% del consumo español.

A la vista de los resultados alcanzados con las primeras medidas, se efectúa otra campaña de estudios dirigida a las empresas con consumos comprendidos entre 2.000 y 10.000 tep/año. Posteriormente se amplía a las empresas con consumos de hasta 500 tep/año.

Comienzan a surgir diversas directivas europeas, con sus correspondientes transposiciones a la normativa española, que pretenden limitar el consumo de energía y las emisiones de CO₂.

La situación de dependencia energética de España, a pesar de las incipientes medidas adoptadas, sigue siendo muy alta. La crisis iniciada en el 2008 tiene una componente energética alta. China y otras economías emergentes están aumentando su demanda mientras que otras economías más estancadas la mantienen, tal y como se observa en la figura 2.3.

Figura 2.3. La demanda de crudo. Fuente: Expansión citando a BP Statistical Review y AIE <http://www.expansion.com/2013/02/14/empresas/energia/1360862927.html>

Ha finalizado la era del crudo barato. Está próximo el pico del petróleo, tal y como se observa en la figura 2.4. (Fernández, 2008). Diversos estudios (Hubbert, 1949; Heinberg, 2006; Naredo, 2008) no coinciden en determinar con exactitud el momento en el que se alcanzará la tasa máxima de extracción de petróleo a nivel mundial y tras el cual dicha tasa entrará en un declive inexorable. Pero dicho momento, tarde o temprano, llegará y esto supone un cambio de paradigma. Ante la escasez del petróleo y el aumento de su demanda, su precio crecerá exponencialmente

Figura 2.4. Pico del petróleo: Descubrimientos y extracción. Fuente: Fernández, 2008.

El origen de la preocupación por el consumo energético y de las medidas encaminadas a analizarlo y reducirlo se debe a la necesidad de limitar la dependencia del petróleo, que se puede observar en la figura 2.5, como una de las formas más rentables para reforzar la seguridad del abastecimiento energético. Su desarrollo ha sido gradual y ha venido marcado por las distintas crisis con componentes energéticas de los últimos 40 años. Aunque está finalizando la era del crudo barato, todavía queda recorrido para terminar con la mentalidad del despilfarro energético que genera el hecho de que hasta ahora no se paguen los costes medioambientales que llevan incorporados los combustibles fósiles.

Figura 2.5. Grado de dependencia energética en España y en la Unión Europea. Fuente: Plan de Acción 2011-2020 citando a Eurostat 2009 y Mityc 2010.

En la actualidad, existe un escenario a nivel mundial de precios energéticos al alza y de fuerte competencia que hace que cualquier inversión deba ser cortoplacista para no limitar la competitividad, incluso para no poner en riesgo la viabilidad económica de las organizaciones. Una de las variantes más importantes a la hora de aumentar la productividad es la energía. Por ello, el conocimiento de cómo la organización contrata su energía, cuáles son sus consumos, cómo es su comportamiento respecto a otras organizaciones similares, sumado a las posibles mejoras para rebajar el coste energético, resulta de vital importancia.

2.2. MARCO NORMATIVO

A continuación se procede a presentar la normativa que regula las auditorías energéticas.

La Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios no menciona las auditorías energéticas.

La Directiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de abril de 2006 sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos, en el punto 18 de la exposición de motivos dice que “Con objeto de conseguir el potencial de ahorro de energía en determinados segmentos de mercado en los que las auditorías energéticas en general no se venden comercialmente, como los hogares, los Estados miembros deben velar por la disponibilidad de las auditorías energéticas.”

En su articulado aborda directamente las auditorías energéticas como contenido propio, aunque permite otras alternativas más económicas: “Se podrán aplicar a aquellos segmentos del mercado que tengan costes de transacción más elevados e instalaciones no complejas otras medidas, como cuestionarios y programas de ordenador facilitados por medio de Internet o enviados a los clientes por correo.” La obligación de ofrecer estas auditorías o sistemas alternativos recae en las empresas distribuidoras de energía.

La Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de edificios sólo menciona las auditorías energéticas como una información que se puede facilitar al propietario de un inmueble al que se ha realizado un certificado de eficiencia energética considerado como “otro tema conexo”.

La Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, que modifica, entre otras, a la Directiva 2010/31/UE y deroga, entre otras, a la Directiva 2006/32/CE, en el punto 24 de la exposición de motivos dice que: “Las auditorías energéticas tienen que ser obligatorias y periódicas para las grandes empresas, ya que el ahorro de energía obtenido puede ser significativo”, mientras que “para aprovechar el potencial de ahorro de energía de determinados segmentos de mercado en los que no suelen ofrecerse auditorías energéticas de forma comercial [como las pequeñas y medianas empresas (PYME)], los Estados miembros deben elaborar programas para fomentar la elaboración de auditorías energéticas en las PYME.”

En su articulado aborda directamente las auditorías energéticas como contenido propio. Marca la obligatoriedad de someter a las empresas que no sean PYME a una auditoría energética a más tardar el 5 de diciembre de 2015, y como mínimo cada cuatro años. También establece la obligatoriedad por parte de los estados de control y supervisión de las auditorías realizadas. En su Anexo VI marca unos criterios mínimos para las auditorías energéticas.

En España, el 13 de febrero de 2016 se publica el Real Decreto 56/2016 que transpone la Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. Se da de plazo a las empresas con más de 250

trabajadores para realizar una auditoría energética hasta el 14 de noviembre de 2016, casi con un año de retraso.

La norma UNE 216501:2009 Auditorías energéticas, aborda específicamente la cuestión. Las normas UNE no son de obligado cumplimiento.

El Real Decreto 56/2016 marca el alcance y los criterios mínimos exigidos a las auditorías energéticas. Considera que las auditorías energéticas realizadas conforme a la serie UNE EN 16247 o, en su caso, sus sustituciones por futuras normas UNE EN cumplen, con el alcance y los criterios exigidos.

La serie UNE EN 16247 se ha publicado entre el año 2012 y 2015. Está formada por las siguientes normas:

- UNE-EN 16247-1:2012 Auditorías energéticas. Parte 1 Requisitos generales.
- UNE-EN 16247-2:2014 Auditorías energéticas. Parte 2: Edificios.
- UNE-EN 16247-3:2014 Auditorías energéticas. Parte 3: Procesos.
- UNE-EN 16247-4:2014 Auditorías energéticas. Parte 4: Transporte.
- UNE-EN 16247-5:2015 Auditorías energéticas. Parte 5: Competencia de los auditores energéticos.

La norma UNE 216501:2009 Auditorías energéticas se ha anulado tras la publicación de la serie UNE EN 16247.

La norma UNE-EN 16247-2:2014 Auditorías energéticas. Parte 2: Edificios, establece los pasos del proceso de la auditoría energética en los edificios.

2.3. DEFINICIONES

2.3.1. AUDITORÍA ENERGÉTICA

La Directiva 2012/27/UE define el concepto de auditoría energética como:

“Todo procedimiento sistemático destinado a obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente de un edificio o grupo de edificios, de una instalación u operación industrial o comercial, o de un servicio privado o público, así como para determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía a un coste eficiente e informar al respecto.”

El Real Decreto 56/2016 copia literalmente la citada definición.

La norma UNE 216501:2009 define el concepto de auditoría energética como:

“Proceso sistemático, independiente y documentado para la obtención de evidencias y su evaluación objetiva en una organización o parte de ella, con 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 coste energético y de mantenimiento, así como otros beneficios y costes asociados.”

La norma UNE-EN 16247-1:2012 define el concepto de auditoría energética como:

“Inspección y análisis sistemáticos del uso y consumo de energía en un emplazamiento, edificio, sistema u organización con el objetivo de identificar e informar acerca de los flujos de energía y del potencial de mejora de la eficiencia energética.”

Las tres definiciones coinciden, como no puede ser de otra manera, en los aspectos generales del concepto definido. A continuación se destacan aquellos aspectos relevantes de cara a la investigación.

Las dos primeras definiciones matizan que el tipo de conocimiento que se pretende adquirir debe ser adecuado o fiable. Esto nos introduce en la cuestión de la complejidad del problema y de las diversas maneras de acercarse para obtener el conocimiento que se pretende.

La norma UNE 216501:2009 nos advierte de que debe ser un proceso independiente. Aunque dicha cuestión ha sido eliminada de las definiciones del año 2012. La Directiva 2012/27/UE y su transposición a la normativa española admiten que las auditorías energéticas sean realizadas por expertos internos a la organización, siempre que cumplan con la exigencia de que dichos expertos no estén directamente implicados en las actividades auditadas. Esta matización la realizan dentro del articulado, dejando fuera de la definición el carácter independiente de la auditoría. El tema de fondo que subyace es el coste económico de la auditoría que debe afrontar quien la realice. Dicho coste se puede abaratar si la auditoría se realiza por personal que pertenece a la plantilla de la organización. Aunque en este caso queda en entredicho la independencia, a pesar de que se exija que el auditor no esté directamente implicado en la actividad auditada.

La Directiva 2012/27/UE menciona que la auditoría energética debe realizarse a un coste eficiente. Este matiz resulta importante. En función del consumo energético que realice la organización a auditar, el coste de la auditoría y, por tanto, su alcance deben ajustarse para que logre ser eficiente.

Las cuestiones acerca del conocimiento adecuado o fiable, la independencia y el coste eficiente de las auditorías energéticas sitúan la conceptualización de tan reciente asunto en el plano de la relación entre coste y beneficio. No es lo mismo dicha relación evaluada desde la dimensión puramente económica para una organización que desde una dimensión ambientalista o estratégica para un estado.

Para una organización el análisis de la relación entre coste y beneficio es importante para la toma de decisión, mientras que un estado puede legislar obligando a asumir costes a las organizaciones cuyos beneficios se disfruten por el conjunto de la sociedad. No obstante la imposición por parte del estado de costes muy elevados puede hacer inviable el desarrollo de la actividad.

El coste de la auditoría está relacionado con el volumen de la información que se gestione y la forma en que es necesario obtener dicha información.

2.3.2. AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

La norma UNE 216501:2009 define los siguientes conceptos como:

- Ahorro de energía: "Reducción del consumo de energía, determinada mediante medición y/o estimación del consumo antes y después de la aplicación de una o más medidas de mejora de la eficiencia energética, en condiciones normales externas."
- Eficiencia energética: "Relación entre la cantidad de energía requerida para la realización de las actividades de una organización, sus equipos, sus sistemas, sus productos y sus servicios y la cantidad de energía real usada."

La norma UNE-EN 16247-1:2012 define el siguiente concepto como:

- Eficiencia energética: "Coeficiente u otra relación cuantitativa entre la salida en forma de rendimiento, servicio, bienes o energía y la entrada en forma de energía."

Tanto la Directiva 2012/27/UE como el Real Decreto 56/2016 definen los siguientes conceptos como:

- Ahorro de energía: "Cantidad de energía ahorrada, determinada mediante medición y/o estimación del consumo antes y después de la aplicación de una o más medidas de mejora de la eficiencia

energética, teniendo en cuenta al mismo tiempo la normalización de las condiciones externas que influyen en el consumo de energía.”

- Eficiencia energética: “La relación entre la producción de un rendimiento, servicio, bien o energía y el gasto de energía.”

De las definiciones cabe destacar, además de su gran parecido incluso en los matices, su incidencia en considerar el ahorro de energía en condiciones externas normalizadas. Esto resulta necesario para poder comparar los valores desde el punto de vista del estudioso. La definición no contempla, sin embargo, que el ahorro se obtenga con unas condiciones de uso a su vez normalizadas. Si no se tiene en cuenta también este factor, los resultados no serían comparables. No obstante, desde el punto de vista del propietario, lo que resulta relevante es el ahorro de energía en condiciones externas y de uso reales.

Reduciendo el alcance de estas definiciones al ámbito de los edificios, se puede adoptar la ecuación fundamental de la eficiencia energética (Sendra, 2011) que establece que el consumo energético de un edificio está definido por la relación entre su demanda de energía y la eficiencia energética de los equipos y sistemas que están instalados en el edificio.

$$\text{consumo energético del edificio} = \frac{\text{demanda de energía}}{\text{eficiencia energética de los sistemas}}$$

Figura 2.6. Ecuación fundamental de la eficiencia energética. Fuente: Sendra, 2011.

Para conseguir un ahorro de la energía consumida por un edificio es preciso reducir la demanda y/o aumentar la eficiencia. Para estudiar cuál de los dos aspectos presentan mayor incidencia de cara al ahorro energético, se muestra a continuación una gráfica donde se ilustra cómo afectan al consumo las variaciones de demanda y de eficiencia.

Figura 2.7. Evolución del consumo en función de aumentar la eficiencia energética de los sistemas o disminuir la demanda de energía. Fuente: Marco, 2004.

Al analizar la figura 2.7, se puede observar que se obtiene un mayor ahorro de energía disminuyendo la demanda de energía que aumentando la eficiencia energética de los sistemas.

2.4. TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

Todas las definiciones estudiadas coinciden en el carácter sistemático que deben tener las auditorías energéticas. Aunque en el articulado posterior no establecen una homogeneidad en la forma de realizar las auditorías energéticas que pueda servir para homogeneizar también el conocimiento del estado de gasto energético en las organizaciones.

La Directiva 2012/27/UE se limita a establecer en su Anexo VI los siguientes criterios mínimos que deben cumplir las auditorías energéticas:

- a) deberán basarse en datos operativos actualizados, medidos y verificables, de consumo de energía y (en el caso de la electricidad) de perfiles de carga;
- b) abarcarán un examen pormenorizado del perfil de consumo de energía de los edificios o grupos de edificios, o de las operaciones o instalaciones industriales, con inclusión del transporte;
- c) se fundamentarán, siempre que sea posible, en el análisis del coste del ciclo de vida antes que en períodos simples de amortización, a fin de tener en cuenta el ahorro a largo plazo, los valores residuales de las inversiones a largo plazo y las tasas de descuento;
- d) deberán ser proporcionadas y suficientemente representativas para que se pueda trazar una imagen fiable del rendimiento energético global, y se puedan determinar de manera fiable las oportunidades de mejora más significativas.
- Las auditorías energéticas permitirán la realización de cálculos detallados y validados para las medidas propuestas, facilitando así una información clara sobre el potencial de ahorro.
- Deberán poderse almacenar los datos empleados en las auditorías energéticas para fines de análisis histórico y trazabilidad del comportamiento energético.

La norma UNE-EN 16247-1:2012 tampoco avanza mucho más en la definición de una metodología homogénea para la realización de las auditorías energéticas. Se limita a nombrar las características generales que deben tener las auditorías energéticas:

- a) adecuado: al alcance, a los objetivos y a la rigurosidad acordados;
- b) completo: con el objetivo de definir el objeto auditado y la organización;
- c) representativo: con el objetivo de recopilar datos fiables y relevantes;
- d) trazable: con el objetivo de permitir identificar el origen y procesamiento de los datos;
- e) útil: con el objetivo de incluir un análisis de efectividad de los costes de las oportunidades de ahorro de energía identificadas;
- f) verificable: con el objetivo de permitir a la organización supervisar los logros en relación con los objetivos marcados para las oportunidades de mejora de la eficiencia energética implementadas

Dado que la normativa no va más allá, resulta necesario acercarse a lo que está ocurriendo en el mercado de los servicios energéticos. La siguiente información se ha obtenido de la Asociación de Empresas de Eficiencia Energética que engloba a las siguientes empresas: Abaco Control, Atisae, Creara, Ingenia Soluciones, Nogawatio, Preventop, Since02 y Tecnalía.

Quizá debido a dicha falta de concreción en lo que respecta a una definición más precisa de cómo debe realizarse una auditoría energética por parte de la normativa, está ocurriendo en las empresas que prestan servicios bajo la denominación de “auditoría energética” y en los clientes que las solicitan que, cuando demandan este servicio, obtienen una serie de ofertas totalmente dispares y difícilmente comparables. Por ello el sector está realizando un esfuerzo por definir el alcance de los distintos tipos de auditorías energéticas que ofertan. Se pueden agrupar en tres tipos.

2.4.1. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

También denominado “Auditoría preliminar”, “Auditoría previa”, “Anteproyecto de auditoría” o “Auditoría de recorrido”.

Tiene el siguiente alcance:

- Inventario de equipos consumidores.
 - o Inventario de consumos con carácter general: Contabilidad energética general de potencias instaladas, verificaciones visuales, estudio de los equipos instalados y de los datos de funcionamiento.

- Evaluación comparativa inspección no intrusiva: El análisis se basa en la comparación de los consumos energéticos del edificio objeto con los consumos de edificios similares situados en climas similares.
- Análisis de consumos.
 - Recopilación de la facturación energética de 12 meses.
 - Registro de los principales hábitos de uso de los distintos usuarios de la instalación.
 - Balance energético estimativo de los consumos: Distribución teórica de los principales sistemas consumidores.
 - A partir de los datos de facturación energética, optimización de los suministros:
 - Electricidad: eliminación de energía reactiva, ajuste del término de potencia, mejorar oferta para el término de energía (precio eléctrico), estudio de tarifas.
 - Otros combustibles: mejorar oferta para el precio del suministro de otros combustibles empleados.
- Propuestas de eficiencia energética.
 - Relación de medidas y recomendaciones generales en eficiencia energética de aplicación a la tipología y características particulares del edificio objeto del diagnóstico.
 - Descripción de la propuesta.
 - Estimación del consumo y coste energético anterior a la implantación de la propuesta.
 - Estimación del ahorro energético y económico que supone la propuesta, en base a la experiencia del autor, ratios de referencia, estudios u otra documentación técnica.
 - Inversión económica estimada, para acometerla en función de ratios de instalaciones similares.
 - Periodo de retorno simple de la inversión aproximado con los datos de referencia.
- Propuestas de energías renovables.

- Relación de soluciones técnicas disponibles con energías renovables de aplicación a la tipología y características particulares del edificio.
 - Estimación del ahorro energético y económico que supone la propuesta en base a la experiencia del autor, ratios de referencia, estudios u otra documentación técnica.
 - Inversión económica estimada para acometerla en función de ratios de instalaciones similares.
 - Periodo de retorno simple de la inversión aproximado con los datos de referencia.

2.4.2. AUDITORÍA ENERGÉTICA GENERAL

Tiene el siguiente alcance:

- Inventario de equipos consumidores.
 - Inventario detallado de equipos consumidores: Contabilidad energética de consumos asociados a horarios de usos propios o estimados. Se basa en verificaciones visuales, el estudio de los equipos instalados y los datos de funcionamiento. Se realiza una indicación de las características técnicas principales de cada equipo inventariado: marca, modelo, potencia, consumo.
 - Recorrido a través del edificio inspección no intrusiva: verificaciones visuales, estudio de los equipos instalados y los datos de funcionamiento.
 - Evaluación comparativa inspección no intrusiva: El análisis se basa en la comparación de los consumos energéticos del edificio objeto con los consumos de edificios similares situados en climas similares.
- Análisis de consumos.
 - Recopilación de la facturación energética de 12 meses.
 - Registro de los principales hábitos de uso de los distintos usuarios de la instalación.
 - Evaluación y análisis de los hábitos de uso de los distintos usuarios de la instalación.
 - Realización de mediciones in situ de los diferentes parámetros de interés mediante equipos de medida.

- Análisis de las variaciones estacionales en el consumo energético: Evaluación de las causas de las diferencias de consumo energético entre periodos establecidos (por ejemplo, variaciones de consumo de los meses de verano a invierno debido a la variabilidad de la demanda de los sistemas de climatización).
- Balance energético del edificio: Realización de la distribución de consumo por sistemas o tecnologías presentes en el edificio, a fin de poder determinar el peso específico de cada uno de ellos sobre el consumo total.
- A partir de los datos de facturación energética:
 - Realización de la optimización tarifaria del contrato eléctrico.
 - Eliminación de la energía reactiva. Dimensionado de la batería en función de los registros de la energía reactiva de las lecturas de la facturación y de las medidas realizadas con el equipo analizador de redes.
 - Estudio del ajuste de potencia contratada
 - Estudio de tarifas: verificar las tarifas existentes en el mercado para calcular con cuál de ellas el coste económico total es menor.
 - Allanamiento de la curva de carga controlando los picos de arranque de la instalación. Este análisis se realiza para observar los picos de consumo durante el encendido de la instalación. Para poder evaluarlo se realiza mediante el empleo del analizador de redes.
 - Realización de la optimización tarifaria del contrato de otros combustibles: mejorar oferta para el precio del suministro de otros combustibles empleados.
- Propuestas de eficiencia energética.
 - Estudio detallado de propuestas de eficiencia energética: Relación de medidas y recomendaciones generales en eficiencia energética de aplicación a la tipología y características particulares del edificio objeto del diagnóstico.
 - Descripción técnica de la propuesta.
 - Cálculo del consumo y coste energético anterior a la implantación de la propuesta.

- Cálculo del ahorro energético y económico que supone la propuesta.
 - Cálculo de del beneficio ambiental de la misma (reducción de emisiones de CO₂).
 - Inversión económica necesaria para acometerla.
 - Periodo de retorno simple de la inversión.
- Clasificación de las medidas de ahorro según:
 - El coste de la inversión.
 - El periodo de retorno simple de la inversión.
- Propuestas de energías renovables.
 - Estudio detallado de propuestas de energías renovables aplicadas a la tipología y características particulares del edificio.
 - Cálculo del ahorro energético y económico que supone la propuesta.
 - Inversión económica para acometerla.
 - Periodo de retorno simple de la inversión.
- Propuesta de sistemas de tele-gestión y automatización
 - Recopilación de las medidas de consumo diferenciado entre distintos sistemas o instalaciones.
 - Actuación automatizada sobre elementos de consumo.
- Contabilidad energética
 - Inventario de sistemas consumidores de energía: Elaboración de inventario de sistemas consumidores de energía en el escenario inicial de consumo y escenario resultante de la implantación de las mejoras propuestas, con indicación de los consumos específicos y los costes energéticos asociados a cada sistema.
 - Valores de referencia: Indicación de los consumos por sistema considerados como valores de referencia u “objetivo a alcanzar” para el edificio.
 - Control de los consumos: Definición de un sistema de control de los consumos que contemple:

- Las actuaciones inmediatas en caso de registrar consumos que superen los límites establecidos.
 - La comparación de los resultados obtenidos con los consumos propuestos por periodo.
 - El establecimiento de un plan anual de revisión de las condiciones de contratación y renovación de suministradores energéticos.
- Plan de mantenimiento: Elaboración de un plan de mantenimiento adecuado para alargar la vida media de las instalaciones y mantener los consumos dentro de los límites viables.
 - Mejora de la calidad ambiental: Sistema de registro a implantar para el control de las emisiones asociadas a cada sistema que refleje la reducción obtenida con las mejoras propuestas.

2.4.3. AUDITORÍA ENERGÉTICA DE INVERSIÓN

Tiene el siguiente alcance:

- Inventario de equipos consumidores.
 - Inventario detallado de equipos consumidores: Contabilidad energética de consumos asociados a horarios de usos propios a través de un cuestionario de funcionamiento. Se basa en verificaciones visuales, el estudio de los equipos instalados y los datos de funcionamiento. Se realiza una indicación de las características técnicas principales de cada equipo inventariado: marca, modelo, potencia, consumo.
 - Recorrido a través del edificio inspección intrusiva: verificaciones visuales, estudio de los equipos instalados y los datos de funcionamiento reales, no estimados.
 - Evaluación comparativa inspección no intrusiva: El análisis se basa en la comparación de los consumos energéticos del edificio objeto con los consumos de edificios similares situados en climas similares.
 - Recogida de datos de operaciones de mantenimiento realizadas en el edificio y evaluación comparativa con los mínimos legales, desde el punto de vista del mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.
- Análisis de consumos.

- Recopilación de la facturación energética de 24 meses.
- Evaluación y análisis de los hábitos de uso de los distintos usuarios de la instalación.
- Realización de mediciones in situ de los diferentes parámetros de interés mediante equipos de medida. La campaña de medidas será exhaustiva con el fin de poder recopilar el funcionamiento de los equipos consumidores durante un periodo de tiempo.
- Verificación de los distintos contadores.
- Análisis de las variaciones estacionales en el consumo energético: Evaluación de las causas de las diferencias de consumo energético entre periodos establecidos (por ejemplo, variaciones de consumo de los meses de verano a invierno debido a la variabilidad de la demanda de los sistemas de climatización).
- Balance energético del edificio: Realización de la distribución de consumo por sistemas o tecnologías presentes en el edificio, a fin de poder determinar el peso específico de cada uno de ellos sobre el consumo total.
- Simulación energética del consumo energético del edificio a través de software informático reconocido o similares.
- Estimación del consumo futuro. Establecimiento de línea base de consumo según protocolo de medición y verificación (Plana I Turró, 2011): Se realiza un cálculo de la línea base teniendo como punto de partida la facturación energética y se tiene en cuenta la climatología como principal factor. En caso de la existencia de algún otro factor que pueda modificar los consumos, se tendrá en cuenta para el cálculo de dicha línea.
- A partir de los datos de facturación energética:
 - Realización de la optimización tarifaria del contrato eléctrico.
 - Eliminación de la energía reactiva. Dimensionado de la batería en función de los registros de la energía reactiva de las lecturas de la facturación y de las medidas realizadas con el equipo analizador de redes.
 - Estudio del ajuste de potencia contratada

- Estudio de tarifas: verificar las tarifas existentes en el mercado para calcular con cuál de ellas el coste económico total es menor.
 - Allanamiento de la curva de carga controlando los picos de arranque de la instalación. Este análisis se realiza para observar los picos de consumo durante el encendido de la instalación. Para poder evaluarlo se realiza mediante el empleo del analizador de redes.
 - Realización de la optimización tarifaria del contrato de otros combustibles: mejorar oferta para el precio del suministro de otros combustibles empleados.
 - Análisis de las distintas posibilidades de las variaciones en precios energéticos.
- Propuestas de eficiencia energética.
- Desarrollo de proyectos de ingeniería básica de propuestas de eficiencia energética:
 - Descripción técnica de la propuesta.
 - Cálculo del consumo y coste energético anterior a la implantación de la propuesta.
 - Cálculo del ahorro energético y económico que supone la propuesta.
 - Cálculo de del beneficio ambiental de la misma (reducción de emisiones de CO₂).
 - Inversión económica necesaria para acometerla.
 - Periodo de retorno simple de la inversión.
 - Cálculo del ahorro energético: Cálculo preciso del ahorro energético en kWh por la implantación de la medida de mejora teniendo en cuenta:
 - Identificación del consumo energético de referencia.
 - Cálculo del ahorro: simulación de sistema aislado mediante programa específico, o herramienta de cálculo aportada por fabricante.
 - Efectos cruzados con otras medidas de ahorro energético.

- Propuesta de la opción de verificación de ahorros energéticos más adecuada.
- Clasificación de las medidas de ahorro según:
 - El coste de la inversión.
 - El periodo de retorno simple de la inversión.
- Análisis de viabilidad económica: Cálculo de las inversiones necesarias para la implementación de las propuestas de eficiencia energética:
 - Presupuesto con partidas detalladas.
 - Estudio económico comparativo teniendo en cuenta (aumento del coste de la energía, IPC, Payback, otros parámetros).
 - Estudio financiero (TIR, VAN, etc.)
- Propuestas de energías renovables.
 - Desarrollo de proyectos de ingeniería básica de propuestas de energías renovables:
 - Descripción de la propuesta.
 - Identificación y características del sistema, instalación y/o equipos.
 - Diagramas de principio
 - Cálculo de la instalación
 - Operación y mantenimiento.
 - Marco normativo.
 - Subvenciones.
 - Primas y otras consideraciones.
 - Cálculo del ahorro energético: Cálculo preciso del ahorro energético en kWh por la implantación de la medida de mejora teniendo en cuenta:
 - Identificación del consumo energético de referencia.
 - Cálculo del ahorro: simulación de sistema aislado mediante programa específico, o herramienta de cálculo aportada por fabricante.

- Efectos cruzados con otras medidas de ahorro energético.
- Propuesta de la opción de verificación de ahorros energéticos más adecuada.
- Análisis de viabilidad económica: Cálculo de las inversiones necesarias para la implementación de las propuestas de energías renovables:
 - Presupuesto con partidas detalladas.
 - Estudio económico comparativo a 10 años teniendo en cuenta (aumento del coste de la energía, IPC, Payback, otros parámetros).
 - Estudio financiero (TIR, VAN, etc.)
- Propuesta de sistemas de tele-gestión y automatización
 - Sistema centralizado. Un sistema centralizado monitoriza y registra los consumos energéticos y actúa sobre distintos elementos de control de consumo.
 - Medida de consumo. Los datos obtenidos con los elementos de medida en continuo deben permitir dividir el consumo de energía en climatización, iluminación y fuerza mediante la implantación de los siguientes equipos:
 - Un analizador de redes en el cuadro principal y en los cuadros secundarios con una potencia relativa mayor que el 20% del total. Si hubiera instalaciones separadas de clima, iluminación y fuerza es necesario un analizador por cada uno de ellos.
 - Calorímetro por cada circuito de calefacción y refrigeración.
 - Caudalímetros para los consumos de otros combustibles cuando existan.
 - Caudalímetros independientes para agua fría sanitaria y para agua caliente sanitaria.
 - Control de la iluminación. Sistema centralizado programable, adaptable al calendario y al horario del edificio que cuente con los siguientes equipos:
 - Sensores de luz y sistema de iluminación proporcional en zonas de disponibilidad de luz natural.

- Detectores de presencia en zona de ocupación discontinua.
- Control de climatización. Todas las instalaciones cuentan con un sistema control horario. Para una gestión eficiente de la energía éste debe disponer del mayor número posible de puntos de medida y disponer de un sistema de distribución lo más detallado posible. El control del sistema debe priorizar las estrategias que minimicen el coste.
- Sistemas adaptables a la disponibilidad de luz solar. Los elementos móviles automatizados de la envolvente deben minimizar las ganancias solares cuando no se necesiten y maximizar la luz natural.
- Control de equipos informáticos. Un servidor controla el encendido de los equipos conectados a la red en función de:
 - La programación horaria, acorde a las necesidades de trabajo y mantenimiento.
 - La actividad del equipo, apaga equipos inactivos.
- Contabilidad energética
 - Inventario de sistemas consumidores de energía: Elaboración de inventario de sistemas consumidores de energía en el escenario inicial de consumo y escenario resultante de la implantación de las mejoras propuestas, con indicación de los consumos específicos y los costes energéticos asociados a cada sistema.
 - Valores de referencia: Indicación de los consumos por sistema considerados como valores de referencia u “objetivo a alcanzar” para el edificio.
 - Control de los consumos: Definición de un sistema de control de los consumos que contemple:
 - Las actuaciones inmediatas en caso de registrar consumos que superen los límites establecidos.
 - La comparación de los resultados obtenidos con los consumos propuestos por periodo.
 - El establecimiento de un plan anual de revisión de las condiciones de contratación y renovación de suministradores energéticos.
 - Plan de mantenimiento: Elaboración de un plan de mantenimiento adecuado para alargar la vida media de las

instalaciones y mantener los consumos dentro de los límites viables.

- Mejora de la calidad ambiental: Sistema de registro a implantar para el control de las emisiones asociadas a cada sistema, que refleje la reducción obtenida con las mejoras propuestas.
- Estudio comparativo. Cálculo de los ratios energéticos siguientes:
 - Consumo específico de energía por usuario y año.
 - Consumo específico en iluminación por m² y año.
 - Consumo específico en calefacción por m² y año.
 - Consumo específico en refrigeración por m² y año.
 - Consumo específico en ACS (m³) por usuario y año.
 - Consumo específico en equipamiento por m² y año.
 - Consumo específico de agua (m³) por usuario y año.
 - Comparación de los ratios obtenidos con los indicados como valores de referencia para el sector objeto de estudio y teniendo en cuenta la ubicación geográfica.
 - Valoración cualitativa y comparativa de los resultados obtenidos del estudio comparativo.

2.5. COSTES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

2.5.1. CRITERIOS GENERALES

Para el estudio de los costes de los distintos tipos de auditorías se utilizan los datos recogidos en la publicación Alcance de las auditorías energéticas (Asociación de empresas de eficiencia energética A3E, 2014).

Durante la realización de la toma de datos de una auditoría energética resulta preciso la utilización de diversa instrumentación para obtener diversas medidas de parámetros que influyen en la demanda energética del edificio y en la eficiencia energética de los equipos que forman parte de los sistemas consumidores de energía. El alquiler de dicha instrumentación, o en su caso su amortización, supone un coste adicional de la auditoría energética.

Para su estudio se adoptan los valores de alquiler de los equipos publicados en la página web del Institut Català d'Energia actualizados a fecha 16 de julio de 2014, según se recogen en la tabla 2.1:

	Diagnóstico energético	Auditoría energética general	Auditoría energética de inversión
Sonda de calidad del aire	0	25	35
Termohigrómetro	0	125	175
Luxómetro	0	35	50
Anemómetro	0	65	90
Sonda de temperatura superficial	0	45	65
Cámara termográfica	0	165	230
Analizador de redes eléctricas	0	135	190
Pinza amperimétrica	0	30	40
Contador de energía eléctrica	0	35	50
Caudalímetro de ultrasonidos	0	190	265
Analizador de gases de combustión	0	135	190
Total equipos medida	0	985	1.380

Tabla 2.1. Coste de los equipos de medida necesarios para la elaboración de los distintos tipos de auditorías energéticas. Fuente: elaboración propia.

El coste por hora de trabajo de arquitecto según los criterios orientativos del Colegio de Arquitectos de Madrid para la tasación de costas es de 49,74 €/h y el coste por hora de trabajo de técnico es de 34,82 €/h.

El Impuesto sobre el Valor Añadido (en adelante, IVA) es un tributo que grava el consumo. Está destinado a ser soportado por los consumidores finales de bienes y servicios. Para los empresarios se trata de un impuesto neutro dado que soportan IVA en sus adquisiciones de bienes o servicios y repercuten IVA en las entregas de bienes y prestaciones de servicios. En este sentido los centros docentes, a diferencia de otras actividades realizadas en edificios terciarios, son consumidores finales que tienen que hacer frente al pago del IVA. Por ello se considera oportuno utilizar los precios con IVA en todos los cálculos económicos que se realizan en el presente estudio, dado que se está optando por enfocar la situación desde el punto de vista del titular del centro docente.

El coste que el titular del centro docente tendrá que pagar por hora de trabajo de arquitecto o ingeniero es de 60,19 €/h. Dicho importe es el resultado de añadir a 49,74 €/h el 21% de IVA (10,45 €). El coste que el titular del centro docente tendrá que pagar por hora de trabajo de técnico

es de 42,13 €/h. Dicho importe es el resultado de añadir a 34,82 €/h el 21% de IVA (7,49 €).

2.5.2. ESTUDIO DE COSTES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

Se realiza el estudio de los costes de los distintos tipos de auditorías para tres tamaños de centros educativos: 1.000 m², 2.000 m² y 6.500 m². Se escogen dichos tamaños de centros debido a que los estudios de caso tendrán dichas dimensiones.

El tiempo de trabajo necesario para la elaboración de los distintos tipos de auditorías energéticas de un centro educativo con una superficie de 1.000 m² es el que se indica en la tabla 2.2:

	Diagnóstico energético		Auditoría energética general		Auditoría energética de inversión	
	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq
Trabajos previos	0	1	0	1	0,5	1,5
Toma de datos	0,5	0,5	0,5	1	2	1,5
Elaboración de informes	0,5	0,5	1	1,5	1	2
Total	1	2	1,5	3,5	3,5	5

Tabla 2.2. Tiempo de trabajo necesario para la elaboración de los distintos tipos de auditorías energéticas. Fuente: elaboración propia.

Donde Jtec quiere decir jornada de 8 horas de técnico y Jarq jornada de 8 horas de arquitecto o ingeniero.

El coste económico de los servicios profesionales para los distintos tipos de auditorías energéticas es el que se indica en la tabla 2.3:

	Diagnóstico energético		Auditoría energética general		Auditoría energética de inversión	
	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq
Horas (h)	8	16	12	28	28	40
Honorarios (€/h)	42,13	60,19	42,13	60,19	42,13	60,19
Honorarios (€)	337,04	963,04	505,56	1.685,32	1.179,64	2.407,60

Total honorarios (€)	1.300,08	2.190,88	3.587,24
----------------------	----------	----------	----------

Tabla 2.3. Coste de los servicios de los profesionales necesarios para la elaboración de los distintos tipos de auditorías energéticas. Fuente: elaboración propia.

El coste total, teniendo en cuenta los servicios de los profesionales y los equipos de medida necesarios, es el que se refleja en la tabla 2.4:

	Diagnóstico energético	Auditoría energética general	Auditoría energética de inversión
Servicios profesionales	1.300,08	2.190,88	3.587,24
Equipos de medida	0,00	985,00	1.380,00
Total	1.300,08	3.175,88	4.967,24

Tabla 2.4. Coste total de los distintos tipos de auditorías energéticas. Fuente: elaboración propia.

El tiempo de trabajo necesario para la elaboración de los distintos tipos de auditorías energéticas para un centro educativo con una superficie de 2.000 m² es el que se indica en la tabla 2.5:

	Diagnóstico energético		Auditoría energética general		Auditoría energética de inversión	
	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq
Trabajos previos	0,5	1	1,5	2	2	3
Toma de datos	1	1	2	2	4	3
Elaboración de informes	1,5	1	3	2,5	5	4
Total	3	3	6,5	6,5	11	10

Tabla 2.5. Tiempo de trabajo necesario para la elaboración de los distintos tipos de auditorías energéticas. Fuente: elaboración propia.

Donde Jtec quiere decir jornada de 8 horas de técnico y Jarq jornada de 8 horas de arquitecto o ingeniero.

El coste económico de los servicios profesionales para los distintos tipos de auditorías energéticas es el que se indica en la tabla 2.6:

	Diagnóstico energético		Auditoría energética general		Auditoría energética de inversión	
	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq
Horas (h)	24	24	52	52	88	80
Honora-rios (€/h)	42,13	60,19	42,13	60,19	42,13	60,19
Honora-rios (€)	1.011,12	1.444,56	2.190,76	3.129,88	3.707,44	4.815,20
Total honora-rios (€)	2.455,68		5.320,64		8.522,64	

Tabla 2.6. Coste de los servicios de los profesionales necesarios para la elaboración de los distintos tipos de auditorías energéticas. Fuente: elaboración propia.

El coste total, teniendo en cuenta los servicios de los profesionales y los equipos de medida necesarios, es el que se refleja en la tabla 2.7:

	Diagnóstico energético	Auditoría energética general	Auditoría energética de inversión
Servicios profesionales	2.455,68	5.320,64	8.522,64
Equipos de medida	0,00	985,00	1.380,00
Total	2.455,68	6.305,64	9.902,64

Tabla 2.7. Coste total de los distintos tipos de auditorías energéticas. Fuente: elaboración propia.

El tiempo de trabajo necesario para la elaboración de los distintos tipos de auditorías energéticas para un centro educativo con una superficie de 6.500 m² es el que se indica en la tabla 2.8:

	Diagnóstico energético		Auditoría energética general		Auditoría energética de inversión	
	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq
Trabajos previos	0	1	2	2	4	4
Toma de datos	3	2	5	5	7	6
Elaboración de informes	3	2	6	5	8	10

Total	6	5	13	12	19	20
-------	---	---	----	----	----	----

Tabla 2.8. Tiempo de trabajo necesario para la elaboración de los distintos tipos de auditorías energéticas. Fuente: elaboración propia.

Donde Jtec quiere decir jornada de 8 horas de técnico y Jarq jornada de 8 horas de arquitecto o ingeniero.

El coste económico de los servicios profesionales para los distintos tipos de auditorías energéticas es el que se indica en la tabla 2.9:

	Diagnóstico energético		Auditoría energética general		Auditoría energética de inversión	
	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq
Horas (h)	6	5	13	12	19	20
Honorarios (€/h)	42,13	60,19	42,13	60,19	42,13	60,19
Honorarios (€)	2.022,24	2.407,60	4.381,52	5.778,24	6.403,76	9.630,40
Total honorarios (€)	4.429,84		10.159,76		16.034,16	

Tabla 2.9. Coste de los servicios de los profesionales necesarios para la elaboración de los distintos tipos de auditorías energéticas. Fuente: elaboración propia.

El coste total, teniendo en cuenta los servicios de los profesionales y los equipos de medida necesarios, es el que se refleja en la tabla 2.10:

	Diagnóstico energético	Auditoría energética general	Auditoría energética de inversión
Servicios profesionales	4.429,84	10.159,76	16.034,16
Equipos de medida	0,00	985,00	1.380,00
Total	4.429,84	11.144,76	17.414,16

Tabla 2.10. Coste total de los distintos tipos de auditorías energéticas. Fuente: elaboración propia.

2.5.3. RESUMEN DE COSTES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

Los costes de los distintos tipos de auditorías energéticas para los centros docentes con las superficies estudiadas, se resumen en la tabla 2.11:

Superficie (m ²)	Diagnóstico energético	Auditoría energética general	Auditoría energética de inversión
1.000	1.300 €	3.200 €	5.000 €
2.000	2.500 €	6.300 €	9.900 €
6.500	4.400 €	11.100 €	17.400 €

Tabla 2.11. Coste de los distintos tipos de auditorías energéticas para los centros docentes de las superficies estudiadas. Fuente: elaboración propia.

2.6. SITUACIÓN EN EUROPA

La transposición de la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética en cuanto a la obligación de la realización de auditorías energéticas en los diversos países europeos ha seguido un proceso habitual en este tipo de procesos.

Una directiva europea es un instrumento legal que precisa la transposición de sus requerimientos en la legislación de los países miembros. Los países miembros cuentan con un grado de libertad debido a que la directiva marca unos requerimientos mínimos que cada país puede desarrollar en su propia legislación. Además cabe interpretar dichos requerimientos con diversos matices.

El plazo marcado para la transposición de la directiva europea a la legislación nacional en lo relativo a la obligación de realizar auditorías energéticas terminó el 14 de junio de 2014. En septiembre del 2015 faltaban 5 países por realizar dicha transposición, como es el caso de España que lo hizo el 13 de febrero de 2016 mediante la publicación del Real Decreto 56/2016.

Una de las cuestiones que está suscitando diferentes interpretaciones es el ámbito de aplicación.

La Directiva 2012/27/UE obliga a realizar auditorías energéticas a empresas que no sean pequeña y mediana empresa (PYME). Define como PYME a aquellas empresas que ocupan a menos de 250 personas y cuyo volumen de negocios anual no excede de 50 millones de euros o cuyo balance general anual no excede de 43 millones de euros.

Esta definición en negativo puede haber inducido diferencias en la interpretación e implementación.

El Real Decreto 56/2016 estipula como ámbito de aplicación a las grandes empresas, entendiendo por tales tanto las que ocupen al menos a 250 personas como las que, aun sin cumplir dicho requisito, tengan un volumen de negocio que exceda de 50 millones de euros y, a la par, un balance general que exceda de 43 millones de euros. Dicha interpretación es correcta. También se ha interpretado correctamente por los siguientes países: Austria, Bulgaria, República Checa, Estonia, Finlandia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rumanía y Reino Unido.

Dinamarca y Suecia han adoptado como definición de grandes empresas aquellas que, o bien ocupan al menos a 250 trabajadores, o bien cumplen con los requisitos financieros mencionados. Dichos países son.

Bélgica y Francia han adoptado como definición de grandes empresas aquellas que, además de ocupar al menos a 250 trabajadores, cumplen sólo uno de los dos criterios financieros: su volumen de negocio que excede de 50 millones de euros o su balance general excede de 43 millones de euros.

Por último, Croacia y Eslovenia han rebajado los requisitos financieros adoptando como volumen de negocio 34 y 35 millones de euros, y como balance general 17 y 17,5 millones de euros respectivamente.

Otro aspecto que está suscitando diferentes interpretaciones es el alcance de las auditorías.

La Directiva 2012/27/UE indica que deberán ser proporcionadas y suficientemente representativas. Teniendo en cuenta la necesidad de representatividad, algunos Estados miembros han definido diferentes porcentajes mínimos del consumo total de energía de la empresa que han de ser estudiados por las auditorías energéticas. Bulgaria y Malta solicitan la inclusión del 100 % del consumo energético, Finlandia el 95%, Alemania y Reino Unido el 90%, España el 85%, Francia el 65% hasta el año 2015 y el 80% posteriormente. Otros países reproducen la ambigüedad marcada por la Directiva 2012/27/UE, lo que deja a criterio del auditor, de las empresas y de las autoridades supervisoras la definición del alcance en cada caso.

También varía el criterio sancionador de cada estado miembro.

La Directiva 2012/27/UE indica que las sanciones previstas deberán ser eficaces, proporcionadas y disuasorias. Las sanciones, tal y como se puede observar en la figura 2.8, varían considerablemente, oscilando entre 10.000 euros en Austria y 200.000 euros en Rumania.

Figura 2.8. Límite superior de las multas por incumplimiento de las empresas. Fuente: Directorate-General for Energy, European Comisión, 2016.

2.7. COMUNIDAD DE MADRID

A continuación se cuantifica el parque edificado en cuanto a centros docentes en la Comunidad de Madrid

Según los propios datos de la Comunidad de Madrid (Consejería de Educación, Juventud y Deporte, 2017), durante el curso 2015-16 hubo un total de 3.620 centros educativos en funcionamiento. De ellos, 3.320 centros se destinaron a enseñanzas de régimen general, 216 a enseñanzas de régimen especial y 84 a educación de personas adultas.

Dentro de los centros destinados a enseñanzas de régimen general, se pueden encontrar los siguientes tipos de centros en función de la enseñanza impartida:

- Centros de educación infantil: 1.408
- Centros de educación infantil y primaria: 796
- Centros de educación secundaria: 448
- Centros de educación primaria y secundaria: 600
- Centros específicos de educación especial: 68

Figura 2.9. Distribución de centros de Régimen General por enseñanza impartida. Curso 2015-2016. Fuente: Consejería de Educación, Juventud y Deporte, 2017.

Los centros educativos, en función de su antigüedad, se pueden clasificar en:

- Anteriores a NBE CT-79: 1.605
- NBE CT-79: 1.718
- CTE 2006: 297

Figura 2.10. Distribución de centros educativos por año de construcción. Fuente: INE, 2015.

CAPÍTULO 3. AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA. FUNDAMENTACIÓN.

“Disipamos vastas cantidades de energía de capital importancia que podrían ser necesarias en caso de emergencias futuras y dispersamos concentraciones valiosas de materiales que actualmente no tenemos maneras de reconstruir.”

(McHale, 1970)

En este capítulo se muestran los objetivos que pretende una auditoría energética, se estudia su viabilidad económica, se presenta el concepto de auditoría energética y su fundamentación.

A continuación se analiza un estudio energético realizado con un método de cálculo que enfatiza la precisión de dicho método, mostrando su objetivo principal, el edificio que se ha seleccionado para llevar a cabo dicho estudio, se describe el proceso realizado, se analiza el tamaño de la muestra elegida, se analizan las conclusiones y por último se sacan algunas conclusiones del análisis realizado.

Por último se analiza una publicación de carácter técnico. Se describen los contenidos de la publicación, se analiza su metodología y se extraen conclusiones de dicho análisis.

3.1. FUNDAMENTACIÓN

3.1.1. OBJETIVOS DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA

Desde el punto de vista de los estados, el ahorro y la eficiencia energética resultan relevantes para mejorar la seguridad de abastecimiento energético. Asimismo, ayudan a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y a mitigar el cambio climático, según se recoge en el Plan de acción de ahorro y eficiencia energética 2011-2020.

El cambio a una economía más eficiente en el consumo de energía también logra una mejora desde el punto de vista económico. Puede acelerar la difusión de soluciones tecnológicas innovadoras y mejorar la competitividad de las organizaciones agrícolas, industriales y de servicios, impulsando el crecimiento económico y creando empleos de alta calidad en varios sectores relacionados con la eficiencia energética.

Para alcanzar estos tres objetivos citados los estados, entre otras herramientas, legislan, muchas veces transponiendo directivas de la Unión Europea. En España, el Real Decreto 56/2016 obliga a realizar una auditoría energética a las empresas que no son consideradas como pequeñas ni medianas empresas.

Esta restricción en cuanto a la obligatoriedad de realizar una auditoría energética se debe, por un lado, a la elevada inversión que supone para una organización con un tamaño económico limitado y, por otro, a la menor repercusión que pueda tener el ahorro energético que se consiga en las cifras macroeconómicas del país.

Si bien, desde el punto de vista de una pequeña o mediana organización como un centro educativo, conseguir un ahorro y una mayor eficiencia energética puede resultar interesante por otros motivos. Fundamentalmente por obtener un ahorro económico en el desarrollo de su actividad. Adicionalmente, en función de los valores del centro y de la imagen que pretenda transmitir, puede resultar relevante lograr una contribución a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a mitigar el cambio climático. Finalmente, al estar enmarcada dentro del ámbito educativo, esta contribución puede servir como un componente pragmático en la labor educativa que se realice en cuestiones de educación ambiental.

3.1.2. VIABILIDAD ECONÓMICA DE LAS AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

En la tabla 3.1 y en la figura 3.1, se comparan los costes de los distintos tipos de auditorías energéticas con la facturación energética de centros docentes con distintas superficies:

Superficie (m ²)	Facturación energética	Diagnóstico energético	Auditoría energética general	Auditoría energética de inversión
1.000	9.500 €	1.300 €	3.200 €	5.000 €
		14%	34%	53%
2.000	24.500 €	2.500 €	6.300 €	9.900 €
		10%	26%	40%
6.500	44.000 €	4.400 €	11.100 €	17.400 €
		10%	25%	40%

Tabla 3.1. Coste de los distintos tipos de auditorías energéticas para los centros docentes de las superficies estudiadas. Fuente: elaboración propia.

Figura 3.1. Coste de los distintos tipos de auditorías energéticas para los centros docentes de las superficies estudiadas. Fuente: elaboración propia.

El coste de los distintos tipos de auditorías energéticas en relación con la factura energética del centro docente es:

- Diagnóstico energético: entre un 10% y un 14% del consumo energético anual.
- Auditoría energética general: entre un 25% y un 34% del consumo energético anual.
- Auditoría energética de inversión: entre un 40% y un 53% del consumo energético anual.

Tras la implantación de las medidas que recomienda la auditoría energética, se podría reducir un 20% el consumo energético (Isabel, 2010).

Si se pretende obtener un ahorro del 20% en la factura energética, habrá que realizar una serie de inversiones para la implantación de las medidas que se elijan.

La cuestión determinante para iniciar el proceso de ahorro energético es el desembolso que estaría dispuesto a realizar quien gestiona el centro docente para estudiar el comportamiento energético del edificio, antes de realizar una segunda inversión de mayor cuantía para implantar las medidas no gratuitas aconsejadas por la auditoría energética.

Se considera psicológicamente razonable no sobrepasar el potencial de ahorro que se podría obtener durante un año. Por lo que una auditoría energética general, cuyo desembolso supondría un desembolso mayor, podría desincentivar a quien se estuviera planteando si merece la pena abordar esta posibilidad de ahorro.

3.1.3. INTRODUCCIÓN A LA AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA

El diagnóstico energético se realiza sin visitar al edificio. Se analizan los consumos basándose en estimaciones. Se estudian las medidas de ahorro basándose en órdenes de magnitud. Sus resultados son muy genéricos sin apenas contemplar la realidad del edificio auditado.

La auditoría energética general se realiza visitando al edificio. Se analizan los consumos basándose en mediciones puntuales tomadas in situ mediante diversa instrumentación. Se estudian las medidas de ahorro basándose en los costes de inversión a nivel de anteproyecto. Se introduce una contabilidad energética básica y una incipiente automatización.

La auditoría energética de inversión se realiza visitando al edificio y observando su comportamiento a lo largo del tiempo. Se analizan los consumos, basándose en mediciones prolongadas en el tiempo (monitorización), tomadas in situ mediante diversa instrumentación. Se estudian las medidas de ahorro basándose en el desarrollo de simulaciones energéticas, en los costes de inversión a nivel de proyecto y realizando comparativas de distintos posibles escenarios de evolución de distintos parámetros, como la climatología o los costes de los suministros energéticos. Se introduce una contabilidad energética avanzada y una automatización completa.

La auditoría energética operativa que se propone está a mitad de camino entre el diagnóstico energético y la auditoría energética general.

Se entiende que la auditoría energética de inversión puede resultar atractiva para los edificios que presentan grandes consumos de energía. Tener control sobre la situación del consumo energético que se está produciendo en tiempo real y tener capacidad de actuación inmediata sobre los sistemas que están realizando un consumo ineficiente resulta significativo desde el punto de vista de los ahorros que se pueden obtener. Dichos ahorros pueden soportar la importante inversión en equipos a implantar y en personal que gestione dichos equipos.

Para edificios con un consumo energético moderado, la auditoría energética operativa se presenta como una herramienta más significativa que el diagnóstico energético y más económica que la auditoría energética general.

Se realiza visitando al edificio. Se analizan los consumos basándose en la comparación entre las estimaciones y los datos de funcionamiento real del edificio, evitándose las mediciones puntuales tomadas in situ mediante diversa instrumentación. Se estudian las medidas de ahorro basándose en los costes de inversión a nivel de anteproyecto. No se introduce una contabilidad energética ni una automatización.

Se busca adelgazar los costes que conlleva las mediciones puntuales tomadas in situ mediante diversa instrumentación, la contabilidad energética y la automatización. No se renuncia a visitar el edificio. Se profundiza en el análisis del consumo para acercarlo más a la realidad que los resultados obtenidos mediante el diagnóstico energético. Se estudian las medidas de ahorro con el mismo grado de definición que la auditoría energética general.

3.1.4. FUNDAMENTACIÓN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA

El uso racional de energía en edificios implica mejorar la eficiencia energética de un complejo sistema edificio-hombre-ambiente, logrando igual o mejor calidad ambiental con menor uso de recursos energéticos (Evans, 2007). Se trata de entender el edificio en equilibrio metabólico con el medio ambiente natural y habitado por personas que intervienen en dicho metabolismo, buscando alcanzar una sensación de confort (Granero, 2013).

El estudio del comportamiento energético de los edificios es una labor compleja. Intervienen un número importante de variables. Se aborda desde la termodinámica, la electrotecnia y la luminotecnia.

Los cálculos que pretenden hallar la potencia de los equipos que suministran energía al edificio buscan obtener el valor máximo que cumpla con las condiciones más desfavorables. Los cálculos que pretenden hallar el consumo energético del edificio deben integrar la potencia instantánea a lo largo del tiempo en el que se estudia, generalmente un año.

Con este estudio se analiza el fenómeno desde el punto de vista del primer objetivo de la auditoría energética para los estados: lograr un ahorro de energía.

Para analizar los resultados que se obtienen desde el punto de vista del segundo objetivo de la auditoría energética para los estados, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, resulta necesario averiguar las emisiones asociadas a los distintos consumos energéticos. Este dato también varía con el tiempo. El resultado de este cálculo también puede resultar relevante para un centro docente, en función de sus valores y de la imagen que pretenda transmitir.

El objetivo principal para las organizaciones es conseguir un ahorro monetario, para lo que hay que averiguar el coste económico asociado a los consumos energéticos y el coste económico que implican las inversiones necesarias para lograr un ahorro energético. No es necesario destacar que dichos costes también varían con el transcurso del tiempo.

Por último, no hay que olvidar que el ahorro económico se pretende obtener mediante un uso racional de la energía y no mediante una

reducción de la calidad ambiental. Por ello el grado de satisfacción de los usuarios no debe disminuir tras la implantación de las propuestas de mejora que se estudien.

Frecuentemente se hace una diferenciación entre estimación y cálculo, lo que lleva aparejado una connotación de incorrección en el primer concepto frente a una connotación de corrección en el segundo concepto. En otros casos se añade el adjetivo de teórico a las variables que se han “estimado” en lugar de “calculado”. Cuando se hallan las variables de esta última manera no se les añade ningún calificativo, aunque por contraste se acaba asociando de manera subconsciente el adjetivo de real frente al anterior adjetivo de teórico en el anterior caso explícito.

Resulta más acertado establecer una clasificación de los métodos de cálculo en función de su grado de complejidad tal y como refleja el informe UNE-CER/TR 15615:2008 IN. En primer lugar se encuentra el cálculo mensual o estacional simplificado, que se corresponde con las estimaciones anteriormente aludidas. Lo que en el párrafo anterior se consideraba cálculo propiamente dicho, se corresponde con el cálculo horario simplificado y el cálculo detallado de la citada normativa.

Los procedimientos de cálculo que se empleen pueden presentar diversos aspectos de calidad, tal y como se reflejan en la figura 3.2:

Figura 3.2. Diversos aspectos de calidad para procedimientos de cálculo del comportamiento energético de los edificios. Fuente: UNE-EN ISO 13790:2011

El alcance de los cálculos que se realicen depende de los objetivos que se pretendan obtener y de los recursos que se pretendan destinar para la obtención de dicha información.

Desde el punto de vista normativo resulta relevante establecer métodos de cálculo que permitan la comparación de los resultados, para lo que hace falta fijar condiciones estándar, por ejemplo de uso o de ocupación, y factores de ajuste, por ejemplo condiciones climáticas o temperatura interior, que permitan dicha comparación, aunque se alejen del comportamiento real de los edificios. En este caso el objetivo del cálculo sería determinar cómo se van a comportar los edificios en el caso de que presenten el mismo tipo de uso y de ocupación, con una temperatura exterior e interior idéntica, para poder realizar una comparación entre dichos edificios.

Desde el punto de vista científico resulta relevante cualquier intento de ahondar en el conocimiento del comportamiento real de los edificios en cuanto a su consumo energético y de mejorar los procedimientos de cálculo detallados, incorporando cada vez el mayor número de variables posibles.

La auditoría energética operativa se propone como herramienta que presenta dos características: La primera es que resulte atractiva en cuanto a su coste para que los encargados de gestionar los centros docentes se decidan a contratarla; la segunda es que sus resultados resulten suficientemente precisos para ayudar a tomar las decisiones de inversión necesarias, para obtener un ahorro energético rentable a dichas organizaciones.

La auditoría energética operativa se fundamenta en un procedimiento de cálculo asequible y eficiente.

3.2. ANÁLISIS DE UN ESTUDIO ENERGÉTICO REALIZADO CON UN MÉTODO DE CÁLCULO QUE ENFATIZA LA PRECISIÓN

A continuación se pretende analizar un estudio energético realizado con un enfoque que enfatiza el carácter verosímil y preciso de los procedimientos de cálculo empleados. Se escoge el caso del “Proyecto Eficacia: Optimización energética en la vivienda colectiva.” desarrollado por el Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción de la Universidad de Sevilla (Sendra, 2011).

3.2.1. OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo fundamental del proyecto de investigación consiste en incidir en la construcción de edificios de viviendas utilizando criterios compositivos y constructivos encaminados a reducir su demanda

energética y su impacto ambiental. Aunque el uso de los edificios de estudio (vivienda) difiere del uso de los edificios que se estudian en el presente trabajo (centro docente), el interés radica en acercarse al enfoque con el que se realiza el estudio.

3.2.2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Se escoge un edificio de 218 viviendas protegidas régimen alquiler en Sevilla con una tipología de manzana cerrada al considerarlo un ejemplo representativo.

Figura 3.3. Fotografía aérea del edificio de viviendas estudiado. Fuente: Sendra, 2011.

El edificio se encuentra habitado, con el fin de investigar la influencia de los habitantes y sus hábitos de uso en el comportamiento energético del edificio. La postura más habitual consiste en monitorizar edificios vacíos en los que la gestión del sistema es más fácil al no producirse interferencias con los usuarios.

El edificio cuenta con viviendas similares con el fin de poder extrapolar los resultados de las viviendas monitorizadas al resto de las viviendas.

3.2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proyecto de investigación se desarrolla mediante dos líneas de estudio que se describen a continuación:

- a) Estudio y monitorización de la demanda energética

- Monitorización de las variables ambientales de las viviendas, el consumo energía de las viviendas, variables que miden la influencia de las interacción del usuario, variables ambientales en el exterior y zonas comunes y la instalación de energía solar térmica para el suministro de agua caliente sanitaria.
- Ensayos in situ: prueba de estanqueidad, ensayos termográficos y determinación de la transmitancia de los cerramientos.
- Encuestas sobre los hábitos de ocupación y consumo de energía eléctrica y de agua.

b) Simulación energética

- Calibración: ajuste del modelo informático para que los resultados que se obtengan con la simulación se ajusten a los datos obtenidos con la monitorización.
- Simulación energética: modelización del edificio y de su entorno para analizar su comportamiento energético, efectuada con los programas informáticos TRNSYS, EnergyPlus y DOE-2.
- Verificación de los resultados y obtención de conclusiones.

Las conclusiones que se obtienen del proyecto de investigación se pretende que sean aplicables en el diseño de nuevas edificaciones sin tener que realizar de nuevo este tipo de estudio.

3.2.4. ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Se monitorizaron 8 viviendas de un total de 218, lo que supone una muestra del 3,67%. Con el tamaño de la muestra escogido se obtiene un nivel de confianza del 78%, lo que quiere decir que el error que cabría esperar de los resultados es del +/- 22%.

En relación con la demanda energética, se diferencian las viviendas ubicadas en la última planta de las viviendas ubicadas en una planta tipo. Se monitorizan cuatro viviendas de cada tipo.

Este edificio cuenta con viviendas ubicadas en planta primera sobre locales comerciales ubicados en planta baja. El proyecto de investigación supone que dichas viviendas no presentan una demanda energética diferenciada de las ubicadas en otras plantas, a excepción de las ubicadas en la última planta. Para que esta suposición fuera correcta, sería necesario que los locales comerciales ubicados bajo las viviendas mantuvieran la misma temperatura durante las mismas horas del día. En caso contrario se producirían flujos de calor por transmisión durante las horas en las que las viviendas y los locales no se mantuvieran a la misma

temperatura. Parece difícil que dicha condición se cumpla cuando se tiene en cuenta la diferencia a priori entre los horarios comerciales y los de una vivienda.

Respecto a la orientación, se trata de un edificio que cuenta con viviendas orientadas a los 4 puntos cardinales por tratarse de viviendas en manzana con una única orientación. Adicionalmente cuenta con 4 tipos de viviendas en esquina diferentes. Se monitorizan 3 viviendas con orientación sur, 2 con orientación oeste, 1 con orientación este, 1 con orientación norte y una única vivienda en esquina con orientaciones sur y oeste.

Si se pretende analizar al menos una vivienda de cada tipo según la demanda energética que, a priori, presentan las viviendas debido a su posición relativa con respecto al exterior del edificio y a los locales interiores del edificio con distinto régimen de uso, sería necesario estudiar una vivienda con cada una de las 4 orientaciones y una vivienda de cada una de las cuatro esquinas (8 viviendas en total) ubicada en cada una de las tres posiciones en planta diferentes: planta superior, planta intermedia, planta inferior. Sería necesario analizar 24 viviendas en lugar de las 8 viviendas escogidas.

Se han monitorizado dos viviendas de última planta con orientación sur y ninguna vivienda de planta intermedia con orientación este, ni de última planta con orientación norte.

Si se monitorizaran 24 viviendas de un total de 218, lo que supondría una muestra del 11%, se obtendría un nivel de confianza del 86%, lo que querría decir que el error que cabría esperar de los resultados se reduciría al $\pm 14\%$. Siempre y cuando se considerase que todas las viviendas pertenecen a la misma tipología en función del parámetro a estudiar: su demanda energética.

Si por el contrario, se considera el tamaño de la muestra frente al tamaño de las viviendas con las mismas características, haría falta monitorizar dos unidades de cada vivienda tipo para lograr un nivel de confianza del 68%, lo que quiere decir que cabría esperar en dicho caso un error del $\pm 32\%$.

No se explican con claridad los criterios de selección de las viviendas monitorizadas. Esta primera decisión se podría encontrar con una limitación presupuestaria del proyecto de investigación si se siguiese el criterio expuesto. También podría encontrarse con la obligación de tener que monitorizar las 4 únicas viviendas en esquina de la planta superior y de la planta inferior. Al tratarse de viviendas habitadas, sus moradores podrían oponerse a colaborar con el estudio, lo que bloquearía la investigación marcada con el criterio expuesto.

Adicionalmente, la investigación con 24 viviendas monitorizadas contaría con la limitación de estar estudiando una única vivienda por tipo. Los

resultados se verían sin duda influenciados por el uso que se diera a las instalaciones consumidoras de energía, pudiendo variar mucho en función de la composición del núcleo familiar y del estilo de vida que lleven. Si se elige una vivienda habitada por una pareja joven, que únicamente pasan en la vivienda 10 horas al día, no presenta el mismo consumo energético que otra vivienda del mismo tipo habitada por una familia con los padres en paro y que cuidan a sus hijos menores de 3 años durante las 24 horas del día en la vivienda. En un hipotético estudio que monitorizase el triple de viviendas que el actual, únicamente tendría capacidad para estudiar el consumo en la vivienda habitada por un tipo de usuario. La sociedad actual presenta mayor diversidad de tipos de composición del núcleo familiar y de los estilos de vida.

3.2.5. ANÁLISIS DE LAS CONCLUSIONES

De las conclusiones obtenidas por el proyecto de investigación se entresacan aquellas que pueden resultar relevantes para cuestionar la pretendida precisión de los métodos de cálculo que enfatizan dicho aspecto. Se obtienen diversos parámetros que varían respecto de los valores habitualmente utilizados como datos por los programas de simulación. Dichos parámetros se fijan con la intención de conseguir unos resultados que permitan comparar diversos edificios entre sí. Cuando el objetivo principal del cálculo es tratar de averiguar los valores del comportamiento energético del edificio más próximo a la realidad, se observa la falta de precisión que presentan.

La temperatura exterior monitorizada presenta diferencias con la temperatura exterior que se utiliza para la elaboración de los modelos climáticos empleados por los programas de simulación energética recogidos en el Documento descriptivo climas de referencia publicado como documento de apoyo al DB HE del Código Técnico de la Edificación. La temperatura exterior monitorizada es entre 2°C y 3°C mayor entre los meses de mayo a octubre y entre 0,5°C y 1°C menor entre los meses de noviembre a abril.

La temperatura de entrada del agua fría es entre 2°C y 7°C mayor que la temperatura exterior que se utiliza por el DB HE del Código Técnico de la Edificación. El dato real permitiría evitar el sobredimensionado de la instalación de sistemas solares y reduciría el consumo energético asociado al calentamiento de agua para usos sanitarios.

La temperatura en el interior de las viviendas está alejada de los valores de consigna empelados por los programas de simulación energética. Dicha diferencia se debe a la mala ejecución constructiva del aislamiento térmico durante la obra, a las excesivas infiltraciones de aire a través de las carpinterías y de los cajones que alojan las persianas y al uso de la instalación de calefacción durante menos tiempo que el considerado por los programas de simulación.

Los regímenes de ocupación presentan un alto índice de variabilidad, alejados de forma significativa de los regímenes de uso empleados por los programas de simulación que utilizan los perfiles de uso definidos en el Apéndice C del DB HE del Código Técnico de la Edificación. Destaca la enorme diferencia que hay entre considerar las viviendas ocupadas permanentemente durante el fin de semana por todos los usuarios, al uso real que se hace de las mismas. Durante los días laborables el perfil de ocupación se acerca más, presentando las mayores diferencias a mediodía, a primera hora de la tarde y al final del día, según se observa en la figura 3.4:

Figura 3.4. Perfil de ocupación de las viviendas los días laborables. Fuente: Fuente: Sendra, 2011.

Figura 3.5. Perfil de ocupación de las viviendas los días de fin de semana. Fuente: Fuente: Sendra, 2011.

Los hábitos reales de uso de la vivienda no corresponden a modelos familiares contemplados en la normativa que están alejados de la realidad, sino a modelos más actuales caracterizados por la reducción del número de miembros de la unidad familiar y por la incorporación de la mujer al mundo laboral.

El nivel de ocupación de las viviendas es inferior al que marca la normativa lo que conlleva que la demanda energética sea menor que la supuesta en los procedimientos de cálculo de la normativa. El hábito de acondicionamiento térmico se caracteriza por el tratamiento de puntos localizados durante breves períodos de tiempo en lugar de acondicionar térmicamente la vivienda de forma estable durante todo el día tal y como supone la normativa. Este alejamiento implica que los resultados obtenidos mediante la aplicación de estrategias de reducción de demanda energética sean menores a los estimados mediante el cálculo.

La comparación de las respuestas que recogen las encuestas con los datos que se obtienen de la monitorización refleja que los usuarios tienen de manera generalizada una percepción distorsionada de sus hábitos de consumo de energía y agua. Esta diferencia puede deberse a dos factores: Por un lado el desconocimiento del consumo real que realizan; por otro lado, la tendencia a falsear las respuestas de una entrevista, para aparentar ser menos derrochadores de energía. Este segundo motivo lleva a plantearse la cuestión de si un usuario mantiene el mismo comportamiento cuando se sabe monitorizado o si, por el contrario, distorsiona sus hábitos para obtener mejores resultados. En este caso se trataría del consumo energético, pero el razonamiento es extensible a otros ámbitos.

3.2.6. CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS

Se puede concluir que el proyecto de investigación analizado realiza un importante esfuerzo para contrastar los datos de consumo energético real del edificio con los resultados de las simulaciones del comportamiento energético que podríamos denominar más teóricos.

El proyecto de investigación también cuenta con limitaciones económicas de cara al tamaño de la muestra a estudiar, por lo que sus conclusiones presentan un nivel de confianza determinado.

Sus conclusiones presentan discrepancias entre los valores que habitualmente se introducen como datos en las simulaciones energéticas y los valores reales. Si se pretende comparar el comportamiento energético de los edificios, es preciso utilizar unos datos de entrada homogéneos. La cuestión es averiguar cuánta energía consume un edificio, en condiciones estándar de utilización, para poderlos comparar.

Por el contrario si se pretende averiguar el comportamiento energético real de los edificios los datos deben acercarse más a la realidad. La cuestión, en este caso, es averiguar cuánta energía consume un edificio

en condiciones reales de utilización. La limitación de este planteamiento es que dichas condiciones reales no son estáticas, ni siquiera cíclicas, sino que varían a lo largo del tiempo. Utilizaciones que se dan en el presente no garantizan que se mantengan en el futuro.

3.3. ANÁLISIS DEL LIBRO “DTIE 18.04 AUDITORÍAS ENERGÉTICAS. CASOS PRÁCTICOS.” PUBLICADA POR ATECYR EN 2016.

A continuación se pretende analizar un libro en el que se explica cómo realizar una auditoría energética. Se escoge el libro del “DTIE 18.04 Auditorías energéticas. Casos prácticos.” publicada por ATECYR (Vicente, 2016).

Se escoge por tratarse de una publicación seria, de carácter técnico y avalada por una entidad de prestigio como es la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR).

3.3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LA PUBLICACIÓN

La parte 1 se denomina Requisitos de una auditoría energética. Tras una breve introducción de una página, expone en media página los requisitos mínimos de una auditoría recogidos en el RD 56/2016.

A continuación pasa a desarrollar la metodología.

Empieza describiendo la persona de contacto de la empresa auditada. Sigue con la descripción de la visita inicial el análisis de la información recopilada. A continuación entra a detallar las medidas de campo a realizar en el edificio.

Plantea 4 medidas:

- Medida del consumo de energía del edificio. Se refiere a la energía eléctrica mediante un analizador de redes que tomará datos de consumo eléctrico con una periodicidad de entre 5 y 15 minutos durante una semana.
- Medida de la eficiencia de la iluminación. Se trata de medir la iluminancia media con un luxómetro cuando sea de noche y las estancias estén desocupadas. Se toman el número de medidas puntuales recogidas en el Documento Base HE3 del Código Técnico de la Edificación.
- Medida del rendimiento de una caldera. Mediante un analizador de humos para tomar medidas de la combustión y una cámara termográfica para analizar las pérdidas por las paredes. Se mide a plena carga y al 50%.

- Medida de la eficiencia de una enfriadora. Se mide la eficiencia de las enfriadoras a plena carga y a carga parcial.

Posteriormente describe el análisis de las medidas con tres párrafos cuya idea principal consiste en indicar que el auditor debe analizar las medidas tomadas.

Continúa proponiendo algunos indicadores de la eficiencia energética.

Sigue con la simulación energética, exponiendo qué debe hacerse en caso de haberse incluido en el alcance de la auditoría.

Termina la parte de metodología con una página dedicada a la evaluación de las propuestas de medidas de ahorro energético en la que expone los criterios recogidos en el RD 56/2016, y con media página dedicada a las propuestas de medidas de ahorro energético no evaluables en el que enumera algunos ejemplos de defectos de funcionamiento de las instalaciones.

La parte primera concluye tratando el informe de la auditoría, describiendo el índice recogido en el RD 56/2016. En total 15 páginas de texto.

A continuación consta de 4 partes más en las que expone 4 estudios de caso diferentes.

3.3.2. ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA

La parte 1 del libro, "Requisitos de una auditoría energética", básicamente enumera, de manera somera, algunos de los requisitos generales expuestos tanto en el RD 56/2016 como en la serie de normas UNE-EN 16247.

En cuanto a la metodología, marca como necesidad la realización de 4 medidas de campo, sin discutir acerca de su conveniencia. Dichas medidas de campo no están prescritas por la normativa, aunque esta falta de prescripción normativa no se aclara, por lo que el lector del libro puede llegar a pensar que hay que realizarlas obligatoriamente.

La medida de campo 1, "Medida del consumo de energía en el edificio", busca como objetivo "obtener información necesaria para estimar el desglose de energía (eléctrica) por sistemas," dado que considera que con los datos aportados por la facturación dicho desglose presentaría incertidumbre.

Figura 3.6. Curva de consumo de energía obtenida con un analizador de redes. Fuente: Vicente, 2016.

Lo cierto es que los datos obtenidos no eliminan la incertidumbre totalmente. Para conocer el desglose de energía eléctrica consumida, se podría instalar un analizador de redes en los siguientes puntos de la instalación:

En la cabecera del cuadro eléctrico principal, tal y como se propone en el texto.

En la cabecera de los cuadros eléctricos secundarios.

En cada uno de los circuitos de los cuadros eléctricos secundarios.

En cada uno de los equipos consumidores de energía eléctrica.

Sin duda alguna, a medida que avanzamos en el detalle de la medición de campo, obtendremos mayor precisión disminuyendo la incertidumbre. Aunque también aumentaremos el coste del trabajo de campo hasta hacerlo prácticamente inviable.

Con los datos aportados con la medición propuesta en el libro, también resulta impreciso realizar el reparto pretendido, dado que se presenta una variación importante hasta del 40% del consumo en la misma franja horaria de distintos días laborables.

Observando además la diferencia que se produce en el consumo energético entre los diferentes meses, cabe esperar que los datos de consumo obtenidos con mediciones realizadas durante una semana varíen de una semana a otra. Esto lleva a plantear cuál es el tiempo adecuado para limitar la incertidumbre. La medición puede ser puntual, diaria, semanal, quincenal, mensual, anual o se puede monitorizar la instalación para recabar los datos de consumo permanentemente.

La medida de campo 2, "Medida de la eficiencia de la iluminación", busca como objetivo "realizar una propuesta de sustitución de luminarias o mejora del sistema de iluminación."

Realmente con esta medida de campo no se logra el objetivo pretendido. Se puede averiguar si la iluminación existente es acorde a las prestaciones deseadas o si, por el contrario, es deficiente. En este último caso, habría que proponer su sustitución por resultar inadecuada, pero no como medida de ahorro energético.

Para estudiar la realización de una propuesta que obtenga ahorro energético, no es preciso conocer el nivel de iluminación actual.

Figura 3.7. Luminarias poco eficientes de una oficina. Fuente: Vicente, 2016.

Además el mismo texto nos introduce en la discusión entre precisión y coste económico de realizar la toma de datos cuando dice: "No es necesario medir todos los espacios, sino únicamente aquellos que sean diferentes. Siempre es preferible hacer medidas en pocas estancias y de forma correcta, a muchas que finalmente no aporten nada al objetivo final: proponer o no la sustitución del sistema de iluminación."

La medida de campo 3, "Medida del rendimiento de una caldera", busca como objetivo "obtener los datos que permitan recomendar o no la sustitución de los equipos."

El consumo de combustible que se produce en una caldera está relacionado, entre otros parámetros, con su rendimiento medio estacional. El rendimiento puntual a plena carga y al 50%, que son los dos datos que se obtienen con la medida de campo propuesta, son insuficientes para determinar con precisión su rendimiento medio estacional. También influye en los valores obtenidos, el tiempo transcurrido desde que se realizaron las últimas intervenciones de mantenimiento sobre la caldera.

Figura 3.8. Medida del rendimiento de una caldera. Fuente: Vicente, 2016.

La foto parcial (sólo al 100% y al 50%) e instantánea, poco informa acerca de un comportamiento que es dinámico tanto en lo relativo a la potencia de funcionamiento de la caldera, como a lo largo del tiempo. Para obtener una información más completa, sería necesario realizar una monitorización que facilitara los datos del rendimiento a las distintas potencias de funcionamiento de la caldera y del tiempo en que está trabajando a dicha potencia.

La medida de campo 4, “Medida de la eficiencia de una enfriadora”, busca como objetivo “obtener medidas que permitan recomendar o no la sustitución de las enfriadoras.”

Al igual que ocurre con la caldera, el consumo de energía que se produce en una enfriadora está relacionado, entre otros parámetros, con su rendimiento medio estacional. El rendimiento puntual a plena carga y a carga parcial, que son los dos datos que se obtienen con la medida de campo propuesta, son insuficientes para determinar con precisión su rendimiento medio estacional. También influye en los valores obtenidos, el tiempo transcurrido desde que se realizaron las últimas intervenciones de mantenimiento sobre la enfriadora.

Figura 3.9. Medida de la eficiencia de una enfriadora. Fuente: Vicente, 2016.

La foto parcial (sólo al 100% y al 50%) e instantánea, poco informa acerca de un comportamiento que es dinámico tanto en lo relativo a la potencia de funcionamiento de la enfriadora, como a lo largo del tiempo. Para obtener una información más completa, sería necesario realizar una monitorización que facilitara los datos del rendimiento a las distintas potencias de funcionamiento de la enfriadora y del tiempo en que está trabajando a dicha potencia.

3.3.3. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS

Quien lee el texto analizado, no obtiene los conocimientos necesarios para realizar una auditoría energética, debido a que la metodología expuesta no aborda dicho contenido. Se pierde, por tanto, el valor de la transparencia, dado que otro técnico haciendo la misma auditoría podría tomar los datos que se pretenden de una manera diferente y analizarlos de manera distinta llegando a conclusiones diversas. El método presentado carece de reproducibilidad.

Adicionalmente el texto no entra a debatir las ventajas o los inconvenientes, ni las limitaciones de la metodología que propone. Simplemente se limita a describirla como si fuera la manera única de realizar una auditoría energética. Dado que no hay una manera normativa de realizar las auditorías energéticas, sino únicamente un listado de requisitos, es posible realizar una auditoría energética con metodologías distintas, siempre que se encuadren dentro del marco prescrito por la normativa.

Con este enfoque, se puede observar que las medidas de campo planteadas no se discuten en términos de la relación que se establece entre la supuesta reducción de incertidumbre y el coste económico para lograrla. Se presentan como necesarias, cuando adoptarlas encarece el proceso y arroja dudas acerca de su mayor acierto.

CAPÍTULO 4. AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA. METODOLOGÍA.

“Hay algo absurdo en los cálculos de los ingenieros: nunca tienen en cuenta a los habitantes, que se mueven, abren las ventanas, entran, salen, reciben a sus amigos...”

(Vassal, 2002)

En este capítulo se desarrolla una introducción a la metodología de la auditoría energética operativa. Se mencionan los aspectos generales de dicha metodología. Se presentan los datos iniciales susceptibles de incertidumbre en cuanto a su valor real actual y futuro. Se describe a grandes rasgos la metodología de cálculo empleada.

A continuación se realiza una descripción detallada de los distintos pasos que se utilizan en el transcurso de una auditoría energética operativa, desarrollando los aspectos recogidos en la UNE- EN 16247-1:2012.

Se comienza describiendo el contacto preliminar y la reunión inicial.

Se describe el proceso a seguir a continuación para cada uno de los suministros relacionados con el consumo energético: consumo de agua, consumo de electricidad y consumo de calefacción. Dicho proceso consiste en una introducción que explica las características del suministro, la recopilación de datos previa a la visita al edificio, el trabajo de campo a realizar in situ, el análisis de la facturación recogida y el reparto de los distintos consumos entre los distintos sistemas consumidores.

Se describe el análisis en profundidad a realizar de cada una de las propuestas de mejora. Se comienza con una introducción que define el contenido de las medidas a proponer. Posteriormente se describen los distintos apartados del análisis y la metodología empleada en uno de ellos. Se finaliza con un resumen y clasificación de las propuestas de mejora y con las conclusiones.

Se termina con la descripción del informe y de la reunión final.

4.1. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA

4.1.1. ASPECTOS GENERALES

La metodología de la auditoría energética operativa que se describe en el presente capítulo pretende desarrollar y concretar el proceso de auditoría energética descrito de una manera más genérica en la norma UNE-EN 16247-1:2012 Auditorías energéticas. Parte 1 Requisitos generales. Se busca pasar de responder a la pregunta de qué es el proceso de una auditoría energética, a responder a la pregunta de cómo se hace una auditoría energética con un determinado enfoque, a la que se le denomina auditoría energética operativa.

Entre los distintos tipos de métodos de cálculo es importante buscar un equilibrio adecuado entre la exactitud del método, la calidad de los datos de entrada y la reproducibilidad de los resultados.

El procedimiento de cálculo empleado es un método de cálculo simplificado. Enfatiza el aspecto de calidad y de resultar asequible y eficiente, frente a otros procedimientos que procuran maximizar la precisión dando menor relevancia al coste económico que supone llevarlo a cabo.

La limitación de cara a conseguir mayor exactitud, viene dada por los datos de entrada más que por el por la mayor o menor simplificación de los métodos de cálculo empleados. Algunos de dichos datos, por ejemplo la infiltración de aire en el edificio, a menudo no se conocen con exactitud. Una incertidumbre del 5% en cuanto al dato de transmitancia térmica del cerramiento da lugar a una incertidumbre entre el 20% y el 35% sobre la demanda energética del edificio, según la NORMA UNE-EN ISO 13790:2011 "Eficiencia energética de los edificios. Cálculo del consumo de energía para calefacción y refrigeración de espacios". En ella se dice textualmente que:

"Para métodos de simulación dinámicos detallados, los datos de entrada son a veces más detallados que para métodos estacionales, mensuales u horarios simplificados. Sin embargo, si los datos físicos básicos y los supuestos (sobre condiciones ambientales pertinentes, comportamiento de los usuarios y controles) están de acuerdo con las especificaciones de esta norma internacional ("condiciones de igualdad"), entonces el uso de energía anual calculado por el método horario simplificado y los métodos mensuales y estacionales descritos en esta norma internacional están, en término medio, muy de acuerdo con los resultados de una herramienta de simulación detallada." (Anexo H.3.4. Pág. 143).

Cabe destacar cómo, incluso para los cálculos más precisos, es necesario suponer ciertas variables que se desconocen a priori. Para algunas variables esta selección es, hasta cierto, punto arbitraria.

En la auditoría energética operativa es importante conocer cuánta energía consume el edificio anualmente y resulta menos relevante un conocimiento preciso del reparto de dicho consumo en cada una de las 8.760 horas que tiene un año.

4.1.2. DATOS DE ENTRADA QUE PRESENTAN INCERTIDUMBRE

La obtención de los datos de entrada debe presentar un equilibrio entre la exactitud de los mismos y el coste que supone obtenerlos, máxime cuando la incertidumbre que presentan no puede ser anulada en su totalidad.

Cuando el objetivo del cálculo es poder comparar el comportamiento entre edificios, se opta por normalizar los datos de entrada y restringir las elecciones posibles. Si los cálculos se realizan utilizando valores normalizados del comportamiento de los ocupantes y del caudal de aire de las infiltraciones, puede haber diferencias significativas entre los resultados de cálculo y la energía utilizada que se mide en la realidad. Estas diferencias alcanzan un +/- 50% y aún más en determinados casos. (UNE-EN ISO 13790:2011)

A continuación se describen las incertidumbres que pueden presentar los valores que se obtienen para la toma de datos del cálculo necesario para realizar una auditoría energética.

Distintos auditores pueden adoptar distintos valores, tomando dimensiones de un mismo plano o de un mismo edificio.

Se pueden adoptar distintos tipos de sistemas de dimensiones. Se puede considerar la superficie delimitada por las caras interiores de los cerramientos y particiones de cada espacio. También se puede considerar la superficie delimitada por las caras exteriores de los cerramientos y particiones de cada espacio. Por último, se puede considerar la superficie delimitada por las caras interiores de los cerramientos y particiones de la globalidad del edificio, incluyendo las superficies de las particiones interiores.

Los instrumentos de medida tienen un rango de precisión determinado, pudiendo introducir un margen de error en el dato que obtienen. Dicho rango suele ser reducido, aunque también pueden presentar descompensaciones debidas a un mal funcionamiento. Resulta preciso calibrar la instrumentación, para verificar su correcto funcionamiento periódicamente.

Las condiciones exteriores de temperatura, humedad y radiación solar se obtienen de las 104 estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología, que tienen registros horarios para un periodo mínimo de diez años. Si el edificio a estudiar está ubicado en una localidad que no cuenta con estación meteorológica, resulta necesario extrapolar los datos, generando imprecisión. Además, los valores de las temperaturas exteriores o de la

radiación solar registradas durante los últimos diez o más años no garantizan que se alcancen los mismos valores en el futuro. De hecho, el año 2014 constituye el año más cálido a nivel planetario desde 1880, fecha en la que comenzaron a tomarse registros. La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) ha publicado una guía de escenarios de cambio climático en España que preconiza la futura evolución de las condiciones climáticas exteriores (Morata, 2014).

Figura 4.1. Percentiles de la temperatura de la tierra y de los océanos registrados en 2014. Fuente: NOAA's National Climatic Data Center citando GHCN-M versión 3.2.2 & ERSST versión 3b. <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/service/global/map-percentile-mntp/201401-201412.gif> (visitado el 22/12/2015).

Las condiciones de temperatura interior durante las distintas horas del día dependen de la capacidad de regulación de la instalación de acondicionamiento térmico y del uso que se haga de la misma. Las instalaciones de calefacción pueden contar con un sistema de regulación que consiste en encender y apagar la caldera en función de una única sonda de temperatura ubicada en la estancia más representativa. También se puede regular adicionalmente el horario de funcionamiento de la instalación a lo largo del día, o a lo largo de cada día de la semana, permitiendo que la caldera entre en funcionamiento según el mecanismo de regulación descrito anteriormente, únicamente en el horario que se determine, o estableciendo distintas temperaturas interiores, para que esto suceda durante los distintos periodos del día. Finalmente, se pueden regular cada uno de los elementos emisores de calor, para que dejen de emitir calor cuando se ha obtenido la temperatura interior establecida en cada estancia. El uso que se haga de la instalación de calefacción influye en el dato de la temperatura interior que se alcance. Dicho uso puede variar de un año a otro. Se pueden cambiar las fechas de comienzo y finalización del uso de la instalación de calefacción. Se puede variar el horario de funcionamiento. Los usuarios de cada estancia pueden regular la temperatura interior de dicha estancia en función de su criterio.

La temperatura de consigna (temperaturas de impulsión y retorno de los fluidos caloportadores) de las instalaciones de acondicionamiento térmico es un dato que puede ser modificado por la persona encargada del funcionamiento de la instalación. Desde las instalaciones en las que se regula de manera manual hasta aquellas cuya regulación se efectúa mediante una centralita, en función de diversos parámetros, se pueden introducir variaciones que determinen el valor de la temperatura de consigna de manera diferente a los años precedentes, en función de criterios que maximicen el confort o que maximicen la reducción del consumo energético.

La transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio también es un dato que puede presentar variaciones. Que el valor teórico que se obtiene del cálculo de la transmitancia térmica del cerramiento coincida con el valor real que presenta el cerramiento depende de la correcta ejecución del mismo. Se pueden haber modificado las prestaciones térmicas de algún material, durante la ejecución de la obra, sin dejar constancia de dicha modificación y efectuar el cálculo con los valores que figuran en el proyecto. Aunque se realice una cata puntual en el edificio o una prueba para determinar el valor de la transmitancia térmica del cerramiento, este dato, que se determina de manera empírica, no asegura que el resto del cerramiento se haya ejecutado alcanzando las mismas prestaciones. El aislamiento térmico frecuentemente se trasdosa a continuación, por lo que puede quedar oculto para una adecuada supervisión por parte de la dirección facultativa de una obra. Incluso cuando éste se realiza inyectando en el interior de una cámara, resulta impreciso determinar el espesor que se ha alcanzado y la homogeneidad de dicho dato en el conjunto del cerramiento. En otros casos puede suceder que la cámara de aire presente diferencias de centímetros entre lo proyectado y lo ejecutado, incluso entre lo ejecutado en diversas zonas, con la consecuente variación del parámetro buscado. También puede ocurrir que las planchas de aislamiento térmico que no son rígidas se acaben desprendiendo con el tiempo, modificando el valor original.

Las ganancias de calor por fuentes internas vienen dadas en función del calor desprendido por las personas, que depende de la ocupación y de la actividad desarrollada por dichas personas, del calor desprendido por la instalación de alumbrado y del calor desprendido por otros equipos tales como ordenadores, electrodomésticos, etc. En un centro docente, al igual que ocurre en edificios con otros usos, estos parámetros pueden presentar variaciones difíciles de predeterminar. La ocupación de las aulas depende de los horarios de las asignaturas que se imparten para cada grupo. Dicho horario puede modificarse en los meses de septiembre y junio debido a la jornada escolar reducida. También puede sufrir diferencias, tanto en los horarios como en el número de ocupantes, de un curso para otro. Adicionalmente las aulas permanecen desocupadas los días en los que se realizan actividades fuera del aula tales como excursiones, actividades en el salón de actos, etc. La instalación de alumbrado también puede sufrir variaciones difíciles de predeterminar.

Depende de la intensidad de la radiación solar, del uso que se haga de la instalación, apagando o manteniendo encendidas las luminarias cuando la luz exterior sea suficiente para mantener los niveles lumínicos deseados y de la necesidad de apagar el alumbrado para poder proyectar. Por último, resulta difícil de prever con exactitud el uso que se va a realizar de los distintos electrodomésticos o equipos informáticos. El uso de un microondas en una sala de profesores, por ejemplo, puede presentar variaciones en función de si los profesores deciden salir fuera del centro a tomar un café o si hay claustro. Los proyectores del aula se pueden utilizar durante un mayor o menor número de horas en función del profesor, pudiendo cambiar a lo largo del desarrollo de los distintos temas. Aunque se monitoricen las instalaciones para obtener dichos valores con exactitud durante un curso, no está garantizado que al curso siguiente se vuelvan a repetir dichos parámetros.

La tasa de ventilación es otro valor difícil de determinar. Los edificios que cuentan con instalación de ventilación pueden sufrir modificaciones con respecto a las tasas de ventilación prescritas por la normativa, debido a que la persona encargada de regular el funcionamiento de la instalación puede reducir sus períodos de funcionamiento, para ahorrar energía. Esta decisión es susceptible de modificarse por quejas de los usuarios o por decisión de la dirección del centro. Siempre cabe la posibilidad de que dicha tasa se aumente de manera puntual cuando se abren las ventanas de un aula. Esta situación, tanto en dónde ocurre como en cuánto dura, depende de la decisión que toman las personas en cada momento. La única forma de evitar este componente humano sería clausurando la posibilidad de ventilación de las estancias de manera manual. Lo que se ganaría en control se perdería en sensación subjetiva de confort. Aunque lo más habitual es que los centros docentes no cuenten con sistema de ventilación. En dicho caso, la renovación necesaria del aire se realiza exclusivamente por medios manuales cuando se abren las ventanas y por medio de las infiltraciones incontroladas de aire a través de los cerramientos, fundamentalmente a través de las carpinterías y de los capialzados. El valor que alcanzan dichas infiltraciones depende del material elegido, de su ejecución y de las condiciones exteriores de presión atmosférica y de velocidad del viento. Por tanto el ensayo de infiltraciones que se pueda realizar en un aula no es posible extrapolarlo directamente al resto de recintos, ni se obtendrían los mismos resultados otro día en el que la presión atmosférica y la velocidad del viento fueran diferentes.

El consumo de electricidad depende de la potencia y del tiempo de funcionamiento de los equipos instalados. Para conocer con precisión dichos parámetros se podrían utilizar contadores de energía eléctrica y medidores del número de horas de funcionamiento. Habría que definir hasta qué rango de potencia colocarlos. A pesar de que se lograra medir con precisión el consumo eléctrico realizado por cada aparato consumidor a lo largo de un año, dicho parámetro está determinado por el uso que se haga del mismo, lo que implica una incertidumbre respecto a la utilización que va a sufrir durante el año siguiente.

El consumo de agua depende del caudal unitario y del tiempo de funcionamiento de los elementos consumidores de agua instalados. Para conocer con precisión dichos parámetros se podrían utilizar contadores de agua. Habría que definir qué nivel de precisión se pretende alcanzar. A pesar de que se lograra medir el consumo de agua realizado por cada aparato consumidor a lo largo de un año, dicho parámetro está determinado por el uso que se haga del mismo, lo que implica una incertidumbre respecto a la utilización que va a sufrir durante el año siguiente.

Una vez obtenidos los consumos energéticos de cada uno de los sistemas, resulta necesario contabilizar las emisiones de CO₂ asociadas, tanto a dichos consumos como las que se producirían una vez implantadas las medidas que se propongan. Para ello es necesario conocer el dato de los coeficientes de paso desde energía consumida a emisiones de CO₂. En el caso de la electricidad dicho coeficiente depende de la evolución de la estructura de producción de electricidad, cuyo valor varía cada año. El IDAE ha publicado en 2014 el documento “Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España” cuyos datos se encuentran en continua actualización.

Figura 4.2. Evolución anual de la estructura de producción de electricidad neta peninsular. Fuente: Red Eléctrica de España, 2013.

En el desarrollo de una auditoría energética es necesario transformar los valores de energía consumida en el coste monetario que suponen. En este punto dejamos la ciencia de la termodinámica y la electrotecnia para adentrarnos en las procelosas aguas de la economía de mercado. El coste de los suministros energéticos varía en el tiempo y se rige por unas leyes cuya precisión a futuro presenta un grado de incertidumbre elevado. Toda la exactitud que se hubiera podido pretender, una vez llegados a

este punto del proceso de la auditoría energética perdería inexorablemente dicho calificativo. En los gráficos que se presentan a continuación se puede observar la evolución de los precios del gasóleo, la electricidad y el agua en los últimos años. El precio que presenta un crecimiento más lineal es el del agua.

Figura 4.3. Evolución del precio del gasóleo 1960-2011. Precio de venta al público, IVA en céntimos de euro por litro en la Península y Baleares. Valores anuales medios. Fuente: Matilla, 2013.

Figura 4.4. Evolución del precio de la electricidad 2002-2014. Fuente: Cinco días 24/12/2014 (http://cincodias.com/cincodias/2014/12/12/album/1418380833_709530.html#1418380833_709530_1418647386) a partir de INE.

Figura 4.5. Evolución del precio y del consumo de agua 2002-2012. Fuente: iAgua, 2015.

Por último, resulta preciso averiguar el dato del coste que supone la inversión necesaria para llevar a cabo cualquiera de las medidas de mejora que se propongan. Habitualmente se utilizan bases de datos de precios de la construcción. Aquí se presentan diversas limitaciones en cuanto a la pretensión de exactitud. En primer lugar, las bases de datos están realizadas para una determinada superficie de intervención. Los precios varían debido a la medición de la partida a ejecutar. Una intervención puntual incrementa los costes indirectos asociados, frente a una intervención con una gran medición donde dichos costes se abaratan. En segundo lugar, las bases de datos no son universales. Aunque contienen información de una gran variedad de productos, en algunos aspectos, como son las instalaciones, no se encuentran todas las partidas que se precisa utilizar; máxime cuando se trata de tecnologías más novedosas, con menor implantación, que no ha dado tiempo a incorporar. En este caso hay que recabar el precio directamente del fabricante y estimar la duración de la mano de obra que implica su ejecución. Finalmente, de esta manera obtendríamos un valor teórico. Para que dicha medida se pueda llevar a cabo es necesario que una empresa constructora o un profesional decida ejecutarla. Al pedir oferta para una misma obra a diversas empresas se descubre que puede haber variaciones del 40% para un trabajo sencillo. Esto es debido a los costes asociados que pueda tener cada empresa, en función del tamaño de su organización, a los márgenes de beneficios que pretendan obtener, a los costes salariales que les suponga la contratación de los operarios que lleven adelante el trabajo y, principalmente en épocas en las que escasea el trabajo, a la política que lleve la empresa respecto a realizar obras con pérdidas, para mantener la actividad y la plantilla a un coste más reducido. De hecho en los procedimientos de contratación pública se establece la figura de baja temeraria, para limitar el riesgo de contratar

con una empresa que no pueda llevar adelante su cometido, por desarrollar una política de precios muy agresiva.

Independientemente de la precisión del método de cálculo utilizado, los datos de entrada necesarios para la realización de cualquier cálculo presentan unos elevados niveles de incertidumbre, como se ha podido comprobar. El comportamiento teórico que se pueda calcular mediante una monitorización o mediante diversos ensayos, para obtener los datos que se introducen en un proceso avanzado de simulación dinámica, difiere del comportamiento real del edificio. Éste depende en gran medida del comportamiento, conductas, hábitos y costumbres de las personas que operan o utilizan el edificio, además de unas condiciones climáticas externas cambiantes. Más que datos, se pueden considerar estimaciones, que muchas veces dependen de factores arbitrarios.

La evolución de los costes de los suministros también presenta un elevado nivel de incertidumbre. Su predicción se realiza en base a diversos escenarios dinámicos, en los que la modificación de cualquier variable o la introducción de un imprevisto obliga a ajustar dichos escenarios a la nueva situación.

En cualquier caso no estamos más que ante una aproximación a un fenómeno complejo, lo que no implica que pueda realizarse de cualquier manera.

4.1.3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO

La metodología de cálculo empleada en la auditoría energética operativa prioriza los aspectos de asequibilidad y eficiencia, frente a la precisión.

Parte de los datos reales del consumo energético que se realiza en el edificio; dichos valores se obtienen de la facturación. Tanto el diagnóstico energético como la auditoría energética general obtienen los datos de un único año. La auditoría energética de inversión obtiene los datos de dos años. La auditoría energética operativa recoge los datos de facturación de los últimos cinco años. Se pretende así evitar las distorsiones que podrían haber sucedido en un año, debido a causas fortuitas o puntuales. También se evita minimizar el error que se presenta cuando no se cuenta con la factura de algún mes, pudiendo interpolar dicho valor con una serie histórica, en lugar de tener que estimarlo de una forma más arbitraria. En el caso del gasóleo para calefacción se produce el llenado del depósito con una periodicidad de varios meses, por lo que con los datos de un único año falta información para poder establecer cuánto se ha consumido en dicho año, al desconocer la cantidad de gasóleo que había en el depósito al comienzo del año y la cantidad que queda al finalizarlo.

El dato del consumo real se considera fundamental, por lo que se estudia durante un amplio periodo de cinco años. Esta toma de datos con mayor periodo temporal resulta asequible y eficaz.

Posteriormente se realiza un reparto de dicho consumo entre los distintos sistemas consumidores. Para ello no se realizan mediciones puntuales de los consumos que se producen en los distintos sistemas por su relación coste-beneficio. Se entiende que es un procedimiento caro y los datos obtenidos carecen de precisión. Para que dichos datos fueran más significativos habría que proceder a monitorizar los consumos durante un año, lo que generaría unos costes prohibitivos para unos resultados que, a pesar de contar con una enorme precisión, no garantizarían la repetición de sus valores en años posteriores.

Se opta por realizar el reparto del consumo entre los distintos sistemas consumidores. Para el consumo de electricidad el reparto se establece en función de los datos de potencia instalada y horario de funcionamiento de cada equipo consumidor. Para el consumo de agua el reparto se establece en función de los datos de caudal suministrado en cada uso y número de usos de cada aparato consumidor. Para el consumo de gasóleo de calefacción se establece un reparto de las cargas térmicas en función del sistema de cálculo de grados-día que se explica más adelante. No se trata de un método que cuente con una elevada precisión; se escoge por ser asequible y eficaz. Las diferencias que se puedan presentar entre el reparto del consumo que resulte de aplicar el método y el reparto del consumo que se dé en realidad en el edificio se ven compensadas unas con otras, dado que el consumo global de todos los sistemas se conoce.

Por último, se realiza un proceso de calibrado, similar al que se realizaría si se utilizase un cálculo mediante un programa de simulación energética. Durante la toma de datos inicial y la visita al inmueble se ha recabado un listado exhaustivo de los equipos consumidores de energía, su modo de operación y su horario de funcionamiento. En base a estos datos se calcula el consumo de cada uno de ellos y se modifican los datos resultantes de los consumos medios, para ajustarlo al consumo real que presenta el edificio en concreto. De esta manera no se escogen los valores promedios sin más, lo que podría generar una importante desviación, sino que se acercan dichos valores a la realidad con la que se utilizan los distintos sistemas, en la medida que este procedimiento asequible y eficaz lo permite.

4.2. CONTACTO PRELIMINAR

Este primer contacto se realiza para acordar con la organización:

- Los objetivos, las necesidades y las expectativas de la auditoría energética.
- Su alcance y sus límites.
- El grado de precisión de la metodología de cálculo a emplear.

- El plazo para completar la auditoría energética.
- Los criterios para evaluar las medidas de mejora de la eficiencia energética.
- El compromiso de dedicación de tiempo y de otros recursos por parte de la organización.
- Los requisitos referentes a la recopilación de datos previa al inicio de la auditoría energética y la disponibilidad, validez y formato de los datos sobre energía y actividad.
- La medición e inspección que se realizará durante la auditoría energética.

Adicionalmente en este primer contacto, el auditor energético solicita información sobre:

- El contexto de la auditoría energética.
- La reglamentación u otras limitaciones que afecten al alcance o a otros aspectos de la auditoría energética propuesta.
- La existencia de algún tipo de programa estratégico más amplio: proyectos previstos, gestión de servicios externalizados u otros.
- La implantación de algún sistema de gestión medioambiental, de calidad, sistema de gestión de la energía u otros.
- Previsión de cambios que puedan influir en la auditoría energética y en sus conclusiones.
- Cualquier opinión, idea o restricción existente referente a las medidas potenciales de mejora de la eficiencia energética.
- La previsión de entregas de documentos preliminares previos al informe final de la auditoría energética y el formato del informe necesario.
- Si el borrador del informe final de la auditoría energética debería presentarse para recibir comentarios.

Por último en este primer contacto el auditor energético informa a la organización acerca de cualquier:

- Instalación y equipamiento especial necesario para poder realizar la auditoría energética.
- El interés comercial o de otro tipo que pueda influir en sus conclusiones o recomendaciones.

4.3. REUNIÓN INICIAL

El objetivo de la reunión inicial es informar a todas las partes interesadas acerca de los objetivos, el alcance, los límites y la precisión de la auditoría ya acordados en el contacto preliminar y acordar los aspectos prácticos de ésta.

En primer lugar el auditor energético solicita a la organización que:

- Designe a una persona como responsable último de la auditoría energética por parte de la organización.
- Designe a una persona como enlace con el auditor energético, con el soporte de otros profesionales adecuados cuando sea necesario, con los que constituirá un equipo para este fin.
- Informe al personal implicado y a otras partes interesadas acerca de la auditoría energética y de cualquier necesidad a la que deban responder en relación con dicha auditoría.
- Garantice la cooperación de las partes implicadas.
- Ponga en su conocimiento cualquier circunstancia inusual, labor de mantenimiento u otra actividad que tenga lugar durante la auditoría energética.

Adicionalmente el auditor energético y la organización acuerdan:

- Los aspectos prácticos del acceso para el auditor energético.
- Los recursos y datos que se tienen que proporcionar.
- La confidencialidad de los datos obtenidos.
- El programa de visitas previsto.

4.4. CONSUMO DE AGUA

4.4.1. INTRODUCCIÓN

El agua es un bien cuya adecuada gestión resulta primordial. En la actualidad se paga un precio por su consumo doméstico que no refleja la totalidad del gasto que supone su ciclo integral. En España el suministro de agua, por el momento, está garantizado. Únicamente en algunas temporadas de sequía se producen restricciones a su consumo, fundamentalmente asociadas al riego. Aunque el cambio climático que está acaeciendo puede llevar a la península a una mayor desertificación, cuyas consecuencias en cuanto a la gestión del agua están por ver.

A nivel mundial esto no es así. Se habla de la crisis global del agua en el “planeta agua” (Arrojo, 2013). No se debe tanto a su escasez, sino a la desigualdad que genera la pobreza y a las políticas equivocadas en su gestión. Con frecuencia se habla de que las guerras del futuro serán por el agua, bien fundamental para la supervivencia. En la actualidad se estima que mil millones de personas no tienen garantizado el acceso al agua potable, lo que motiva, según la Organización de las Naciones Unidas, unas diez mil muertes diarias.

Centrándose en la relación entre agua y energía, el consumo de agua en los edificios normalmente no forma parte del alcance de las auditorías energéticas (Arco, 2013). Esto es debido a que para consumir agua no es preciso que se realice un consumo energético en el propio edificio, salvo el consumo de electricidad que se produce en el grupo de presión, en caso de que exista. Únicamente tiene cabida el estudio del consumo energético que se realiza para subir la temperatura del agua caliente sanitaria que se utiliza.

Diversos autores consideran la importancia de la relación entre el consumo de agua y el consumo de energía asociado.

Las relaciones entre agua y energía y entre agua y emisiones de gases de efecto invernadero son cuestiones relevantes a abordar en el futuro de las ciudades (Kenway, 2013). La vinculación del agua con la energía es un tema de creciente importancia (Gómez, 2015). La utilización a lo largo de los grandes sistemas de infraestructura convencionalmente utilizados para la captación, transporte y distribución de agua, además de para el tratamiento de las aguas usadas, hacen del agua y de la energía unos recursos básicos a considerar en la planificación urbana (Scott, 2016).

No obstante, el triple objetivo final de realizar auditorías energéticas para los estados es mejorar la seguridad de abastecimiento energético, ayudar a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y lograr una mejora desde el punto de vista económico. Para alcanzar dichos objetivos de poco importa que la reducción del consumo energético se realice dentro del mismo edificio o en las infraestructuras que le dan servicio.

Para el gestor del edificio, también resulta beneficioso ampliar el alcance de la energía estrictamente consumida dentro del edificio. Se trata de un concepto contable que se engloba dentro de los suministros y cuyo consumo es susceptible de realizarse con mayor eficiencia, reportando un ahorro económico.

Además no hay que olvidar que para tener disponible agua al abrir un grifo en un edificio es necesario consumir energía. Tradicionalmente se ha utilizado el agua como fuente de producción de energía en norias y molinos y posteriormente, con la aparición de las turbinas, en aprovechamientos hidroeléctricos. En la actualidad el abastecimiento urbano de agua potable y el posterior tratamiento de las aguas evacuadas presentan un consumo de energía. El 30% del gasto en el

ciclo integral del agua corresponde a energía, y éste se estima en casi un 16% del gasto energético total en España (Martín, 2014).

Figura 4.6. Relación entre el ciclo de agua, la energía, las emisiones de gases efecto invernadero y el clima. Fuente: Reducir el consumo de energía mediante un uso sostenible del agua. Agua y energía, un binomio insoluble. Martín, 2014.

No existe un estudio exhaustivo que determine el consumo energético del ciclo del agua a nivel nacional. Algunos autores aseguran que si al consumo energético realizado en el proceso de depuración de las aguas residuales, se le añade la energía consumida en el transporte de dichas aguas, en la distribución de agua sanitaria desde la captación hasta el consumo y en su captación, la cifra media es de 3 kWh/m³ (Cabrera, 2010; Martín, 2014). Aunque si el agua para el abastecimiento procede de una desaladora, el consumo unitario energético alcanza los 7,74 kWh/m³ (Martínez, 2011).

Uso	Gasto de agua	Consumo unitario medio	Energía requerida
Urbano (ciclo completo)	6.300 hm ³ /año	3.00 kwh/m ³	18.900 Gwh
Riego (ciclo completo)	23.800 hm ³ /año	0.25 kwh/m ³	5950 Gwh
TOTAL			24.850 Gwh

Figura 4.7. Gastos de agua y energía estimados en España. Fuente: Reducir el consumo de energía mediante un uso sostenible del agua. Agua y energía, un binomio insoluble. Martín, 2014.

Este dato es mayor del obtenido en la ciudad de México de 1,32 kWh/m³ (Centro Mario Molina, 2011). Aunque cabe destacar que dicho valor varía en función de la procedencia del agua entre 0.253 kWh/m³ y 4.541 kWh/m³.

El consumo de energía en el suministro de agua y tratamiento de las aguas residuales en España se asemeja al consumo de energía en California del Sur: 2,9 kWh/m³ (California Energy Comision, 2006) y en Alemania 2,69 kWh/m³ (Hardi y Garrido, 2010), aunque se aleja del consumo de energía en California del Norte: 0,9 kWh/m³ (California Energy Comision, 2006) y en Oslo 1,25 kWh/m³ (Venkatesh y Brattebø, 2011).

Debido a los motivos expuestos se considera apropiado incluir el estudio del consumo del agua como parte integrante de la auditoría energética, en cualquiera de sus distintos enfoques.

4.4.2. RECOPIACIÓN DE DATOS

El auditor energético, en colaboración con la organización, recopila los siguientes datos:

- Contratación: compañía comercializadora y condiciones contractuales.
- Consumo: evolución de las diferentes variables de consumo durante los últimos 5 años consecutivos disponibles.
- Coste de los diferentes conceptos facturados y su evolución durante los últimos 5 años consecutivos disponibles, para cada concepto facturado y en total.
- Historial de operaciones y eventos pasados que puedan haber afectado al consumo de agua en el periodo cubierto por los datos recopilados.
- Documentación disponible de diseño, funcionamiento y mantenimiento.

4.4.3. TRABAJO DE CAMPO

Durante la visita al emplazamiento el auditor energético realiza las siguientes acciones y recopila los siguientes datos:

- La lista de equipos que utilizan agua.
- Las características técnicas de cada equipo que utiliza agua: tipología de la grifería y de los inodoros, marca y modelo de los electrodomésticos, etc.
- El caudal instantáneo de cada grifo; para ello se dispondrá de un recipiente de un litro de capacidad y se cronometrará el tiempo de llenado. Posteriormente, se hallará el inverso del tiempo cronometrado y el valor resultante será el caudal unitario del grifo en litros por segundo.
- Volumen de las cisternas de los inodoros midiendo sus dimensiones para conocer el consumo de agua por cada descarga.
- Inspección del estado general la instalación de fontanería.

- Pregunta a la persona encargada del control de la instalación, que acompañe al auditor durante la visita al emplazamiento, acerca de las modificaciones realizadas a la instalación de fontanería, las rutinas de funcionamiento y el comportamiento de los usuarios.

4.4.4. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN

Los datos de consumo recogidos de las facturas de los últimos cinco años se elaboran, con la siguiente finalidad:

- Completar los consumos de aquellas facturas que no han sido aportadas, debido a que se han extraviado, realizando una media de los consumos recogidos pertenecientes al mismo periodo.
- Sustituir los consumos que presentan una gran desviación de los datos medios, debidos a la existencia de fugas de agua, por los valores medios pertenecientes al mismo periodo, para no distorsionar el consumo que se produce en condiciones normales de uso de la instalación, descartando la influencia que tiene en dicho consumo la aparición de patologías puntuales.

Se presentan los datos de manera gráfica y tabulada, mostrando los consumos medios de cada periodo de facturación y los consumos totales de cada año, así como el valor medio del consumo anual de agua.

Para poder comparar los datos de consumo de agua con otros edificios de similares características, se hallan los siguientes indicadores:

- Consumo anual de agua por superficie (m^3/m^2)
- Consumo anual de agua por usuario ($\text{m}^3/\text{usuario}$)
- Consumo diario de agua por usuario ($\text{l}/\text{usuario}$)

Se compara el valor de los indicadores obtenidos con los indicadores de referencia. El consumo medio de agua en los centros docentes es de 4,7 litros al día por usuario (Barón, 2003).

A continuación se cuantifican los siguientes indicadores de las emisiones de CO_2 asociadas al consumo de agua:

- Emisiones anuales de CO_2 (t)
- Emisiones anuales por usuario de CO_2 (kg)

El coeficiente de paso aplicado es de $0,331 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$, extraído del documento reconocido para la justificación del cumplimiento de la normativa española (Ministerio de industria, energía y turismo, 2014), lo que aplicado a un consumo de energía de $3 \text{ kWh}/\text{m}^3$, da un valor de $0,993$ emisiones de CO_2 por m^3 .

Por último, se reflejan los siguientes indicadores económicos asociados al consumo de agua:

- Factura anual del consumo de agua (€)
- Factura anual del consumo de agua por usuario (€/usuario)
- Precio del agua por volumen consumido (€/m³)

Los importes reflejados incluyen el IVA tal y como queda recogido en el punto 2.5 del presente trabajo.

4.4.5. REPARTO DEL CONSUMO DE AGUA

Se establece un reparto del consumo total de agua entre los distintos equipos consumidores existentes en el edificio. Se procede de la siguiente manera:

- Se averigua el consumo medio de los inodoros por cada uso.
- Se averigua el caudal medio de los grifos.
- Se estima el número de usos diario de los inodoros por cada usuario del edificio, teniendo en cuenta el número de horas que permanecen en el mismo.
- Se estima el número de usos diario de los lavabos por cada usuario del edificio y el tiempo medio de cada uso, teniendo en cuenta el número de horas que permanecen en el mismo.
- Se estima el ratio de litros de agua por cada m² de edificio, para su limpieza.
- Se estima el ratio de litros de agua por cada comida que se realiza en el comedor del centro docente.
- Se multiplican los consumos diarios por el número de días en los que permanece abierto el centro, para hallar el consumo anual de cada sistema.
- Se comprueba que el resultado total se ajusta al consumo medio obtenido de los datos de facturación. Se realiza el ajuste correspondiente de las estimaciones anteriores, considerando la pequeña diferencia que pueda existir como un consumo realizado por otras causas, como pueden ser las piletas de los laboratorios, las pequeñas fugas en la instalación, etc.
- A cada consumo se asocia su correspondiente gasto económico.

4.5. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

4.5.1. INTRODUCCIÓN

El consumo energético que se realiza directamente en un centro docente tiene lugar mediante el consumo de algún combustible para la instalación de calefacción y el consumo de energía eléctrica. A pesar de que el consumo destinado a calefacción supone una mayor cantidad de energía, el importe económico de la factura eléctrica se aproxima al importe de la factura de combustible.

Figura 4.8. Reparto de consumos energéticos y costes económicos medios en centros docentes. Fuente: Manual de Eficiencia Energética en Centros Docentes. Rehabilitación. Alonso, 2013.

4.5.2. RECOPIACIÓN DE DATOS

El auditor energético, en colaboración con la organización, recopila los siguientes datos:

Contratación: compañía distribuidora y comercializadora y condiciones contractuales.

Consumo: evolución de las diferentes variables de consumo durante los últimos 5 años consecutivos disponibles.

Coste de los diferentes conceptos facturados y su evolución durante los últimos 5 años consecutivos disponibles, para cada concepto facturado y en total.

Historial de operaciones y eventos pasados que puedan haber afectado al consumo de electricidad en el periodo cubierto por los datos recopilados.

Documentación disponible de diseño, funcionamiento y mantenimiento.

4.5.3. TRABAJO DE CAMPO

Durante la visita al emplazamiento el auditor energético realiza las siguientes acciones y recopila los siguientes datos:

La lista de equipos que consumen electricidad.

Las características técnicas de cada equipo que utiliza electricidad: potencia instalada, horario de funcionamiento, tipología de las luminarias, tipología de las reactancias, marca y modelo de las lámparas, de los equipos de climatización, de los equipos instalados en la cocina industrial y de los electrodomésticos, etc.

Inspección del estado general la instalación eléctrica.

Uso de generadores de emergencia: potencia, autonomía, servicios que garantiza.

Pregunta a la persona encargada del control de la instalación que acompañe al auditor durante la visita al emplazamiento acerca de las modificaciones realizadas a la instalación de electricidad, las rutinas de funcionamiento y el comportamiento de los usuarios.

4.5.4. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN

Los datos de consumo recogidos de las facturas de los últimos cinco años se elaboran con la siguiente finalidad:

Completar los consumos de aquellas facturas que no han sido aportadas debido a que se han extraviado, realizando una media de los consumos recogidos pertenecientes al mismo periodo.

Se presentan los datos de manera gráfica y tabulada, mostrando los consumos medios de cada periodo de facturación y los consumos totales de cada año, así como el valor medio del consumo anual de electricidad.

En el caso de que el personal del centro haya informado durante la realización de los trabajos de campo de la reciente implantación en el edificio de nuevos equipos consumidores de electricidad, se analizan los datos para verificar si el consumo de electricidad presenta unos valores más elevados en los últimos meses por dicho motivo.

En dicho caso, el valor de consumo medio no es significativo de cara a predecir los futuros consumos. Es necesario realizar una interpolación de los incrementos de consumo que la implantación de nuevos equipos hayan producido y generar los datos de consumo de un año tipo completo funcionando el centro como lo está haciendo en el momento de la toma de datos. De esta manera se genera una nueva tabla de datos de consumo eléctrico y se tomarán los valores interpolados para el año

modelo para realizar el estudio del impacto que tengan las medidas que se propongan sobre el consumo.

Para poder comparar los datos de consumo de electricidad con otros edificios de similares características se hallan los siguientes indicadores:

Índice eléctrico: Consumo anual de electricidad por superficie (kWh/m²)

Consumo anual de electricidad por usuario (kWh/usuario)

Consumo diario de electricidad por usuario (kWh/usuario)

Se compara el valor de los indicadores obtenidos con los indicadores de referencia. El índice eléctrico medio en los centros docentes es de 15,2 kWh/m², el valor que más se repite es el de 12 kWh/m² y el valor de buenas prácticas es de 8,3 kWh/m² (Alonso, 2013).

Figura 4.9. Distribución de índices eléctricos en centros docentes. Fuente: Manual de Eficiencia Energética en Centros Docentes. Rehabilitación. Alonso, 2013.

A continuación se cuantifican los siguientes indicadores de las emisiones de CO₂ asociadas al consumo de electricidad:

- Emisiones anuales de CO₂ (t)
- Emisiones anuales de CO₂ por usuario (kg/usuario)

Los datos del IDAE cifran las emisiones en 0,649 kg de CO₂ por cada kWh consumido (SALMERÓN 2011).

Por último se reflejan los siguientes indicadores económicos asociados al consumo de electricidad:

Factura anual del consumo de electricidad (€)

Factura anual del consumo de electricidad por usuario (€/usuario)

Precio de la electricidad por cantidad de energía consumida (€/kWh)

Los importes reflejados incluyen el IVA tal y como queda recogido en el punto 2.5 del presente trabajo.

4.5.5. REPARTO DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD

Se establece un reparto del consumo total de electricidad entre los distintos equipos consumidores existentes en el edificio. Se procede de la siguiente manera:

Se conoce la potencia instalada de cada aparato que consume electricidad.

Se conoce el horario de funcionamiento de los equipos consumidores de energía eléctrica.

Se estima el factor de uso de las luminarias, que significa el porcentaje de luminarias encendidas a lo largo del horario de funcionamiento del centro docente, mediante entrevistas con usuarios del centro docente y con el personal de mantenimiento.

- Se estima el porcentaje de equipos informáticos encendidos y en modo stand-by a lo largo del horario de funcionamiento del centro docente mediante entrevistas con usuarios y profesores del centro docente y con el personal de mantenimiento.

Se multiplican las potencias de cada equipo por el número de horas de funcionamiento diario y por el número de días en los que permanecen en funcionamiento para hallar el consumo anual de cada sistema.

Se comprueba que el resultado total se ajusta al consumo obtenido para el año tipo. Se procede al calibrado del método realizando el ajuste correspondiente de las estimaciones anteriores para que el consumo real total coincida con el cómputo global del reparto de consumo calculado.

A cada consumo se asocia su correspondiente gasto económico.

Se alejaría más de la realidad realizar un reparto del consumo eléctrico en función de los datos existentes de consumos medios en centros docentes. Esto es debido a que el edificio estudiado puede carecer de algunas de las instalaciones contempladas en dichos datos.

Figura 4.10. Reparto del consumo medio de electricidad en centros docentes. Fuente: Fenercom, 2011.

4.6. CONSUMO DE CALEFACCIÓN

4.6.1. INTRODUCCIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, el consumo energético que se realiza directamente en un centro docente tiene lugar mediante el consumo de algún combustible para la instalación de calefacción y el consumo de energía eléctrica. El consumo destinado a calefacción supone la mayor cantidad de energía consumida dentro del edificio.

4.6.2. RECOPIACIÓN DE DATOS

El auditor energético, en colaboración con la organización, recopila los siguientes datos:

- Contratación: compañía comercializadora y condiciones contractuales.
- Consumo: evolución del consumo de combustible durante los últimos 5 años consecutivos disponibles.
- Coste del consumo de combustible y su evolución durante los últimos 5 años consecutivos disponibles, para cada concepto facturado y en total.
- Historial de operaciones y eventos pasados que puedan haber afectado al consumo de calefacción en el periodo cubierto por los datos recopilados.
- Documentación disponible de diseño, funcionamiento y mantenimiento.

4.6.3. TRABAJO DE CAMPO

Durante la visita al emplazamiento el auditor energético realiza las siguientes acciones y recopila los siguientes datos:

- La lista de equipos que emiten calor.
- Las características técnicas de cada equipo de la instalación de calefacción: marca y modelo de la caldera, año de instalación, horario de funcionamiento, sistema de regulación, marca y modelo de las bombas de circulación y del vaso de expansión, tipología y dimensiones de los emisores, número de elementos, sistema de regulación de los emisores.
- Esquema de principio de la instalación.
- Inspección del estado general de la instalación de calefacción: equipos instalados en el cuarto de calderas, chimenea, aislamiento térmico de las tuberías de distribución de la energía térmica, etc.
- Dimensiones de los elementos de la envolvente térmica, espesor y materiales que la componen, características técnicas de las carpinterías y sus vidrios.
- Pregunta a la persona encargada del control de la instalación que acompañe al auditor durante la visita al emplazamiento acerca de las modificaciones realizadas a la instalación de calefacción, las rutinas de funcionamiento y el comportamiento de los usuarios.

4.6.4. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN

Los datos de consumo recogidos de las facturas de los últimos cinco años se elaboran para establecer un reparto mensual del consumo de combustible, dado que la compra del mismo se realiza con una periodicidad de varios meses sin seguir una pauta uniforme en el tiempo. El volumen de combustible comprado se reparte entre los meses precedentes desde la última vez que se llenó el depósito de gasóleo de manera proporcional a los grados-día de calefacción registrados durante el periodo de consumo.

Los grados-día de calefacción son unos valores que expresan las diferencias acumuladas de temperatura y se utilizan para evaluar el gasto energético de calefacción de los edificios. Se calculan conforme a la norma NORMA UNE-EN ISO 15927-6:2009. Su cálculo se apoya en el concepto de temperatura base. La temperatura base corresponde a la temperatura a partir de la cual el edificio necesita ser calefactado con el fin de mantener la temperatura interior requerida. La temperatura base es la temperatura exterior por debajo de la cual el sistema de calefacción debería entrar en funcionamiento.

Los datos de grados día de las 104 estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología que cuentan con registros entre los años 1.998 y 2.007 están recogidos en la Guía técnica sobre condiciones climáticas exteriores de proyecto (ATECYR 2010).

En el caso de que la instalación de calefacción utilizase como combustible el gas natural, se procedería con los datos de facturación de la misma forma que con los datos de facturación de gasóleo.

Se presentan los datos de manera gráfica y tabulada, mostrando los consumos medios de cada periodo de facturación y los consumos totales de cada año, así como el valor medio del consumo anual de gasóleo.

Para poder comparar los datos de consumo de gasóleo con otros edificios de similares características se hallan los siguientes indicadores:

- Consumo anual de gasóleo por superficie (l/m^2)
- Consumo anual de gasóleo por usuario (l/usuario)
- Índice energético normalizado (kWh/m^2)

El índice energético normalizado mide el consumo de energía en kWh por unidad de superficie y se normaliza en función de los datos climáticos de la localidad para que se puedan comparar entre distintas localidades con diferentes condiciones climáticas. Pretende eliminar del valor del índice energético la repercusión que tiene el clima para que sean comparables los valores obtenidos para edificios con distintas ubicaciones.

El valor del índice energético normalizado se halla multiplicando el índice energético por 2.000 y dividiéndolo por los grados día en base 15 para el período de registro de consumos de calefacción.

Se compara el valor de los indicadores obtenidos con los indicadores de referencia. El valor de referencia para el índice energético normalizado de los centros docentes estudiados es de $65,0 \text{ kWh/m}^2$, mientras que el valor de buenas prácticas es de $43,2 \text{ kWh/m}^2$ (Alonso, 2013).

Figura 4.11. Distribución de índices energéticos normalizados en centros docentes.
Fuente: Alonso, 2013.

A continuación se cuantifican los siguientes indicadores de las emisiones de CO₂ asociadas al consumo de gasóleo:

- Emisiones anuales de CO₂ (t)
- Emisiones anuales por usuario de CO₂ (kg)

Los datos de la Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) publicada en 2012 por la Generalitat de Catalunya cifran las emisiones en 2,79 kg de CO₂ por cada litro de gasóleo consumido.

Por último se reflejan los siguientes indicadores económicos asociados al consumo de gasóleo:

- Factura anual del consumo de gasóleo (€)
- Factura anual del consumo de gasóleo por usuario (€/usuario)
- Precio del gasóleo por volumen consumido (€/l)

Los importes reflejados incluyen el IVA tal y como queda recogido en el punto 2.5 del presente trabajo.

4.6.5. REPARTO DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN

Para el reparto del consumo de calefacción se sigue el modelo propuesto por Szokolay en el libro *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design* (Szokolay, 2004), en donde se introduce el concepto de conductancia del edificio.

Nótese que el término de conductancia del edificio difiere del término conductancia (térmica) de un material o sistema constructivo.

En la normativa actual, el concepto de transmitancia térmica de un sistema constructivo, formado por una o más capas de material, se define como el flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del elemento que se considera. (Documento Básico HE 2013). Se mide en W/m^2K . Su valor incluye las resistencias térmicas superficiales de las caras del elemento constructivo, es decir, refleja la capacidad de transmitir calor de un elemento constructivo en su posición real en el edificio.

En la normativa anterior, el concepto de conductividad térmica de un material o sistema constructivo se define como la cantidad de calor transmitida a través de la unidad de área, dividida por la diferencia de temperatura entre las caras caliente y fría, en condiciones estacionarias (NBE-CT-79). Se mide en W/m^2K . En este caso su valor no incluye las resistencias térmicas superficiales de las caras del elemento constructivo.

El concepto de conductancia del edificio se entiende como tasa de pérdida de calor específica, (Szokolay, 2004). Se mide en W/K . Hace alusión a la cantidad de calor transmitida a través de la envolvente térmica de un edificio, dividida por la diferencia de temperatura entre las caras caliente y fría.

Se establece un reparto del consumo total de calefacción que se produce en el edificio entre los distintos elementos que contribuyen a dicho consumo. Se procede de la siguiente manera:

- Se establece, por un lado, el requerimiento de energía para calentamiento que presenta el edificio, expresado en kWh, multiplicando la conductancia del edificio (tasa de pérdida de calor específica), expresada en W/K , por los grados-hora de calefacción, expresados en Kh y dividiendo entre 1.000.
- La conductancia del edificio se halla sumando la conductancia de la envolvente y la conductancia por ventilación, ambas expresadas en W/K .
- La conductancia de la envolvente se halla sumando los resultados de multiplicar los datos de las superficies por las transmitancias térmicas de cada tipo de cerramiento presente en dicha envolvente. La superficie se mide en m^2 , la transmitancia en W/m^2K y la conductancia en W/K .
- El valor de la transmitancia térmica de la envolvente, en una auditoría energética general, se obtiene mediante la colocación de una sonda de temperatura exterior, una sonda de temperatura interior y al menos tres sondas de temperatura superficial del muro. La distribución de temperaturas en el espacio interior puede no ser homogénea, por lo que los resultados varían en función de

la ubicación de la sonda de temperatura interior. Dado que la temperatura superficial interior del cerramiento tampoco es homogénea, resulta necesario colocar al menos tres sondas de temperatura superficial del muro y hallar un valor medio. Esta toma de datos debe realizarse en cada tipo de cerramiento de la envolvente térmica del edificio. Se deben realizar las medidas durante dos o tres días, para evitar los errores que pueden surgir al tomar una única medida de manera puntual. El cálculo con los parámetros obtenidos se basa en el supuesto de flujo de calor unidireccional y estacionario. Únicamente se puede realizar con precisión cuando las temperaturas interior y exterior varían poco. En climas templados con variaciones de la temperatura a lo largo del día, no es posible realizar estas medidas con una mínima precisión, máxime si los cerramientos están expuestos a la radiación solar.

En una auditoría energética de inversión, para evitar la falta de precisión del método anteriormente descrito, se utiliza otro método de cálculo. Además de la instrumentación mencionada, se coloca un par de placas que aportan una cantidad de calor conocida. Midiendo el flujo de calor que atraviesa el muro, se calcula, con mayor precisión, el valor de la transmitancia térmica de la envolvente, aunque no se evitan las posibles incidencias en dichos cálculos del aporte de calor proveniente de la radiación solar en el comportamiento en régimen dinámico.

En una auditoría energética operativa se calcula el valor de la transmitancia térmica de la envolvente mediante el cálculo teórico descrito en la norma UNE-EN ISO 6946. La precisión de este método no es menor que la precisión del método empleado en la auditoría energética general.

- La conductancia por ventilación, expresada en W/K, se halla multiplicando la capacidad calorífica volumétrica del aire húmedo, que es $1.200 \text{ J/m}^3\text{K}$, por la tasa de ventilación expresada en m^3/s .
- El caudal de ventilación se halla multiplicando el número de cambios de aire (o renovaciones) por hora, expresado en h^{-1} , por el volumen del edificio expresado en m^3 y dividiendo el resultado entre 3.600.

El caudal de ventilación en una auditoría energética general se obtiene mediante una sonda de calidad del aire que mide la concentración de CO_2 . Dicho instrumento necesita entre 30 segundos y varios minutos para realizar una medida correcta. Además, es conveniente tomar varias medidas para disminuir la incertidumbre de medidas que, en algunos casos, llega a ser de unos 50 ppm (partes por millón) más 2% del valor medio. Una vez obtenidos dichos valores se procede al cálculo del caudal de ventilación. Para ello es preciso introducir el dato de la carga de

CO₂ que se produce en el local. Según la norma UNE-EN 13779:2008, dicha carga es de 19 l/h por persona. Aunque habría que precisar si dicha carga es igual para individuos no adultos y si se mantiene uniforme a pesar de que los alumnos acaben de realizar la asignatura de educación física. Otro dato necesario para el cálculo del caudal de ventilación es la efectividad de la ventilación. Dicho valor depende de la posición de las tomas por donde entra el aire y por donde sale. Además cambia en función de la diferencia entre la temperatura del aire de admisión y la temperatura del aire interior. Se trata de un valor que, finalmente, se acaba estimando (GARCÍA SAN JOSÉ, 2010). Se trata por tanto de un método de cálculo con una baja precisión.

Para edificios que no cuentan con una instalación de renovación de aire, la ventilación se produce exclusivamente por infiltración. El valor del caudal de ventilación varía en función de las condiciones climáticas de presión, temperatura, velocidad y dirección del viento. Por lo que el valor calculado para un momento puntual no se mantiene a lo largo del tiempo.

Finalmente, cuando la concentración de contaminantes aumenta y se percibe la sensación de “ambiente cargado”, se puede abrir las ventanas y aumentar significativamente el caudal de ventilación calculado.

El caudal de ventilación en una auditoría energética de inversión se obtiene midiendo por un lado el caudal de la instalación de ventilación, en el caso de que exista, y realizando por otro lado un ensayo de estanqueidad al aire, según el método de presurización por medio de ventilador descrito en la norma UNE-EN 13829:20002. El ensayo consiste en someter al recinto a estados alternativos de sobrepresión y depresión. Al aumentar o disminuir la presión en el interior respecto al exterior, se generan infiltraciones de aire. Para localizar las vías de entrada y salida de aire se emplea termografía infrarroja y trazadores de humos.

Para una auditoría energética operativa el número de renovaciones por hora se estima. Al igual que con el método empleado en una auditoría energética general, se obtiene una baja precisión. Esta limitación se subsana en el posterior calibrado general del método, cuando se compara el requerimiento de energía para calentamiento que presenta el edificio con el consumo anual de energía que se da el edificio tal y como se describe en el último punto del proceso de reparto del consumo de calefacción. En dicho punto se ajusta la estimación realizada al consumo que realmente ha tenido lugar.

- Los grados-hora de calefacción se calculan multiplicando los grados-día de calefacción de la localidad donde se encuentra el edificio del periodo en el que se enciende la calefacción por las horas de funcionamiento diarias de dicha instalación por el número

de días al mes en los que se enciende y dividido entre el número total de días de cada mes. Se expresan en K/h.

- Por otro lado se establece la cantidad de energía anual entregada por la instalación al edificio, expresada en kWh, multiplicando el consumo anual de energía en el edificio, expresado en kWh, por el rendimiento de la instalación, expresado en %.
- El consumo anual de energía en el edificio, expresado en kWh, se calcula multiplicando el volumen de gasóleo consumido, expresado en litros (l), por el poder calorífico inferior del gasóleo que es 9,98 kWh/l.
- El rendimiento de la instalación se obtiene, expresado en %, restando a 100% las pérdidas que se producen en la caldera y las pérdidas que se producen en la red de distribución de la instalación.
- El rendimiento de la caldera, y por tanto las pérdidas de la instalación de calefacción que se producen en el generador de calor, es un dato que se obtendría por medición realizada in situ, si se tratase de una auditoría energética general. Para ello se siguen los pasos establecidos en el documento reconocido "Guía técnica sobre procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas" (ATECYR 2007). Generalmente se emplea el método indirecto, utilizando un analizador de humos. En la auditoría energética operativa el dato del rendimiento se obtiene de la última inspección de la caldera realizada por el servicio de mantenimiento. En cualquiera de los casos, tanto si se trata de la última inspección o de la medición realizada en el momento de la realización de los trabajos de campo, se trata de la medición del rendimiento instantáneo de la caldera. El dato a obtener que tendría mayor relevancia es el rendimiento estacional, para lo que sería necesario realizar una monitorización a lo largo de toda la temporada de funcionamiento de la instalación de calefacción, dado que las fórmulas que se pueden utilizar para calcular dicho valor carecen de reconocimiento por su falta de validación. Este dato se obtendría en una auditoría energética de inversión con el coste que conlleva. Por tanto, la fiabilidad del dato del rendimiento instantáneo es la misma tanto si se obtiene por los procedimientos de una auditoría general, como mediante una auditoría energética operativa.

Figura 4.12. Ejemplo del rendimiento instantáneo de una caldera. Fuente: Zubialde, 2012.

- Las pérdidas de energía que se producen por la red de distribución de la instalación de calefacción dependen del aislamiento térmico de las tuberías, de la longitud de dicha red y de la diferencia de temperatura entre el fluido caloportador y el ambiente por donde discurre: los dos primeros son datos que se obtienen durante los trabajos de campo; los dos siguientes datos se estiman para el periodo en el que permanece en funcionamiento la instalación.
- Por último, se comprueba la coincidencia de valores entre el requerimiento de energía para calentamiento que presenta el edificio y el consumo anual de energía que se obtiene de la facturación. En el caso de que no coincidan, se ajusta el valor estimado del número de renovaciones hora hasta lograr dicha coincidencia de valores.

De esta manera se conoce en qué medida depende el consumo de energía calorífica en el edificio entre todos los factores que intervienen.

4.7. PROPUESTAS DE MEJORA

4.7.1. INTRODUCCIÓN

En base a la situación del consumo energético existente en el edificio, el auditor energético identifica las oportunidades de mejora de la eficiencia energética. Existen diversas estrategias para lograr mejorar la eficiencia energética:

- Reducir la demanda energética que presenta en el edificio para que resulte necesario un menor consumo de energía.

- Aumentar el rendimiento de los equipos o sistemas para cubrir la demanda existente con un menor consumo energético.
- Reducir el coste económico asociado al consumo de energía.
- Sustituir las formas de energía empleadas por otras formas de menor impacto ambiental.
- Hacer un uso más racional de los recursos energéticos disponibles.
- Además de identificar las oportunidades de mejora de la eficiencia energética, el auditor energético evalúa el impacto de cada oportunidad de mejora de la eficiencia energética sobre la situación de rendimiento energético actual.

4.7.2. NUMERACIÓN Y TÍTULO

Resulta necesario dotar a cada propuesta de mejora de una numeración y un título para su correcta identificación en las posteriores clasificaciones de las propuestas y resúmenes de las mismas.

La numeración consta de un primer número que indica al epígrafe bajo el que se agrupan las medidas y de un segundo número que expresa el orden correlativo de las propuestas. Ambos números están separados por un punto.

Las propuestas de mejora se han agrupado bajo los siguientes epígrafes, atendiendo al criterio de separación por suministros diferenciados: consumo de agua, consumo de energía eléctrica y consumo de calefacción. Dicho criterio se escoge por resultar más claro de cara al control posterior del ahorro económico que conlleva la implantación de las medidas dado que el gasto económico de cada epígrafe queda reflejado en su correspondiente factura.

Adicionalmente se introduce el epígrafe inicial de la envolvente térmica del edificio por dos motivos. En primer lugar, las propuestas de mejora que se lleven a cabo en la piel del edificio tendrán repercusión en el consumo de calefacción y en el consumo de climatización, en caso de que el edificio contara con dicha instalación. En segundo lugar, las medidas que se tomen sobre la envolvente del edificio requieren la intervención de unos oficios diferentes a las medidas que se puedan adoptar en la instalación de calefacción, cuando no existe la instalación de climatización.

Finalmente se añade bajo un último epígrafe las propuestas de mejora relativas a la incorporación de energías renovables. Estas medidas afectan fundamentalmente al consumo de energía eléctrica y al consumo de calefacción y se podrían incorporar a dichos epígrafes. No obstante, se opta por separarlas debido a que se trata de medidas que, más que intervenir sobre un edificio existente con sus sistemas existentes, se

plantean la introducción de unos sistemas nuevos con una filosofía diferenciada del resto de medidas. No pretenden reducir la demanda del edificio, ni aumentar el rendimiento de los sistemas. No reducen el consumo energético. Sin embargo, sí reducen las emisiones de CO₂ asociadas a los consumos energéticos dado que producen la energía mediante fuentes renovables en lugar de utilizar el suministro de energía que recibe el edificio proveniente de fuentes no renovables.

El título incluye una sucinta descripción de la medida de mejora propuesta. Su finalidad no consiste en realizar una descripción completa de la medida agotando su contenido hasta el último detalle sino, más bien, en servir de recordatorio del contenido de la misma cuando se mencione más allá de la nula información que aporta el código numérico.

4.7.3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Se trata de desarrollar con mayor profundidad la descripción de la propuesta de mejora que se plantea y de explicar técnicamente los principios básicos de dicha propuesta.

Presenta un doble objetivo. Por un lado servir a las personas que se puedan encargar en el futuro de implementar la medida propuesta para que comprendan correctamente lo que se plantea. Por otro lado pretende servir de explicación a las distintas personas del centro educativo encargadas de valorar la auditoría y decidir sobre la implantación de las medidas que recoge.

Por tanto, el nivel técnico, el lenguaje empleado y la longitud del texto deben adecuarse a los destinatarios y a los objetivos buscados. No se trata de elaborar un manual técnico completo que desarrolle la teoría en la que se asienta la medida. Tampoco puede incorporar conceptos complejos sin mayor explicación. Más bien se trata de explicar con un lenguaje sencillo los fundamentos sobre los que se asienta la medida y describirla con mayor nivel de definición que el sucinto título que la precede.

4.7.4. CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Dado que la propuesta de mejora puede afectar a la totalidad del consumo que presenta el edificio o a una parte del mismo, resulta necesario calcular el consumo y el coste de dicho consumo para la parte afectada por la medida. Este cálculo se realiza en función de los repartos de consumo realizados previamente.

El dato de consumo se refiere al consumo medio. De esta manera se pretende aproximar al valor que pueda presentar dicho consumo en el futuro. El dato del coste se refiere al coste del año más reciente. Se

busca así conocer el dato más reciente del coste que el consumo medio supondría en el momento de realizar la auditoría.

4.7.5. CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Se calcula la reducción del consumo y del ahorro económico que supone la implantación de la propuesta.

Para las propuestas de mejora relativas a la envolvente del edificio, se estudia cómo afecta la modificación de la transmitancia térmica de cada componente de la envolvente analizada o la disminución de las infiltraciones al cómputo total de la demanda energética del edificio. Se calcula el consumo de energía que tendrá el edificio modificando el parámetro afectado por la medida. Se resta del valor de consumo real del edificio en la situación actual.

Para las propuestas de mejora relativas al consumo de agua se utilizan diversas estrategias.

Las medidas relativas a la sustitución de los equipos consumidores de agua por otros con tecnologías más eficientes, se calcula el consumo relativo al equipo sustituido en la nueva situación y se resta del consumo anterior del equipo.

En la medida relativa a la mejora de los hábitos de consumo, se estima razonable alcanzar el consumo medio en los edificios de características similares. La reducción del consumo es, por tanto, la diferencia entre el consumo actual y el consumo medio.

En la medida relativa al control de fugas la reducción del consumo considerada es la diferencia entre el consumo realizado el año en el que se han presentado las fugas y el consumo del año medio descontando dichas fugas.

En cuanto a la medida relativa a la recuperación del agua de lluvia, la reducción del consumo es la totalidad del agua de lluvia recuperada. Se calcula teniendo en cuenta la superficie de cubierta en la que se realiza la recogida del agua, el índice de pluviometría anual de la localidad y el factor de ajuste entre el agua que cae y el agua que se recoge que varía en función de la solución constructiva de la cubierta. En este caso al ahorro económico que supone hay que restarle el nuevo gasto de mantenimiento y de consumo de electricidad para el bombeo de las aguas recuperadas que conlleva el funcionamiento de la medida implantada.

Para las propuestas de mejora relativas al consumo de electricidad se utilizan diversas estrategias.

Las medidas relativas a la sustitución de los equipos consumidores de electricidad por otros con tecnologías más eficientes, se calcula el consumo relativo al equipo sustituido en la nueva situación y se resta del consumo anterior del equipo.

Las medidas relativas a la disminución del horario de funcionamiento de equipos consumidores de electricidad la reducción del consumo se calcula multiplicando su potencia instalada por el nuevo horario y restando del consumo anterior.

En la medida relativa a la mejora de los hábitos de consumo, se estima razonable una reducción del consumo medio en el centro educativo en un 5%.

En las medidas relativas a la contratación del suministro eléctrico, el cálculo del ahorro económico se realiza comparando las tarifas actuales de diversas compañías.

Para las propuestas de mejora relativas al consumo de gasóleo para calefacción se utilizan diversas estrategias.

Las medidas relativas al aumento del rendimiento del sistema, se calcula el consumo con los nuevos rendimientos alcanzados y se resta del consumo original.

En las medidas relativas a mejorar la regulación del sistema, se estima que la reducción del consumo que se podría obtener con la instalación de válvulas termostáticas en los radiadores es del 9%. Este valor se obtiene de dividir el valor del ahorro que publicitan los fabricantes del 30% entre 3, ya que el horario de funcionamiento de la instalación es de 8 horas, un tercio del día. Se estima que la reducción del consumo que se podría obtener con la instalación de una centralita de regulación con mejores prestaciones es del 5%. Esta estimación es arbitraria dado que depende del manejo que haga de los nuevos equipos de regulación el personal encargado del mismo.

En la medida relativa a la mejora de los hábitos de consumo, se estima razonable una reducción del consumo medio en el centro educativo en un 4%.

En la medida relativa a la contratación del suministro de combustible, se estima razonable una reducción del coste del suministro en un 10% al aumentar el volumen de compra al realizar una gestión centralizada de todos los centros docentes dependientes de la misma entidad.

Para las propuestas de mejora relativas a la implantación de energías renovables, la reducción del consumo se obtiene calculando el aporte de energía de la nueva instalación. Al ahorro económico que supone la nueva producción de energía hay que restarle el nuevo gasto de mantenimiento y de consumo que conlleva el funcionamiento de la medida implantada.

4.7.6. CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA PROPUESTA

Establecer un protocolo vinculante de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es el objetivo fundamental del Convenio Marco sobre el Cambio Climático celebrado en Kyoto en 1.997. Los gases que contribuyen al cambio climático son CO_2 , CH_4 , N_2O y gases fluorados. Las emisiones totales incluyen las correspondientes a cada uno de dichos gases ponderadas en función de sus potenciales de calentamiento atmosférico y expresadas como emisiones de CO_2 equivalente.

Figura 4.13. Emisiones Mundiales de Gases de Efecto Invernadero por Sector. Fuente: World Resources Institute, 2005.

Como puede observarse en la figura 4.13, en el sector de la edificación el gas de efecto invernadero que se produce es el CO_2 . Por tanto se usa como indicador ambiental y se calcula la reducción de emisiones de CO_2 que supone la implantación de la propuesta de mejora, utilizando los factores de paso citados anteriormente.

Dicho indicador ambiental constituye un instrumento útil para el análisis, ayudando a describir fenómenos complejos y sintetizando una gran cantidad de datos que, de otro modo, sería muy difícil ofrecer. También cumple la función de prestar apoyo a la toma de decisiones en cuanto al beneficio ambiental que supone la implantación de las medidas estudiadas.

4.7.7. INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Se calcula la inversión económica a nivel de proyecto básico.

No se utilizan los indicadores de precio por metro cuadrado que se puedan manejar para definir la inversión económica a nivel de anteproyecto. Se considera poco preciso.

Tampoco se desarrolla el proyecto de ejecución con los cálculos de todos los equipos y mediciones de todas las partidas a implantar. Se pospone la realización de dicho trabajo para el momento en el que se decida llevar a cabo la medida propuesta, en el caso de que así suceda. Si se optara por desarrollarse durante la auditoría energética, se estaría incrementando injustificadamente el coste de la auditoría.

Se estudia el coste económico de la propuesta para el edificio en concreto a nivel de proyecto básico. Se realiza el predimensionado de los equipos y las mediciones de las partidas más significativas. Se utilizan los precios de bases de datos de la construcción actualizadas y de los fabricantes de aquellos equipos más importantes cuyos datos no figuren en la base de datos. Finalmente se añaden los gastos generales y los beneficios industriales de la empresa constructora y el IVA a pagar por el centro docente.

4.7.8. PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El indicador que se propone para analizar la rentabilidad de las medidas propuestas es el periodo de retorno simple de la inversión. También se conoce como periodo de amortización bruta o pay-back simple.

El periodo de retorno simple de la inversión esperado se expresa en años. Es el cociente que resulta de dividir el coste de la inversión económica en euros entre el ahorro económico que supone la implantación de la propuesta medido en euros al año.

Este dato resulta relevante para valorar el tiempo que tiene que transcurrir para que el ahorro económico que se obtiene tras la implantación de la propuesta de mejora logre igualar a la inversión realizada.

A continuación se exponen otros indicadores que sirven para analizar la rentabilidad de las medidas propuestas que se descartan.

Rendimiento bruto de la inversión. Se define como la relación porcentual del beneficio obtenido a lo largo de la vida del equipo con respecto a la inversión inicial. Se expresa en %. Se calcula dividiendo la resta de la inversión menos el ahorro total neto entre la inversión. El ahorro total neto es la suma de todos los ahorros a lo largo de toda la vida útil del equipo.

Rendimiento bruto anual. Es el cociente entre el rendimiento bruto de la inversión y la vida útil. Se expresa en % anual. Al igual que el anterior, se trata de un índice de rendimiento indirecto que relaciona la inversión con el beneficio a lo largo de la vida útil.

Tasa de Retorno de la Inversión. Tiene en cuenta la vida estimada del equipo implantado en cuanto a su depreciación. Es la relación entre la diferencia del ahorro neto menos la depreciación entre la inversión a realizar. La depreciación anual del equipo a lo largo de la vida estimada, si suponemos una depreciación lineal, sería igual al coste de la inversión dividido entre el número de años de vida estimada para el equipo. Este indicador sirve para comparar las medidas de mejora de la eficiencia energética con otras inversiones que se pueden realizar por parte de la organización fuera del ámbito energético.

Relación beneficio coste. Es el cociente del valor actual del ahorro entre la inversión. El valor actual del ahorro es el valor del ahorro anual multiplicado por el factor de actualización para obtener el valor actual del ahorro que se va a ir obteniendo a lo largo de los años de vida estimada del equipo. Depende del interés de actualización que se considere y de la vida útil de la medida de mejora.

Coste marginal de la propuesta de mejora. Muestra la relación entre la inversión económica de la propuesta de mejora y la reducción del consumo anual por superficie que se obtendría tras la implantación de la medida. Es un indicador que resulta interesante para comparar la rentabilidad de la propuesta de mejora con otros edificios de diferente superficie. La auditoría energética operativa pretende ser una herramienta que facilite el proceso de toma de decisiones acerca de la conveniencia o no de implantar las distintas medidas estudiadas para un edificio concreto. Por eso, la comparación con otros edificios de la distinta rentabilidad de cada medida resulta menos relevante. Desde el enfoque del presente estudio, cobra mayor interés cuando la reducción del consumo de energía se cuantifica en ahorro económico.

En cualquier caso se escoge el indicador del periodo de retorno simple de la inversión ya que, desde el punto de vista de los responsables de la toma de decisiones, se trata de un indicador cuyo valor resulta fácilmente comprensible para valorar la rentabilidad económica. Aunque cada organización puede tener sus criterios para medir la rentabilidad y establecer sus prioridades.

4.7.9. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA

Se muestra la evolución económica de la propuesta de mejora mediante una gráfica. Una recta indica el coste actual asociado a la medida en el caso de que no se llevara a cabo. Otra recta muestra el coste con la medida adoptada. Incluye tanto el coste inicial de su implantación como

el coste del consumo asociado a dicha medida. Ambas rectas se trazan durante un periodo de diez años.

Finalmente se ofrece el dato del ahorro económico esperado tras diez años desde que se implante la propuesta de mejora. Dicho ahorro tiene en cuenta la inversión inicial a realizar para implantar la medida y el ahorro anual que se obtiene. Cuando la cifra de ahorro se expresa mediante un número negativo, significa que al cabo de diez años no se produce tal ahorro. En dicho caso, el número indica la cantidad de dinero invertida que todavía está pendiente de amortizar.

4.7.10. CONCLUSIONES

Tras la presentación detallada y resumida de las propuestas de mejora, el auditor saca las conclusiones del estudio realizado. Ofrece su opinión sobre la conveniencia de implementar o no cada una de las medidas. Aconseja sobre el momento oportuno de hacerlo o de no hacerlo hasta que cambien las condiciones y otro estudio lo aconseje. Recomienda aquellos aspectos a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo las propuestas.

De las conclusiones se desprende un programa de implementación propuesto. No obstante, debe quedar claro que la auditoría energética no obliga a implementar ninguna medida, ni a realizar ninguna inversión. Quizá éste puede ser un temor de las organizaciones cuando piensan si encargar este tipo de estudios: la pérdida de su autonomía en cuanto a las decisiones. Debe quedar claro que la dirección del centro docente es quien toma las decisiones de llevar a cabo las propuestas de mejora que seleccione en el momento que considere oportuno. La auditoría energética no deja de ser un asesoramiento técnico para poder tomar dichas decisiones con mayor criterio y mayor acierto.

4.8. INFORME

4.8.1. GENERALIDADES

Durante la realización del informe de los resultados de la auditoría energética el auditor debe:

- Garantizar que se hayan alcanzado los requisitos acordados con la organización en relación con la auditoría energética.
- Comprobar la calidad del informe antes de presentarlo a la organización.
- Resumir las mediciones relevantes realizadas durante la auditoría energética, comentando la coherencia y calidad de los datos, el motivo de las mediciones y cómo éstas han contribuido al análisis

y las dificultades halladas durante la recopilación de los datos y el trabajo de campo.

- Indicar si los resultados del análisis se basan en cálculos, simulaciones o estimaciones.
- Resumir los análisis detallando las posibles suposiciones.
- Indicar los límites de precisión de las estimaciones de ahorro económico y coste.
- Indicar las oportunidades de mejora de la eficiencia energética por orden.

4.8.2. CONTENIDO DEL INFORME

El contenido del informe debe ser adecuado al alcance, objetivo y precisión de la auditoría energética.

El informe de la auditoría energética se realiza con los siguientes contenidos:

a) Antecedentes:

- Información general acerca de la organización auditada, del auditor energético y de la metodología de la auditoría.
- Contexto de la auditoría energética.
- Descripción del objeto u objetos auditados.
- Normas y reglamentaciones relevantes.

b) Auditoría energética:

- Descripción, alcance, objetivo y precisión de la auditoría energética, su plazo y sus límites.
- Información acerca de la recopilación de los datos:
 - o Situación actual de la instalación de contadores.
 - o Indicaciones acerca de los datos utilizados y de cuáles de ellos se han obtenido mediante medición y cuáles son estimados.
 - o Copia de los datos clave utilizados.
- Análisis del consumo energético.

- Criterios según los cuales se ha establecido la clasificación ordenada de las medidas de mejora de la eficiencia energética.

c) Las oportunidades de mejora de la eficiencia energética:

- Acciones propuestas, recomendaciones, plan y programa de implementación.
- Suposiciones utilizadas para el cálculo del ahorro económico y la consiguiente precisión de las recomendaciones.
- Información acerca de las ayudas y subvenciones aplicables.
- Análisis económico adecuado.
- Métodos de medición y de verificación que se utilizarán para la evaluar las oportunidades recomendadas tras su implementación.

d) Resumen ejecutivo:

- Clasificación ordenada de las oportunidades de mejora de la eficiencia energética.

e) Conclusiones:

- Programa de implementación propuesto.

4.9. REUNIÓN FINAL

En la reunión final, el auditor energético:

- Entrega el informe de la auditoría energética.
- Presenta los resultados de la auditoría energética de un modo que facilite la toma de decisiones por parte de la organización.
- Explica los resultados y todas aquellas cuestiones que el informe pueda suscitar.
- Plantea la necesidad de un posible seguimiento y llega a una conclusión consensuada.

CAPÍTULO 5. ESTUDIO DE CASOS

“¿Para qué quiere la gente el agua? Se están utilizando 757 litros de agua por persona y día; de los cuales mucha gente consume 4 litros para sus procesos vitales y 753 litros para remojarse, para sus artilugios y para actuar como un sistema líquido de un sistema de transporte de motas de suciedad hacia el mar.”

(Buckminster Fuller, 1963)

En este capítulo se describen los criterios que se han adoptado para la elección de los casos de estudio.

Posteriormente se presenta el informe resultante de aplicar la metodología descrita de la auditoría energética operativa a tres casos concretos: Centro de educación infantil La Inmaculada, Centro de educación primaria Regina Assumpta y Centro de educación primaria y secundaria Calasanz.

De esta manera, tras descripción y fundamentación teóricas de la metodología desarrollada en los capítulos anteriores, se muestran tres concreciones prácticas que sirven de ejemplo de aplicación del modelo de auditoría propuesto. La finalidad es verificar la aplicabilidad de dicho modelo.

5.1. ELECCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

Con el presente trabajo no se pretende realizar un estudio energético de los centros docentes de la Comunidad de Madrid. Se pretende aplicar la metodología desarrollada a algún caso para que, a modo de ejemplo, quede reflejado con mayor claridad cómo se desarrolla dicha metodología.

Por dicho motivo no resulta preciso desarrollar un número elevado de casos, dado que no se busca comparar los resultados obtenidos en dichos casos para hallar conclusiones del desempeño energético de los centros docentes.

Para verificar la aplicabilidad de la metodología desarrollada en el capítulo anterior, se escogen tres centros docentes diferentes. El motivo de su elección es cubrir, no la totalidad de los casos posibles, sino aquellas características más representativas del parque de centros docentes edificados en la Comunidad de Madrid.

Los centros elegidos son:

- Centro de Educación Infantil La Inmaculada
 - o Año de construcción: 2002
 - o Superficie construida: 870 m²
 - o Número de alumnos: 180
 - o Localidad: Madrid
 - o Zona climática: D3
- Centro de Educación Infantil y Primaria Regina Assumpta
 - o Año de construcción: 1960
 - o Superficie construida: 2.030 m²
 - o Número de alumnos: 200
 - o Localidad: Cercedilla
 - o Zona climática: E1
- Centro de Educación Primaria y Secundaria Calasanz
 - o Año de construcción: 1970
 - o Superficie construida: 6.300 m²
 - o Número de alumnos: 1.000 alumnos
 - o Localidad: Alcalá de Henares
 - o Zona climática: D3

En cuanto al tipo de enseñanza, se cubre los centros de educación infantil que suponen un 42,4% del parque edificado y los centros de educación infantil y primaria que suponen un 24,0% del parque edificado. Los siguientes son los centros de educación primaria y secundaria que suponen un 18,1% del parque edificado. También se estudia su caso. Los centros de educación secundaria que suponen un 13,5% del parque edificado, se entienden comprendidos en el caso anterior dado que sus peculiaridades pueden asimilarse a dicho caso.

Con los tres casos de estudio seleccionados se cubre, por tanto, un 98% de los centros en cuanto al tipo de enseñanza. Quedan únicamente sin estudiar los centros específicos de educación especial que suponen un 2% del parque edificado.

Figura 5.1. Distribución de centros de Régimen General por enseñanza impartida. Curso 2015-2016. Fuente: Consejería de Educación, Juventud y Deporte, 2017.

En cuanto al año de construcción, se cubre los centros docentes construidos con anterioridad a la entrada en vigor de la Norma básica de la edificación Condiciones térmicas de 1979, que suponen un 44% del parque edificado y los centros docentes construidos bajo dicha normativa que suponen el 48% del parque edificado.

Con los tres casos de estudio seleccionados se cubre, por tanto, un 92% de los centros en cuanto al tipo de enseñanza. Quedan únicamente sin estudiar los centros construidos desde que entró en vigor el Código técnico de la edificación de 2006 que suponen un 8% del parque edificado.

Figura 5.2. Distribución de centros educativos por año de construcción. Fuente: INE.

En cuanto a la superficie construida se han elegido centros entre 800 m² y 6.300 m².

En cuanto al número de alumnos se han elegido centros entre 180 y 1.000 alumnos.

En cuanto a las localidades se ha elegido la capital con 3.200.000 habitantes censados en 2011, una localidad grande como Alcalá de Henares con 200.000 habitantes y un pueblo de la sierra como Cercedilla con 7.000 habitantes.

En cuanto a la zona climática, se cubre los centros docentes construidos en la zona climática D3, que suponen un 74% de las localidades de la Comunidad de Madrid y los centros docentes construidos en la zona climática E1, que suponen un 23% de las localidades.

Con los tres casos de estudio seleccionados se cubre, por tanto, un 97% de las zonas climáticas donde se ubican. Quedan únicamente sin estudiar los centros construidos en la zona climática D2 que suponen un 2% de las localidades de la Comunidad de Madrid y la zona climática C3 que suponen un 1% de las localidades.

5.2. CENTRO DE EDUCACIÓN INFANTIL LA INMACULADA

5.2.1. ANTECEDENTES

Edificio de Educación Infantil del Colegio La Inmaculada, propiedad de la Fundación Escolapias Montal, con sede en la Plaza Santa Paula Montal nº 3, 28.044 Madrid.

5.2.1.1. INFORMACIÓN GENERAL

ORGANIZACIÓN AUDITADA

El Centro de educación infantil La Inmaculada es propiedad de la Fundación Escolapias Montal, con sede en la Plaza Santa Paula Montal nº3, 28.044 Madrid.

AUDITOR ENERGÉTICO

Jorge Gallego Sánchez-Torija, arquitecto.

METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA

La auditoría energética consta de las siguientes fases:

- Contacto preliminar.

- Toma de datos inicial (a facilitar por el centro docente).
- Análisis previo de los datos recibidos.
- Visita al centro educativo para la toma de datos in situ y realizar una entrevista con la persona encargada del funcionamiento de las instalaciones.
- Redacción de la Auditoría Energética:
 - o Evaluación y análisis de los datos recogidos.
 - o Proposición de medidas de ahorro y eficiencia energética.
 - o Estudio del coste económico, del ahorro esperado y del periodo de amortización de cada medida por separado.
 - o Resumen y clasificación de las propuestas de mejora.
 - o Conclusiones.
- Reunión final.

5.2.1.2. TOMA DE DATOS

Los datos para elaborar la presente auditoría energética han sido facilitados por la dirección del centro y han sido tomados in situ por el redactor de la auditoría con fecha 13 de mayo de 2015.

5.2.1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

El Centro de educación infantil La Inmaculada fue construido en 2002. Tiene una superficie construida de 870 m². Consta de un único volumen con planta baja más planta primera.

5.2.1.4. UBICACIÓN

El Centro de educación infantil La Inmaculada está ubicado en la Calle Madrigal 4, 28035 Madrid.

Madrid presenta un clima mediterráneo continental. Su régimen de precipitaciones es irregular, con mayor porcentaje de lluvia durante el invierno y la primavera. La temperatura media anual es de 13,7°C. La precipitación es de 450 mm al año. El mes más seco es julio, con 11 mm. El mes más lluvioso es noviembre, con 58 mm.

Figura 5.3. Climograma de Madrid. Fuente: <http://es.climate-data.org>

El mes más caluroso es julio con una temperatura media de 24,0°C. El mes más frío es enero con una temperatura media de 5,0°C. Las temperaturas medias varían durante el año en un 19°C.

meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	43	44	35	45	44	28	11	11	30	51	58	50
°C	5.0	6.4	9.8	12.2	15.8	20.4	24.0	23.2	19.8	14.0	8.9	5.4
°C (min)	1.4	1.9	4.6	6.7	10.0	14.1	17.3	17.0	14.1	9.4	4.9	2.0
°C (max)	8.6	10.9	14.7	17.8	21.6	26.8	30.8	29.5	25.2	18.7	12.9	8.9
°F	41.0	43.5	49.3	54.0	60.4	68.7	75.2	73.8	67.3	57.2	48.0	41.7
°F (min)	34.5	35.4	40.3	44.1	50.0	57.4	63.1	62.6	57.4	48.9	40.8	35.6
°F (max)	47.5	51.8	58.5	64.0	70.9	80.2	87.4	85.1	77.4	65.7	55.2	48.0

Figura 5.4. Tabla climática de Madrid. Fuente: <http://es.climate-data.org>

5.2.1.5. OCUPACIÓN

OCUPACIÓN DEL CENTRO DOCENTE

Número de	Días lectivos	Julio
Alumnos/as	180	45
Profesores/as	8	6
COMEDOR	180	0

Tabla 5.1. Ocupación del centro docente. Fuente: elaboración propia.

Durante los días laborables no lectivos restantes (vacaciones de Navidad, Semana Santa y mes de agosto) y los días de vacaciones el centro docente permanece desocupado.

HORARIOS DEL CENTRO DOCENTE	Lunes-viernes	Sábado- Domingo
Días lectivos del calendario escolar	7.50-17.30	-
Días no lectivos vacaciones verano, mes de julio	8.00-16.00	-
Días no lectivos restantes	-	-

Tabla 5.2. Horarios del centro docente. Fuente: elaboración propia.

HORARIO DE LAS DISTINTAS ÁREAS DEL CENTRO DOCENTE:

- Aulas: 8.00-16.30
- Comedor: 12.45-15.30
- Administración: 8.00-17.30
- Cocina: 8.00-16.00 (desde año 2013)

5.2.2. RESUMEN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

5.2.2.1. COMUNICACIÓN RELATIVA A LA REALIZACIÓN DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA

Actividad/es auditada/s	X Edificios
	☐ Procesos
	☐ Transporte
Ahorro energético estimado (kWh/año)	20.079
Emisiones de CO ₂ evitadas (tCO ₂ e)	11,8
Inversión estimada para acometer las mejoras señaladas en la auditoría (euros)	5.014
Consumo energético (kWh/año)	67.380
Periodo de retorno de la inversión (años)	0,9

Tabla 5.3. Comunicación relativa a la realización de una auditoría energética. Fuente: elaboración propia.

5.2.2.2. CONSUMO ENERGÉTICO

Se han estudiado los datos de consumo del centro docente durante los años 2010 a 2014.

El consumo de gas ha sido de 45.904 kWh/año.

El consumo de electricidad ha sido de 18.436 kWh/año.

El consumo medio de agua ha sido de 1.013 m³.

Si al consumo energético realizado en el proceso de depuración de las aguas residuales, se le añade la energía consumida en el transporte de dichas aguas, en la distribución de agua sanitaria desde la captación hasta el consumo y en su captación, el consumo energético que se realiza es de 3 kWh/m³ (Martín, 2014).

Por tanto el consumo de agua ha supuesto un consumo energético de 3.039 kWh/año.

El consumo energético total del edificio es de 67.380 kWh/año.

5.2.2.3. PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE CALEFACCIÓN

PROPUESTAS DE MEJORA CALEFACCIÓN		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
1.1	Aumentar el aislamiento térmico de los muros	3.388	0,9	19.822	271	73,0
1.2	Sustituir las ventanas	6.397	1,6	53.880	512	105,2
1.3	Aumentar el aislamiento térmico de la cubierta	6.704	1,7	34.400	536	64,2
1.4	Aumentar el aislamiento térmico de los forjados exteriores	-	-	-	-	-
1.5	Disminuir las infiltraciones con burletes y sellado	2.341	0,6	660	188	3,5

1.6	Implantar un plan energético	1.836	0,5	0	147	0,0
1.7	Realizar la compra de combustible centralizada	-	-	-	-	-
1.8	Sustituir la caldera	5.564	1,4	17.250	445	38,8
1.9	Válvulas de regulación termostática	3.672	0,9	927	294	3,2
1.10	Actualizar centralita de regulación	-	-	-	-	-
1.11	Aislar depósitos acumulación ACS	-	-	-	-	-

Tabla 5.4. Propuestas de mejora relativas al consumo de calefacción. Fuente: elaboración propia.

5.2.2.4. PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

PROPUESTAS DE MEJORA ELECTRICIDAD		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
2.1	Implantar un plan eléctrico	1.844	0,6	0	572	0,0
2.2	Instalar una batería de condensadores	-	-	-	-	-
2.3	Ajustar la potencia eléctrica contratada	-	-	-	-	-
2.4	Cambiar de compañía suministradora	922	6,1	0	286	0,0
2.5	Sustituir lámpara fluorescente lineal por led	274	0,1	136	85	1,6
2.6	Sustituir lámparas fluorescentes compactas por led	391	0,1	186	177	1,5

2.7	Sustituir lámparas incandescentes por led	29	0,0	4	9	0,4
2.8	Sustituir lámparas halógenas por led	39	0,0	6	12	0,5
2.9	Sustituir emergencias por emergencias led	583	0,2	740	181	4,1
2.10	Instalar un detector de presencia para apagar la iluminación de la cabina del ascensor	995	0,3	120	309	0,4
2.11	Desconectar arcones y cámaras durante el período no lectivo	-	-	-	-	-
2.12	Cambiar la nevera por otra de bajo consumo energético	1.890	0,6	700	586	1,2
2.13	Instalar regletas con interruptor de apagado en equipos informáticos	101	0,0	56	31	1,8
2.14	Instalar un temporizador digital con reloj diario y semanal en termos	438	0,1	9	136	0,1

Tabla 5.5. Propuestas de mejora relativas al consumo de energía eléctrica. Fuente: elaboración propia.

5.2.2.5. PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE AGUA

PROPUESTAS DE MEJORA AGUA		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
3.1	Ecoauditoría del agua	1.050	0,3	0	543	0,0
3.2.	Evitar consumo anómalo	1.824	0,6	150	940	0,2
3.3.	Contrapeso en inodoros con tanque alto	200	0,1	174	103	1,7

3.4.	Descarga de doble pulsador en inodoros con pulsador sencillo	75	0,0	181	39	4,7
3.5.	Sustitución de grifos no temporizados por grifos temporizados	537	0,2	935	277	3,4
3.6.	Perlizador y eje que cierra el grifo en 6 segundos en grifos temporizados	-	-	-	-	-
3.7.	Perlizador en fregaderos	1.038	0,3	31	388	0,1
3.8.	Recuperar agua de lluvia	822	0,3	42.000	185	227,1

Tabla 5.6. Propuestas de mejora relativas al consumo de agua. Fuente: elaboración propia.

5.2.2.6. ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

Todas las propuestas de mejora estudiadas suponen una o varias de las siguientes ventajas: un ahorro energético, una reducción de las emisiones de CO₂, un ahorro económico. No obstante, tanto la inversión que se necesita para acometerlas, como el periodo de retorno de dicha inversión difieren significativamente entre unas y otras.

En un primer momento, se desaconseja adoptar aquellas medidas cuyo periodo de retorno de la inversión es superior a 10 años. Cuando se implanten las primeras medidas y se empiece a conseguir un ahorro económico, sería el momento en el que se podría decidir invertir aquellos ahorros logrados en medidas con mayor plazo de recuperación de las inversiones.

Las medidas con un periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años se ordenan en base a dos criterios:

- Primer criterio: en función del periodo de retorno simple de la inversión. Se trata del criterio óptimo de implantación de las medidas, puesto que empieza por aquellas que suponen una mayor rentabilidad desde el punto de vista económico.
- Segundo criterio: en función del importe a invertir. Se trata de un criterio que tiene en cuenta la capacidad inversora del centro docente. Se empiezan a implantar las medidas más económicas y, con el ahorro obtenido, se pueden acometer las siguientes medidas.

En función del criterio que adopte la dirección del centro se podrán implementar las medidas propuestas en el orden que se estime oportuno.

Cabe tener en cuenta que los criterios expuestos no tienen en cuenta en su orden la reducción de emisiones de CO₂. Si el centro tuviera como

criterio principal para la implantación de las medidas la reducción de dichas emisiones, habría que poner en marcha las medidas en un orden diferente.

A continuación, se muestran en la tabla 5.7 las medidas que se aconseja adoptar debido a que tienen un periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años.

PROPUESTAS DE MEJORA CON PERIODO DE RETORNO INFERIOR A 10 AÑOS		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
1.5	Disminuir las infiltraciones con burletes y sellado	2.341	0,6	660	188	3,5
1.6	Implantar un plan energético	1.836	0,5	0	147	0,0
1.9	Válvulas de regulación termostática	3.672	0,9	927	294	3,2
2.1	Implantar un plan eléctrico	1.844	0,6	0	572	0,0
2.4	Cambiar de compañía suministradora	922	6,1	0	286	0,0
2.5	Sustituir lámparas fluorescentes lineales por led	274	0,1	136	85	1,6
2.6	Sustituir lámparas fluorescentes compactas por led	391	0,1	186	177	1,5
2.7	Sustituir lámparas incandescentes por led	29	0,0	4	9	0,4
2.8	Sustituir lámparas halógenas por led	39	0,0	6	12	0,5
2.9	Sustituir emergencias por emergencias led	583	0,2	740	181	4,1

2.10	Instalar un detector de presencia para apagar la iluminación de la cabina del ascensor	995	0,3	120	309	0,4
2.12	Cambiar la nevera por otra de bajo consumo energético	1.890	0,6	700	586	1,2
2.13	Instalar regletas con interruptor de apagado en equipos informáticos	101	0,0	56	31	1,8
2.14	Instalar un temporizador digital con reloj diario y semanal en termos	438	0,1	9	136	0,1
3.1	Ecoauditoría del agua	1.050	0,3	0	543	0,0
3.2.	Evitar consumos anómalos	1.824	0,6	150	940	0,2
3.3.	Contrapeso en inodoros con tanque alto	200	0,1	174	103	1,7
3.4.	Descarga de doble pulsador en inodoros con pulsador sencillo	75	0,0	181	39	4,7
3.5.	Sustitución de grifos no temporizados por grifos temporizados	537	0,2	935	277	3,4
3.7.	Perlizador en fregaderos	1.038	0,3	31	388	0,1
	TOTAL	20.079	11,8	5.014	5.302	0,9

Tabla 5.7. Medidas que se aconseja adoptar. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran en la tabla 5.8 las medidas con periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años ordenadas en función del periodo de retorno de la inversión. Si se prioriza el criterio mencionado, sería el orden de implantación de las propuestas de mejora. Dado que el criterio más favorable para la entidad auditada se considera el de menor retorno simple de la inversión, únicamente se muestra el orden de las medidas en función de dicho criterio. Aunque, como se ha dicho anteriormente, en función del criterio que adopte la dirección del centro se podrán implementar las medidas propuestas en el orden que se estime oportuno.

PROPUESTAS DE MEJORA CON PERIODO DE RETORNO INFERIOR A 10 AÑOS		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
2.1	Implantar un plan eléctrico	1.844	0,6	0	572	0,0
3.1	Ecoauditoría del agua	1.050	0,3	0	543	0,0
2.4	Cambiar de compañía suministradora	922	6,1	0	286	0,0
1.6	Implantar un plan energético	1.836	0,5	0	147	0,0
3.7	Perlizador en fregaderos	1.038	0,3	31	388	0,1
2.14	Instalar un temporizador digital con reloj diario y semanal en termos	438	0,1	9	136	0,1
3.2	Evitar consumos anómalos	1.824	0,6	150	940	0,2
2.10	Instalar un detector de presencia para apagar la iluminación de la cabina del ascensor	995	0,3	120	309	0,4
2.7	Sustituir lámparas incandescentes por led	29	0,0	4	9	0,4
2.8	Sustituir lámparas halógenas por led	39	0,0	6	12	0,5
2.12	Cambiar la nevera por otra de bajo consumo energético	1.890	0,6	700	586	1,2
2.6	Sustituir lámparas fluorescentes compactas por led	391	0,1	186	177	1,5
2.5	Sustituir lámparas fluorescentes lineales por led	274	0,1	136	85	1,6
3.3	Contrapeso en inodoros con tanque alto	200	0,1	174	103	1,7

2.13	Instalar regletas con interruptor de apagado en equipos informáticos	101	0,0	56	31	1,8
1.9	Válvulas de regulación termostática	3.672	0,9	927	294	3,2
3.5	Sustitución de grifos no temporizados por grifos temporizados	537	0,2	935	277	3,4
1.5	Disminuir las infiltraciones con burletes y sellado	2.341	0,6	660	188	3,5
2.9	Sustituir emergencias por emergencias led	583	0,2	740	181	4,1
3.4	Descarga de doble pulsador en inodoros con pulsador sencillo	75	0,0	181	39	4,7

Tabla 5.8. Medidas con periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años ordenadas en función del periodo de retorno de la inversión. Fuente: elaboración propia.

Figura 5.5. Propuestas de mejora con periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años ordenadas en función del periodo de retorno de la inversión. En el eje de las abscisas se refleja la inversión necesaria acumulada y en el eje de las ordenadas el ahorro que se obtiene con dicha inversión acumulado para cada medida. Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. CONSUMO DE CALEFACCIÓN

5.2.3.1. ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO

El edificio del Centro de educación infantil La Inmaculada se construyó en 2002.

La normativa vigente en cuanto al ahorro de energía en edificación es del año 2013. Los edificios construidos con anterioridad a dicha fecha presentan unas pérdidas de energía a través de su envolvente térmica susceptibles de mejora. Por eso resulta pertinente realizar un estudio técnico económico de lo que supone mejorar los cerramientos del edificio desde el punto de vista térmico.

En la actualidad, la normativa que trata de esta materia es la Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

Dicha normativa exige limitar la demanda energética cuando se realice una obra de reforma, entendiendo por tal cualquier trabajo u obra en un edificio existente distinto del que se lleve a cabo para el exclusivo mantenimiento del edificio.

Es previsible que, al igual que sucede con la Inspección Técnica de los Edificios que obliga a realizar obras, en un futuro la normativa obligue a los edificios existentes a cumplir con un determinado nivel de aislamiento en aras a reducir el consumo energético.

5.2.3.2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

La instalación de calefacción está formada por los siguientes sistemas:

Sistema de producción de calor: Una caldera estándar marca Roca, modelo G100, potencia nominal: 126 kW, instalada en 2002. Rendimiento nominal: 92%.

Combustible: gas proveniente de la red urbana.

Chimenea de evacuación de humos con aparente buen estado exterior.

Sistema de distribución de calor: La caldera alimenta a un circuito para la calefacción, movido por una bomba de circulación.

Las tuberías son de acero y están aisladas en la sala de calderas. Los circuitos de distribución discurren empotrados.

Sistema de emisión de calor: Paneles de acero con válvula de regulación manual o termostática.

Sistema de regulación: Puesta en marcha y paro de la instalación mediante programador horario operado por el personal de mantenimiento.

5.2.3.3. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN

El centro únicamente ha facilitado las facturas relativas al consumo de gas del año 2014.

Los datos de consumo de gas en el edificio se pueden observar se pueden observar en la figura 5.6 y en la tabla 5.9:

Figura 5.6. Gráfico de consumo de gas en 2014. Fuente: elaboración propia.

ENERGÍA CONSUMIDA 2014 (kWh)	
Enero	8.323
Febrero	7.394
Marzo	6.486
Abril	4.332
Mayo	3.039
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Septiembre	0

Octubre	1.928
Noviembre	6.078
Diciembre	8.323
TOTAL	45.904

Tabla 5.9. Consumo de gas en 2014. Fuente: elaboración propia.

Para poder comparar los datos de consumo de gas con otros edificios de similares características se han los indicadores del consumo anual de gas por superficie, del consumo anual de gas por usuario y del índice energético normalizado que mide el consumo anual de por unidad de superficie y que se normaliza en función de los datos climáticos de la localidad para que se puedan comparar entre distintas localidades.

CONSUMO ANUAL GAS POR SUPERFICIE (kWh/m ²)	52,8
CONSUMO ANUAL GAS POR USUARIO (kWh/usuario)	244
INDICE ENERGÉTICO NORMALIZADO (kWh/m ²)	41,0

Tabla 5.10. Indicadores del consumo anual de gas por superficie, del consumo anual de gas por usuario y del índice energético normalizado para 2014. Fuente: elaboración propia.

Según el Manual de eficiencia energética en centros docentes (Alonso, 2013), el valor de referencia para el índice energético normalizado de los centros docentes estudiados es de 65,0 kWh/m², mientras que el valor de buenas prácticas es de 43,2 kWh/m².

El centro docente tiene un índice energético normalizado un 5% por debajo del valor de buenas prácticas, por lo que se encuentra ligeramente mejor que los centros que presentan un buen comportamiento.

A continuación se cuantifican los indicadores de las emisiones anuales de CO₂ y de las emisiones anuales por usuario de CO₂ asociadas al consumo de gas. La obtención de dichos valores se ha realizado utilizando los factores de emisión de CO₂ establecidos de manera oficial (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Ministerio de Fomento, 2016): 0,252 kg CO₂ /kWh E. final para gas natural.

EMISIONES ANUALES CO ₂ (t)	11,6
EMISIONES ANUALES CO ₂ POR USUARIO (kg/usuario)	62

Tabla 5.11. Indicadores de las emisiones anuales de CO₂ y de las emisiones anuales por usuario de CO₂ asociadas al consumo de gas durante 2014. Fuente: elaboración propia.

Se reflejan los indicadores de la factura anual del consumo de gas, factura anual del consumo de gas por usuario y precio del gas por volumen consumido.

FACTURA ANUAL GAS (€)	3.884
FACTURA ANUAL GAS POR USUARIO (€/usuario)	20,7
PRECIO GAS POR VOLUMEN CONSUMIDO (€/kWh)	0,08

Tabla 5.12. Indicadores de la factura anual del consumo de gas, factura anual del consumo de gas por usuario y precio del gas por volumen consumido durante 2014. Fuente: elaboración propia.

Por último se establece un reparto de la energía final empelada en el calentamiento del edificio.

A continuación se muestran los datos de partida:

- Transmitancia térmica de los muros: $0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Superficie de muros: 394 m^2
- Transmitancia térmica de los huecos: $4,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Superficie de huecos: 180 m^2
- Transmitancia térmica de la cubierta: $0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Superficie de la cubierta: 688 m^2
- Grados hora de calefacción: $14.330 \text{ }^\circ\text{C}$
- Volumen del edificio: 2.436 m^3
- Tasa de ventilación: 1,24 renovaciones por hora
- Rendimiento de la instalación: 87%

Con estos datos, se obtienen los siguientes valores:

	Elemento	Cargas por transmisión (kWh)	Porcentaje respecto del total de cargas (%)
Envolvente	Muros	4.856	12%
	Huecos	10.601	27%
	Cubierta	8.873	22%
Total cargas por transmisión (kWh)		24.330	61%
Cargas por ventilación (kWh)		15.607	39%
Total energía entregada (kWh)		39.937	100%
Rendimiento (%)		87%	

Energía consumida (kWh)	45.905
-------------------------	--------

Tabla 5.13. Reparto de la energía final empelada en el calentamiento del edificio. Fuente: elaboración propia.

5.2.3.4. MEJORAS EN LA ENVOLVENTE

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.1.

Aumentar el aislamiento térmico de los muros.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El inmueble consta un edificio. El coeficiente de transmisión de calor de los muros es de $0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La normativa actual es más restrictiva en esta materia. Para alcanzar los valores de consumo energético del edificio que exige en el caso de que se reforme, haría falta llegar a $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La solución que más ventajas presenta es la aplicación del aislamiento térmico por el exterior ya que aprovecha mejor la inercia térmica del muro y permite realizar las obras sin interrumpir la actividad interior del centro.

Consiste en adherir placas de poliestireno expandido con mortero y ancladas mecánicamente con fijaciones de percusión para posteriormente revestirlas mediante mortero armado con fibra de vidrio.

Para alcanzar el valor exigido sería necesario un espesor de aislamiento de 10 cm.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas de transmisión de los muros es de 4.856 kWh al año.

El coste de dicho consumo de gas de calefacción a precios de 2014 es de $4.856 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 388 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al aumentar el aislamiento térmico de los muros desde sus valores actuales hasta que alcancen un coeficiente de transmisión térmica de $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$, se dejarían de consumir 3.388 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2014 de $3.388 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 271 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $3.388 \text{ kWh} \times 0,252 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,9 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Aumentar el aislamiento térmico del muro supondría una inversión de $394 \text{ m}^2 \times 50,31 \text{ €/m}^2 = 19.822 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $19.822 / 271 = 73,0$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.7. Análisis económico de la medida 1.1. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -17.108 €. (Cuando la cifra de ahorro se expresa mediante un número negativo, significa que no se produce tal ahorro. El número indica la cantidad de dinero invertida que todavía está pendiente de amortizar).

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.2.

Sustituir las ventanas antiguas por ventanas de altas prestaciones térmicas.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El coeficiente de transmisión de calor de las carpinterías tiene un valor de $4,11 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La normativa actual es más restrictiva en esta materia. Para alcanzar los valores de consumo energético del edificio que exige en el caso de que se reforme, haría falta llegar a valores cercanos a $1,63 \text{ W/m}^2\text{K}$.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas de transmisión de las carpinterías es de 10.601 kWh al año.

El coste de dicho consumo de gas de calefacción a precios de 2014 es de $10.601 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 848 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al aumentar el aislamiento térmico de las carpinterías antiguas desde sus valores actuales hasta que alcancen un coeficiente de transmisión térmica de $1,63 \text{ W/m}^2\text{K}$, se dejarían de consumir 6.397 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2.014 de $6.397 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 512 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $6.397 \text{ kWh} \times 0,252 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 1,6 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Sustituir las carpinterías supondría una inversión de $180 \text{ m}^2 \times 300 \text{ €/m}^2 = 53.880 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $53.880 / 512 = 105,2$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.8. Análisis económico de la medida 1.2. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -48.760 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.3.

Aumentar el aislamiento térmico de la cubierta.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El coeficiente de transmisión de calor de la cubierta tiene un valor de $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La normativa actual es más restrictiva en esta materia. Para alcanzar los valores de consumo energético del edificio que exige en el caso de que se reforme, haría falta llegar a $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La solución más económica consiste en realizar un trasdosado de placa de yeso con aislamiento por debajo del techo existente.

Para alcanzar los valores exigidos serían necesarios espesores de aislamiento de 12 cm.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas de transmisión de la cubierta es de 8.873 kWh al año.

El coste del consumo de gas de calefacción a precios de 2014 es de $8.873 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 710 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al aumentar el aislamiento térmico de las cubiertas desde sus valores actuales hasta que alcancen un coeficiente de transmisión térmica de $0,22 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, se dejarían de consumir 6.704 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2014 de $6.704 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 536 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $6.704 \text{ kWh} \times 0,252 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 1,7 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Aumentar el aislamiento térmico de la cubierta supondría una inversión de $688 \text{ m}^2 \times 50 \text{ €/m}^2 = 34.400 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $34.400 / 536 = 64,2$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.9. Análisis económico de la medida 1.3. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -20.042 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.4.

Aumentar el aislamiento térmico de los forjados exteriores.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Dado que el edificio no cuenta con forjados exteriores, no procede estudiar la presente medida.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.5.

Disminuir las infiltraciones colocando burletes en las ventanas y sellando las juntas y capialzados.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Una forma de perder calor de los edificios es a través de las infiltraciones no deseadas que se producen a través de las rendijas que dejan las ventanas tanto en sus juntas como en las hojas.

Para evitarlo se pueden colocar burletes que aseguren una mayor estanqueidad y sellar las juntas de las ventanas que se encuentren en mal estado así como los cajones donde se alojan las persianas llamados capialzados.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas de ventilación es de 15.607 kWh al año.

El coste del consumo de gas de calefacción a precios de 2014 es de $15.607 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 1.249 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al disminuir las infiltraciones colocando burletes en las ventanas y sellando las juntas y capialzados, se dejarían de consumir 2.341 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2014 de $2.341 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 188 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $2.341 \text{ kWh} \times 0,252 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,6 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El coste de los burletes y de la silicona para el sellado de todas las ventanas asciende a 330 €. La durabilidad de este material es de 5 años, por lo que pasado dicho período de tiempo habría que volver a colocarlo.

El servicio de mantenimiento se podría encargar de su aplicación, por lo que el coste de instalación sería gratuito.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $188 / 660 = 3,5$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.10. Análisis económico de la medida 1.5. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 1.216 €.

5.2.3.5. HÁBITOS DE CONSUMO

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.6.

Implantar un “Plan energético en el centro escolar”.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para calentar el edificio depende, entre otros factores, del uso tanto de la envolvente como del sistema de calefacción que realizan los usuarios del centro docente y la persona encargada de operar la instalación.

Por muchas medidas de eficiencia que se implanten en la instalación, un uso inadecuado o despilfarrador de los recursos disponibles, en este caso la calefacción, puede suponer un impacto reducido de las medidas adoptadas. Por ello se propone como medida para el uso racional de la calefacción implantar un Plan energético en el centro escolar.

La finalidad del Plan energético consiste en:

- Obtener la información necesaria para abordar una apropiada planificación de la gestión integral de la calefacción.
- Estimular el hábito de la participación en los procesos de toma de decisiones (¿cómo vamos a utilizar la calefacción?).
- Concienciar a la comunidad educativa de la importancia del medio ambiente en el día a día de la vida escolar, familiar y social (el consumo de calefacción afecta al medio ambiente).

El Plan energético en el centro escolar se convierte en un instrumento que permite realizar un proceso de evaluación de la práctica educativa y ambiental, que conducirá a la mejora de los procesos de aprendizaje y de la calidad ambiental tanto del centro como de su entorno, en este caso en relación con el uso eficiente de la calefacción.

El Plan energético se organiza en cinco fases:

- Identificación y definición del problema.
- Establecimiento de un compromiso con el ahorro de calefacción.
- Realización de una auditoría inicial del uso que se hace de la calefacción en el centro, es decir, investigar y analizar el punto del que se parte.
- Elaboración, ejecución y seguimiento de un Plan de Acción para el uso eficiente de la calefacción.
- Comunicación y difusión de los resultados obtenidos.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas térmicas en la temporada fría es de 45.904 kWh al año.

El coste del consumo de gas de calefacción a precios de 2014 es de $45.904 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 3.672 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se establece un objetivo no demasiado ambicioso de rebajar el consumo medio en el centro educativo en un 4%, se dejarían de consumir $0,04 \times 45.904 \text{ kWh} = 1.836 \text{ kWh}$ al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del año 2014 de $1.836 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 146,89 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $1.836 \text{ kWh} \times 0,252 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,5 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de un centro educativo, la implantación de esta medida está encuadrada dentro de la actividad propia del centro, por lo que no resulta necesario dedicar ningún recurso económico adicional.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.11. Análisis económico de la medida 1.6. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 1.469 €.

5.2.3.6. CONTRATACIÓN

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.7.

Realizar la compra de combustible de manera centralizada para todos los centros educativos de la Fundación, pidiendo ofertas a distintas compañías y negociando la rebaja del precio por el volumen de la compra.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Debido a que el suministro de combustible para la instalación de calefacción del edificio es de gas natural, no procede la aplicación de la propuesta de mejora.

5.2.3.7. PRODUCCIÓN DE CALOR

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.8.

Sustituir la caldera.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El rendimiento de la caldera nos informa de la cantidad de combustible que utiliza para suministrar la energía térmica que la instalación necesita. Para mantener el rendimiento a lo largo de la vida útil es necesario realizar un correcto mantenimiento.

La caldera existente es una caldera estándar. En la actualidad existen una tecnología cuyo rendimiento es mayor: la caldera de condensación.

Como primera alternativa, se estudia la repercusión económica de la sustitución de la caldera actual por otra de mayor rendimiento.

Como segunda alternativa, se estudia la repercusión económica de la sustitución de la caldera actual por otra de biomasa.

Los sistemas de calefacción alimentados con biomasa son respetuosos con el medioambiente y no generan olores como el gasóleo. Su operación y mantenimiento son sencillos ya que incorporan sistemas de control electrónico para el manejo de la instalación. La limpieza del equipo es automática. La única operación a realizar por el usuario es la retirada de las cenizas. Las cenizas pueden suponer hasta el 1% de la biomasa consumida, lo cual hace de la retirada de las cenizas una tarea poco frecuente.

Estas calderas oponen gran resistencia al desgaste, tienen una larga vida útil y son prácticamente silenciosas debido a que no necesitan un quemador que insufla aire a presión para pulverizar el combustible, como las calderas de gasóleo.

Como inconvenientes cabe destacar la necesidad de espacio para el combustible, como en el caso del gasóleo, y una disponibilidad de suministro de combustible equivalente al gasóleo.

La biomasa contribuye a la conservación del medioambiente, debido a que sus emisiones a la atmósfera son inferiores que las de los combustibles sólidos por su bajo contenido en azufre, nitrógeno y cloro. La mayor ventaja es el balance neutro de CO₂, al cerrar el ciclo de carbono que comenzaron las plantas en su crecimiento. Por tanto, se puede decir que las emisiones de la biomasa no son contaminantes, ya que su composición es básicamente parte del CO₂ captado por la planta origen de la biomasa, y vapor de agua.

La ventaja económica principal de la biomasa sobre el gas radica en el menor coste del combustible y en una mayor estabilidad del precio de éste, al no depender de los precios del petróleo. Esta ventaja tiene que equilibrar y prevalecer frente al mayor coste de inversión inicial.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas térmicas en la temporada fría es de 45.904 kWh al año.

El coste del consumo de gas de calefacción a precios de 2014 es de $45.904 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 3.672 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Una caldera de condensación dejaría de consumir 5.564 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del año 2014 de $5.564 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 445 \text{ €}$.

Para producir la misma cantidad de energía térmica, sería necesario quemar 11.279 kg de biomasa al año. El precio de la biomasa en 2016 está a 0,28 €/kg. El sistema de calefacción alimentado con biomasa supone un coste en combustible de $11.279 \text{ kg} \times 0,28 \text{ €/kg} = 3.158 \text{ €}$.

El ahorro que se obtendría con una caldera de biomasa es de $3.672 - 3.158 = 514 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Una caldera de condensación supondría la reducción de $5.564 \text{ kWh} \times 0,252 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 1,4 \text{ t CO}_2$.

Una caldera de biomasa generaría unas emisiones de $45.904 \text{ kWh} \times 0,018 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,8 \text{ t CO}_2$. La caldera existente genera unas emisiones de $45.904 \text{ kWh} \times 0,252 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 11,5 \text{ t CO}_2$.

Una caldera de biomasa supondría la reducción de $11,5 \text{ t CO}_2 - 0,8 \text{ t CO}_2 = 10,7 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La inversión necesaria se desglosa en las tablas 5.14 y 5.15:

	Coste unitario (€/ud)	unidades	Precio total (€)
Calera de condensación	16.500	1	16.500
Montaje	750	1	750
TOTAL			17.250

Tabla 5.14. Inversión necesaria para la instalación de una caldera de condensación. Fuente: elaboración propia.

	Coste unitario (€/ud)	unidades	Precio total (€)
Calera de biomasa	25.000	1	25.000
Montaje	750	1	750
Accesorios	1.000	1	1.000
Silo 5 m ³	2.000	1	2.000
TOTAL			28.750

Tabla 5.15. Inversión necesaria para la instalación de una caldera de biomasa. Fuente: elaboración propia.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $17.250 / 445 = 38,8$ años para la caldera de condensación.

El periodo de retorno simple de la inversión es de $28.750 / 514 = 55,9$ años para la caldera de biomasa.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.12. Análisis económico de la medida 1.8. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -12.799 € para la caldera de condensación.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -23.609 € para la caldera de condensación.

5.2.3.8. EMISORES

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.9.

Instalar válvulas de regulación termostática en los radiadores.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Algunos de los actuales radiadores cuentan con una válvula de regulación manual que permite que el radiador emita más o menos calor en función del accionamiento manual que se le aplica. Se opera dando varias vueltas a la llave, lo que supone un periodo de tiempo para un docente mayor que abrir la ventana. Esta segunda alternativa para reducir el exceso de temperatura que alcanza el aula resulta más rápido tanto en su operación como en la consecución de resultados. También resulta menos eficiente energéticamente y más caro en la factura de gas.

Las válvulas de regulación termostáticas cierran o abren el paso de agua caliente al radiador según se alcance o se pierda la temperatura deseada en el aula. De este modo, no se calientan las estancias más allá de lo deseado, puesto que aunque la caldera esté funcionando, si en una estancia se alcanza la temperatura requerida la propia válvula procede al cierre del paso de agua caliente sin que el docente tenga que girarla para

abrir o cerrar cada vez que desea hacerlo. De esta manera se automatiza el control de la temperatura en cada habitación sin que sea necesaria la intervención de nadie, con lo que sólo se emite el calor que se necesita.

La instalación de las válvulas termostáticas permite el aprovechamiento de las aportaciones de calor gratuitas como la radiación solar que pueda entrar por la ventana o el calor que desprenden las personas que ocupan un aula. Este aprovechamiento se consigue gracias a que el radiador deja de emitir energía térmica al ambiente al detectar un aumento de la temperatura en la sala. Cierra el paso de agua caliente y es necesario consumir menos gas para mantener la temperatura que se desea.

En la actualidad existen tres tipos de válvulas de regulación termostáticas:

Estándar: no es preciso cambiar la válvula del radiador.

Remota: permite regular la válvula desde un punto distinto del radiador. Implica hacer obra para llevar el cableado de interconexión con el radiador. Aumenta el control de la válvula por parte del profesor.

Electrónico: es programable, con lo que para salas con horario de uso distinto al horario de funcionamiento de la caldera, permite no calefactarlas cuando no se utilizan. También constan de la función ventana abierta que ayuda a evitar derroches de energía, cerrando la válvula automáticamente cuando se ventila la sala.

Se propone sustituir las válvulas de regulación actuales manuales existentes por válvulas de regulación termostática estándar.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas térmicas en la temporada fría es de 45.904 kWh al año.

El coste del consumo de gas de calefacción a precios de 2014 es de $45.904 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 3.672 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Con las válvulas de regulación termostática se dejarían de consumir 3.672 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del año 2014 de $3.672 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 294 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $3.672 \text{ kWh} \times 0,252 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,9 \text{ t CO}_2$ para las calderas de baja temperatura.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La inversión necesaria para sustituir las válvulas de regulación manuales por otras de regulación termostática es de 25,48 €/ud x 13 válvulas estándar + 72,72 €/ud x 2 válvulas electrónicas = 477 €.

La sustitución de cada válvula tiene un coste de 30 €/ud de mano de obra, lo que multiplicado por las 15 válvulas a sustituir, supone una inversión de 450 € en mano de obra.

El total de la inversión necesaria asciende a 927 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $927 / 294 = 3,2$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.13. Análisis económico de la medida 1.9. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 2.011 €.

Para que esta medida sea efectiva es preciso implantar un plan energético en el colegio para que los usuarios operen adecuadamente las nuevas válvulas de los radiadores. Sin un uso adecuado del nuevo equipamiento no se lograrán los ahorros previstos.

5.2.3.9. SISTEMA DE REGULACIÓN

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.10.

Actualizar la centralita de regulación de la caldera y del cuarto de calderas.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Dado que la instalación es del año 2002, la centralita de regulación y el cuarto de calderas se encuentran suficientemente actualizados para que no proceda el estudio de la presente propuesta de mejora.

5.2.4. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

5.2.4.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Los aparatos consumidores de energía eléctrica del centro docente se pueden resumir en función de su uso y su potencia eléctrica instalada en los que figuran en la tabla 5.16:

USO	Potencia (W)
COCINA INDUSTRIAL	7.150
ALUMBRADO	8.275
INFORMÁTICA	4.659
OTROS APARATOS	9.880
TERMO ELÉCTRICO	1.800
TOTAL	31.764

Tabla 5.16. Potencia eléctrica de aparatos consumidores de energía eléctrica del edificio. Fuente: elaboración propia.

A continuación, cada uso de la tabla 5.16 se desglosa para detallar los distintos aparatos consumidores de energía:

COCINA INDUSTRIAL	Número de equipos	Potencia unitaria (W)	Total potencia (W)
Micro	1	800	800
Nevera	1	250	250
Lavavajillas	1	3.400	3.400
Cafetera	1	1.500	1.500
Cámara de calor	1	1.200	1.200
TOTAL			7.150

Tabla 5.17. Aparatos consumidores de energía eléctrica de la cocina industrial. Fuente: elaboración propia.

ALUMBRADO	Luminarias	Lámparas por luminaria	Total lámparas	Potencia lámpara (W)	Total potencia (W)
Fluorescente lineal	15	1	15	36	540
Fluorescente lineal	3	2	6	36	216
Fluorescente lineal	2	1	2	18	36
Fluorescente compacto	22	2	44	18	792
Fluorescente compacto	82	4	328	18	5.904
Fluorescente compacto	1	1	1	11	11
Fluorescente compacto	26	2	52	11	572
Incandescente	1	1	1	60	60
Halógeno	1	1	1	70	70
Emergencia	37	1	37	2	74
TOTAL	190		487	36	8.275

Tabla 5.18. Aparatos consumidores de energía eléctrica del alumbrado. Fuente: elaboración propia.

INFORMÁTICA	Número de equipos	Potencia unitaria (W)	Total potencia (W)
CPU	7	50	350
Monitor	7	19	132
Proyector	7	287	2.009
Impresora / Escáner	2	19	38
Router	1	30	30
Pizarra digital	7	300	2.100
TOTAL			4.659

Tabla 5.19. Aparatos consumidores de energía eléctrica de informática. Fuente: elaboración propia.

OTROS APARATOS	Número de equipos	Potencia unitaria (W)	Total potencia (W)
Secamanos	3	1.660	4.980
DVD	1	200	200
Amplificador	1	200	200
Ascensor	1	3.500	3.500

Bomba de circulación	1	1000	1.000
TOTAL			9.880

Tabla 5.20. Aparatos consumidores de energía eléctrica de otros aparatos. Fuente: elaboración propia.

TERMO ELÉCTRICO	Número de equipos	Potencia unitaria (W)	Total potencia (W)
Termo eléctrico 100 l	1	1.800	1.800

Tabla 5.21. Aparatos consumidores de energía eléctrica de termos eléctricos. Fuente: elaboración propia.

5.2.4.2. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN

Se han recogido datos de facturación de los años 2010 al 2014.

Los datos de consumo de electricidad se pueden observar en la figura 5.14 y en la tabla 5.22:

Figura 5.14. Gráfico de consumo de electricidad de los años 2010 al 2014. Fuente: elaboración propia.

CONSUMO ELECTRICIDAD kWh						
MES	2014	2013	2012	2011	2010	MEDIA
Enero	1.921	1.857	1.422	1.686	1.542	1.745
Febrero	1.898	2.065	2.291	2.047	2.455	2.227

Marzo	1.988	2.091	1.897	2.055	2.385	2.156
Abril	1.999	1.688	1.599	2.083	1.619	1.861
Mayo	1.680	1.638	1.818	1.093	1.956	1.694
Junio	1.515	1.294	1.324	1.474	1.606	1.493
Julio	951	1.009	849	971	821	952
Agosto	967	589	752	764	519	743
Septiembre	723	625	535	733	510	647
Octubre	1.320	1.132	1.394	1.303	1.589	1.395
Noviembre	1.907	1.688	2.015	1.773	1.804	1.902
Diciembre	1.849	2.115	1.928	2.063	1.937	2.048
TOTAL	18.718	17.791	17.824	15.982	18.743	18.436

Tabla 5.22. Consumo de electricidad de los años 2010 al 2014.

Para poder comparar los datos de consumo de electricidad con otros edificios de similares características se han tomado los indicadores de consumo anual de electricidad por superficie, consumo anual de electricidad por usuario y consumo diario de electricidad por usuario.

	2014	2013	2012	2011	2010	MEDIA
ÍNDICE ELÉCTRICO (CONSUMO ANUAL ELECTRICIDAD POR SUPERFICIE) (kWh/m ²)	10,4	9,8	9,9	8,8	10,4	9,9
CONSUMO ANUAL ELECTRICIDAD POR USUARIO (kWh/usuario)	100	95	95	85	100	94,7
CONSUMO DIARIO ELECTRICIDAD POR USUARIO (kWh/usuario)	0,27	0,26	0,26	0,23	0,27	0,26

Tabla 5.23. Indicadores de índice eléctrico (consumo anual de electricidad por superficie), consumo anual de electricidad por usuario y consumo diario de electricidad por usuario en el centro docente durante los años 2010 al 2014.

Según el Manual de eficiencia energética en centros docentes (Alonso, 2013), el índice energético medio de electricidad en los centros docentes es de 15,2 kWh/m², el valor que más se repite es el de 12 kWh/m² y el valor de buenas prácticas es de 8,3 kWh/m².

El centro docente tiene un índice eléctrico un 15% por debajo del valor de la media, por lo que se encuentra ligeramente mejor que los centros educativos.

No obstante, todavía hay margen para la reducción del consumo eléctrico. En concreto para llegar a alcanzar la consideración de buenas prácticas en cuanto al consumo eléctrico, habría que reducir el consumo de energía eléctrica un 18%.

A continuación se cuantifican los indicadores de las emisiones anuales de CO₂ y de las emisiones anuales por usuario de CO₂ asociadas al consumo de gas. La obtención de dichos valores se ha realizado utilizando los factores de emisión de CO₂ establecidos de manera oficial (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Ministerio de Fomento, 2016): 0,331 kg CO₂ /kWh E. final para electricidad peninsular.

	2014	2013	2012	2011	2010	MEDIA
EMISIONES ANUALES CO ₂ (t)	6,2	5,9	5,9	5,3	6,2	5,9
EMISIONES ANUALES CO ₂ POR USUARIO (kg/usuario)	33,0	31,3	31,4	28,1	33,0	31,4

Tabla 5.24. Emisiones anuales de CO₂ y emisiones anuales de CO₂ por usuario asociadas al consumo de electricidad en el centro docente durante los años 2010 al 2014. Fuente: elaboración propia.

Se reflejan los indicadores de la factura anual del consumo de electricidad, factura anual del consumo de electricidad por usuario y precio de la electricidad por cantidad de energía consumida.

	2014	2013	2012	2011	2010	MEDIA
FACTURA ANUAL ELECTRICIDAD (€)	5.805	4.452	4.438	3.606	3.617	4.383
FACTURA ANUAL ELECTRICIDAD POR USUARIO (€/usuario)	30,9	23,7	23,6	19,2	19,2	23,3
PRECIO ELECTRICIDAD POR ENERGÍA CONSUMIDA (€/kWh)	0,31	0,25	0,25	0,23	0,19	0,25

Tabla 5.25. Indicadores de factura anual de consumo de electricidad, factura anual de consumo de electricidad por usuario y precio de la electricidad por cantidad de energía consumida en el centro docente durante los años 2010 al 2014. Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5.25 se puede comprobar que ha subido el precio pagado por el kWh consumido en un 63% en los años 2010 a 2014.

Por último se establece un reparto de consumos y de gasto económico entre los distintos usos del centro educativo.

Uso	Consumo (kWh)	Factura (€/año)	Porcentaje
COCINA INDUSTRIAL	2.721	647	15%
ALUMBRADO	7.328	1.742	40%
INFORMÁTICA	5.123	1.218	28%
OTROS APARATOS	2.139	509	12%
TERMO ELÉCTRICO	1.125	267	6%
TOTAL	18.436	4.383	100%

Tabla 5.26. Consumos y gasto económico repartidos entre los distintos usos.

5.2.4.3. HÁBITOS DE CONSUMO

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.1.

Implantar un “Plan eléctrico en el centro escolar”.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El consumo de energía eléctrica depende, entre otros factores, de los hábitos de consumo que existen entre los usuarios del centro docente.

Por muchas medidas de eficiencia que se implanten en la instalación, un uso inadecuado o despilfarrador de los recursos disponibles, en este caso la electricidad, puede suponer un impacto reducido de las medidas adoptadas. Por ello se propone como primera medida para el uso racional de la electricidad implantar un Plan eléctrico en el centro escolar.

La finalidad del Plan eléctrico consiste en:

- Obtener la información necesaria para abordar una apropiada planificación de la gestión integral de la electricidad.
- Estimular el hábito de la participación en los procesos de toma de decisiones (¿cómo vamos a utilizar la electricidad?).
- Concienciar a la comunidad educativa de la importancia del medio ambiente en el día a día de la vida escolar, familiar y social (el consumo de electricidad afecta al medio ambiente).

El Plan eléctrico en el centro escolar se convierte en un instrumento que permite realizar un proceso de evaluación de la práctica educativa y ambiental, que conducirá a la mejora de los procesos de aprendizaje y de la calidad ambiental tanto del centro como de su entorno, en este caso en relación con el uso eficiente de la electricidad.

El Plan eléctrico se organiza en cinco fases:

- Identificación y definición del problema.
- Establecimiento de un compromiso con el ahorro de electricidad.
- Realización de una auditoría inicial del uso que se hace de la electricidad en el centro, es decir, investigar y analizar el punto del que se parte.
- Elaboración, ejecución y seguimiento de un Plan de Acción para el uso eficiente de la electricidad.
- Comunicación y difusión de los resultados obtenidos.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Esta propuesta abarca la totalidad del consumo de electricidad del centro docente. El consumo medio es de 18.436 kWh al año.

El coste del consumo medio de electricidad a precios del 2014 es de $18.436 \text{ kWh} \times 0,31 \text{ €/kWh} = 5.717,43 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se establece un objetivo no demasiado ambicioso de reducir el consumo medio en el centro educativo en un 10%, se dejarían de consumir $0,1 \times 18.436 \text{ kWh} = 1.844 \text{ kWh}$ al año.

Esto implicaría un ahorro a precios de 2014 de $1.844 \text{ kWh} \times 0,31 \text{ €/ kWh} = 571,87 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $1.844 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh} = 0,6 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de un centro educativo, la implantación de esta medida está encuadrada dentro de la actividad propia del centro, por lo que no resulta necesario dedicar ningún recurso económico adicional.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.15. Análisis económico de la medida 2.1. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 5.719 €.

5.2.4.4. CONTRATACIÓN

Una de las posibilidades de ahorro económico se encuentra en la contratación del suministro eléctrico.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.2.

Instalar una batería de condensadores

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Debido a que la instalación genera muy poca energía reactiva no se factura por ello, por lo que no resulta necesario proponer la implantación de una batería de condensadores.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.3.

Ajustar la potencia eléctrica contratada

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Al estudiar la potencia eléctrica se observa que la potencia demandada está muy próxima a la potencia contratada, por lo que no tiene sentido proponer una modificación de la potencia contratada.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.4.

Cambiar de compañía suministradora a Som Energía.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Desde la liberalización del mercado eléctrico existen distintas alternativas en cuanto a la contratación de la electricidad. Realizar un estudio periódico del mercado puede suponer importantes ahorros económicos.

La compañía que se propone supone un ahorro económico similar a otras compañías pequeñas que no tienen que pagar sueldos millonarios a consejeros delegados.

Se propone contratar el suministro eléctrico con una cooperativa que produce energía eléctrica únicamente mediante fuentes de energía renovables.

El cambio de compañía se realiza telemáticamente sin que sea necesario realizar ningún cambio en la instalación.

Esta medida supone apostar por un consumo responsable y de transformación del modelo energético actual.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Esta propuesta abarca la totalidad del consumo de electricidad del centro docente. El consumo medio es de 18.436 kWh al año.

El coste del consumo medio de electricidad a precios del 2014 es de $18.436 \text{ kWh} \times 0,31 \text{ €/kWh} = 5.717,43 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

El cambio de tarifa eléctrica de la compañía actual a Som Energía no reduciría el consumo de electricidad, aunque sí que implicaría un ahorro anual a precios del 2014 de 285,87 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al contratar con una compañía cuyas fuentes de producción son exclusivamente energías renovables, se evitarían la totalidad de emisiones actuales de CO₂: 6,1 toneladas.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Para poder contratar con Som Energía hay que hacerse socio de la entidad, lo que supone abonar la cuota de 100 € que se realiza una sola vez. No hay cuota anual por ser socio. Una vez que se deja de ser socio se recupera el capital social aportado, por lo que se considera que la inversión económica para acometer la medida es de cero euros.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.16. Análisis económico de la medida 2.2. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 2.859 €.

5.2.4.5. ALUMBRADO

La instalación de alumbrado está compuesta por los equipos que se detallan a continuación:

Tecnología	Luminarias	Lámparas por luminaria	Total lámp.	Potencia lámpara (W)	Energía anual consumida (kWh)
Fluorescente lineal	15	1	15	36	374
Fluorescente lineal	3	2	6	36	150
Fluorescente lineal	2	1	2	18	29
Fluorescente compacto	22	2	44	18	648
Fluorescente compacto	82	4	328	18	4.830
Fluorescente compacto	1	1	1	11	11
Fluorescente compacto	26	2	52	11	560
Incandescente	1	1	1	60	34
Halógeno	1	1	1	70	44
Emergencia	37	1	37	2	648
TOTAL	190		487		7.328

Tabla 5.27. Equipos de la instalación de alumbrado. Fuente: elaboración propia.

Las aulas no cuentan con un sistema que permita regular el nivel de iluminación interior en función del nivel de iluminación exterior o del nivel de iluminación requerido en cada momento en función de la actividad a realizar.

El centro docente no cuenta con ningún sistema de apagado automático en locales no ocupados permanentemente. Los pasillos y aseos se ocupan de forma intermitente y es difícil establecer las responsabilidades para un encendido y apagado manual. En las aulas, despachos, biblioteca, etc. es más sencillo establecer responsabilidades de apagar las luces cuando no estén ocupadas. Sin embargo, no son infrecuentes los olvidos, y un sistema de detección de presencia evita que la iluminación permanezca encendida cuando la estancia no está ocupada.

Es difícil evaluar el ahorro de los sistemas de detección de presencia o movimiento o de regulación en función del aporte de luz natural, ya que dependen de la mejor o peor gestión de la iluminación por parte de los usuarios.

Se descarta estudiar la implantación de estos sistemas a favor de desarrollar la propuesta de mejora 2.1. Implantar un "Plan eléctrico en el centro escolar". En el desarrollo de dicho plan se trabaja la responsabilidad tanto de aulas y despachos por parte de los adultos como de aseos y pasillos por parte también de los estudiantes. Estos últimos espacios están dotados de luz natural, por lo que únicamente resulta necesario utilizar del alumbrado cuando es de noche o cuando está nublado. Finalmente los olvidos son subsanados por parte del personal de limpieza que son los últimos en abandonar los espacios que puedan quedar iluminados innecesariamente.

El centro docente no cuenta con ningún sistema de control centralizado de la instalación de alumbrado. No obstante, el apagado al final de la jornada queda garantizado por el personal de limpieza.

No existe un programa de recambio de lámparas de manera que se sustituyan cuando los valores de iluminancia descienden al llegar al final de su vida útil.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.5.

Sustitución de las lámparas fluorescentes lineales T8 existentes por tubo Led T8.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Se estudia la sustitución de las lámparas fluorescentes lineales existentes por otras más eficientes. En concreto se estudia la sustitución del tubo fluorescente actual por un tubo de tecnología led del tipo T8 que se puede implantar sin cambiar la luminaria. La tecnología led es de mayor eficiencia energética y mayor vida útil.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de las lámparas fluorescentes lineales en el centro docente es de 553 kWh al año.

El coste del consumo de las lámparas fluorescentes lineales a precios del 2014 es de $553 \text{ kWh} \times 0,31 \text{ €/kWh} = 171,50 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir el tubo fluorescente actual por un tubo LED T8 se dejarían de consumir 274 kWh al año. Esto implicaría un ahorro a precios de 2014 de $274 \text{ kWh} \times 0,31 \text{ €/ kWh} = 84,97 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al sustituir el tubo fluorescente actual por un tubo LED T8 se dejarían de emitir $274 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,1 \text{ toneladas de CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de una medida de sustitución de las lámparas, es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las lámparas.

En el centro docente se encuentran instaladas 2 lámparas fluorescentes lineales tipo T8 de 18 W y 21 unidades de 36 W.

El coste de sustitución de cada lámpara asciende a 5 € y 6 € respectivamente. La sustitución de todas las lámparas del centro docente supondría una inversión de $2 \text{ unidades} \times 5 \text{ €} + 21 \text{ unidades} \times 6 \text{ €} = 136 \text{ €}$.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $136 / 84,97 = 1,6 \text{ años}$.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.17. Análisis económico de la medida 2.5. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 714 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.6.

Sustitución de las lámparas fluorescentes compactas existentes por lámparas con tecnología LED para casquillo E27.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Se estudia la sustitución de las lámparas fluorescentes compactas existentes por otras más eficientes. Se plantea estudiar la conveniencia de su sustitución por lámparas con tecnología LED para casquillo E27.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de las lámparas fluorescentes compactas en el centro docente es de 571 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2014 es de 571 kWh x 0,31 €/kWh = 177,08 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir la lámpara fluorescente compacta actual por una lámpara LED para casquillo E27 se dejarían de consumir 391 kWh al año. Esto implicaría un ahorro a precios de 2014 de 391 kWh x 0,31 €/ kWh = 121,26 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al sustituir la lámpara fluorescente compacta actual por una lámpara LED para casquillo E27 se dejarían de emitir 391 kWh x 0,331 kg CO₂/kWh = 0,1 toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de una medida de sustitución de las lámparas, es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las lámparas.

En el centro docente se encuentran instaladas 53 lámparas fluorescentes compactas.

El coste de sustitución de cada lámpara asciende a 3,50 €. La sustitución de todas las lámparas del centro docente supondría una inversión de 53 unidades x 3,50 € = 185,50 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $185,50 / 121,26 = 1,5$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.18. Análisis económico de la medida 2.6. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 1.027 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.7.

Sustituir las lámparas incandescentes por lámparas con tecnología LED para casquillo E27.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Las lámparas incandescentes funcionan mediante una tecnología que despilfarra energía. El 60 % de la energía eléctrica consumida por las bombillas incandescentes se transforma en calor indirecto, el 25 % en calor directo y tan solo el 15 % en luz. En la actualidad se ha prohibido su fabricación por este motivo aunque todavía se encuentran algunas lámparas en funcionamiento.

Se plantea estudiar la conveniencia de su sustitución por lámparas con tecnología LED para casquillo E27.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Esta propuesta abarca el consumo de electricidad de las lámparas incandescentes presentes en el centro docente.

El consumo de las lámparas incandescentes es de 34 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2014 es de $34 \text{ kWh} \times 0,31 \text{ €/kWh} = 10,54 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led se dejarían de consumir 29 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del 2014 de $29 \text{ kWh} \times 0,31 \text{ €/kWh} = 8,99 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led se dejarían de emitir $29 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,0 \text{ toneladas de CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de una medida de sustitución de lámparas, es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las reactancias.

En el centro docente se encuentra instalada 1 lámpara incandescente.

Una lámpara led de 9 W tiene un coste de 4,00 €.

Sustituir la lámpara incandescente por lámpara led conllevaría un coste de $1 \text{ unidad} \times 4,00 \text{ €} = 4,00 \text{ €}$.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión consistente en sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led es de $4,00 / 8,99 = 0,4 \text{ años}$.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.19. Análisis económico de la medida 2.7. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 86 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.8.

Sustituir las lámparas halógenas por lámparas con tecnología LED.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Las lámparas halógenas funcionan mediante una tecnología que despilfarra energía. Su clasificación energética varía entre las letras D y E en función de su tecnología. Su comportamiento es mejor que el de las lámparas incandescentes, cuya clasificación energética es E. Aunque dista del comportamiento energético de las lámparas LED cuya clasificación energética es A. En septiembre de 2018 se prohibirá su fabricación.

Se plantea estudiar la conveniencia de su sustitución por lámparas con tecnología LED.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de las lámparas halógenas es de 44 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2014 es de 44 kWh x 0,31 €/ kWh = 13,65 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led se dejarían de consumir 39 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del 2014 de 39 kWh x 0,31 €/kWh = 12,09 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led se dejarían de emitir $39 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,0$ toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de una medida de sustitución de lámparas, es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las reactancias.

En el centro docente se encuentra instalada 1 lámpara halógena.

Una lámpara led de 9 W para sustituir a una lámpara halógena tiene un coste de 6,00 €.

Sustituir la lámpara incandescente por lámpara led conllevaría un coste de 1 unidad $\times$ 6,00 € = 6,00 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión consistente en sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led es de $6,00 / 12,09 = 0,5$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.20. Análisis económico de la medida 2.8. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 115 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.9.

Sustitución de las emergencias existentes por emergencias con tecnología LED.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Se estudia la sustitución de las emergencias existentes por emergencias con tecnología LED debido a la mayor eficiencia energética que conlleva.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de las emergencias en el centro docente es de 648 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios de 2014 es de 200,96 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir las emergencias actuales por emergencias LED se dejarían de consumir 583 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro anual a precios de 2014 de $583 \text{ kWh} \times 0,31 \text{ €/kWh} = 180,80 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al sustituir las emergencias actuales por emergencias LED se dejarían de emitir $583 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,2 \text{ toneladas de CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las luminarias.

En el centro docente se encuentran instaladas 37 emergencias. El coste de sustitución de cada lámpara asciende a 20 €. La sustitución de todas las lámparas del centro docente supondría una inversión de $37 \text{ unidades} \times 20 \text{ €} = 740 \text{ €}$.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $740 / 180,80 = 4,1 \text{ años}$.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.21. Análisis económico de la medida 2.9. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 1.068 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.10.

Instalar un detector de presencia para apagar la iluminación de la cabina del ascensor.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Un 35% del consumo eléctrico del ascensor se produce en el motor al realizar los traslados y en las aperturas y cierres de las puertas, mientras que el 65% restante se produce en el alumbrado de la cabina que permanece encendido las 24 horas del día.

Al instalar un detector de presencia, la iluminación de la cabina se mantiene apagada cuando el ascensor está en desuso con el consiguiente ahorro energético y económico.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de la instalación de alumbrado del ascensor es de 1.051 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad medio a precios del 2014 es de $1.051 \text{ kWh} \times 0,31 \text{ €/kWh} = 325,94 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL AHORRO DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

El ahorro que supondría instalar un detector de presencia en la cabina del ascensor es de 995 kWh anuales.

Esto implicaría un ahorro anual a precios de 2014 de 308,58 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al instalar un detector de presencia en la cabina del ascensor se evitarían las emisiones de $995 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh} = 0,3 \text{ toneladas de CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Un detector de presencia en la cabina del ascensor supone una inversión de 120 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

La instalación de un detector de presencia en la cabina del ascensor tiene un período de retorno simple de la inversión de $120 / 308,58 = 0,4 \text{ años}$.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.22. Análisis económico de la medida 2.10. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 2.966 €.

5.2.4.6. COCINA INDUSTRIAL

La cocina industrial está compuesta por los equipos que se detallan a continuación:

	Número de equipos	Potencia (W)	Energía anual consumida (kWh)
Micro	1	800	71
Nevera	1	250	2.190
Lavavajillas	1	3.400	301
Cafetera	1	1.500	53
Cámara de calor	1	1.200	106

TOTAL		7.150	2.721
-------	--	-------	-------

Tabla 5.28. Equipos de la cocina industrial. Fuente: elaboración propia.

Se estudian las propuestas de mejora que afectan a los equipos que más energía consumen y que son susceptibles de mejora en cuanto a su eficiencia energética.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.11.

Desconectar los arcones y las cámaras durante el periodo no lectivo.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Dado que el centro no cuenta con arcones ni cámaras, no procede el estudio de la presente propuesta.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.12.

Cambiar la nevera por otra de bajo consumo energético.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El centro educativo cuenta con una nevera. A pesar de que su potencia nominal es pequeña frente a otros aparatos, como su uso se produce durante las 24 horas del día, finalmente el consumo de este equipo es significativo.

En la actualidad hay aparatos que presentan un menor consumo energético.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de la nevera es de 2.190 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2013 es de 2.190 kWh x 0,31 €/ kWh = 679,18 €.

CÁLCULO DEL AHORRO DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Una nevera clase A+++ tiene un consumo de 300 kWh anuales. El ahorro que supondría su instalación es de 1.890 kWh anuales.

Esto implicaría un ahorro anual a precios de 2013 de 586,14 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al instalar una nevera clase A+++ se evitarían las emisiones de 1.890 kWh x 0,331 kg CO₂ / kWh = 0,6 toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Una nevera clase A+++ supone una inversión de 700 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Una nevera clase A+++ tiene un período de retorno simple de la inversión de $700 / 586,14 = 1,2$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.23. Análisis económico de la medida 2.12. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 5.161 €.

5.2.4.7. INFORMÁTICA

La instalación informática del conjunto de edificios está compuesta por los equipos que se detallan a continuación:

	Número de equipos	Potencia unitaria ON (W)	Potencia unitaria stand by (W)	Potencia unitaria OFF (W)	Total energía anual consumida (kWh)
CPU	7	50	2,3	1,1	408
Monitor	7	19	0,2	0,2	139
Proyector	7	287	7,1	0,5	1.206
Impresora / Escáner	2	19	2,4	0,8	58
Router	1	30	7,1	7	263
Pizarra digital	7	300	7,1	0	3.048

TOTAL					5.123
-------	--	--	--	--	-------

Tabla 5.29. Equipos de informática. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar los equipos informáticos consumen energía, tanto en modo stand by como en modo apagado. Reducir el consumo en modo stand by depende del usuario. De ahí lo pertinente que resulta implantar un “Plan eléctrico en el centro escolar”.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.13.

Instalar regletas con interruptor de apagado en los equipos informáticos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Se trata de una medida encaminada a reducir el consumo energético de los equipos informáticos cuando están apagados. Para que el equipo informático deje de consumir electricidad cuando no se usa, hay que pulsar el interruptor de apagado de la regleta cuando se apaga dicho equipo.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo estimado de los equipos informáticos cuando están apagados es de 101 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2014 es de 101 kWh x 0,31 €/ kWh = 31,43 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al instalar regletas con interruptor de apagado en los equipos informáticos se dejarían de consumir 101 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro anual a precios del 2014 de 31,43 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al instalar regletas con interruptor de apagado en los equipos informáticos se evitarían las emisiones de 101 kWh x 0,331 kg CO₂/kWh = 0,0 toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La regleta con interruptor de apagado tiene un coste de 7,95 € por unidad. Su instalación puede ser llevada a cabo por el servicio de mantenimiento del centro, por lo que no supondría un incremento de coste.

Su implantación en los 7 equipos supondría una inversión de $7,95 \text{ €} \times 7 \text{ ud} = 55,65 \text{ €}$.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $55,65 / 31,43 = 1,8$ año.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.24. Análisis económico de la medida 2.13. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 258 €.

5.2.4.8. PRODUCCIÓN DE ACS

En la actualidad el centro docente cuenta con un termo eléctrico para la producción de agua caliente sanitaria con capacidad de 100 litros, una potencia eléctrica de 1,8 kW y un consumo de 1.125 kWh anuales.

El agua caliente se utiliza exclusivamente para el servicio de cocina durante pocas horas al día, tras servir las comidas a los alumnos.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.14.

Instalar un temporizador digital con reloj diario y semanal en cada termo eléctrico.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El termo eléctrico que permanece conectado durante todo el día a la red eléctrica está consumiendo energía constantemente. Cada vez que se consume agua caliente entra agua fría al termo y se conectan las resistencias para volver a calentar el agua. Adicionalmente cuando no hay consumo de agua caliente también entran en funcionamiento las resistencias cuando desciende la temperatura del agua caliente

almacenada de un determinado valor. Las resistencias no se apagan hasta que no vuelve a alcanzar dicho valor de temperatura.

El agua contenida en el termo tarda en calentarse un tiempo que depende de la temperatura de entrada del agua fría, de la temperatura de consigna del agua caliente, del volumen de agua y de la potencia eléctrica de las resistencias.

Para el termo instalado en el centro docente se puede considerar que el tiempo de preparación del agua caliente es de dos horas.

Si se coloca un temporizador digital en la toma eléctrica del termo, habría que programarlo para que se encienda exclusivamente dos horas antes del comienzo de su utilización y se apague cuando empieza dicha utilización.

De esta manera el agua que entra fría en el termo para reemplazar al agua consumida se mantendrá a la temperatura de la mezcla de agua, sin calentarla hasta el día siguiente, cuando sea precisa su utilización. Al almacenarse el agua más fría, las pérdidas de calor del agua se disminuyen. Al dejar apagado el termo, se elimina el consumo energético para mantener la temperatura de consigna en el horario que no se utiliza y durante los fines de semana y el mes de vacaciones.

Se optimiza así el consumo energético al momento estricto en el que resulta necesario.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo estimado del termo eléctrico es de 1.125 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad previsto para el 2014 es de 1.125 kWh x 0,31 €/ kWh = 348,78 €.

CÁLCULO DEL AHORRO DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al instalar un temporizador digital con reloj diario y semanal en el termo eléctrico se dejaría de consumir toda la energía empleada en el mantenimiento de la temperatura del agua caliente cuando no resulta necesario, lo que suponen 438 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro anual a precios de 2014 de 438 kWh x 0.31 €/ kWh = 135,84 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al instalar un temporizador digital con reloj diario y semanal en el termo eléctrico se evitarían las emisiones de 438 kWh x 0,331 kg CO₂ / kWh = 0,1 toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Un temporizador digital con reloj diario y semanal tiene un coste de 9,18 € por unidad. Su instalación puede ser llevada a cabo por el servicio de mantenimiento del centro, por lo que no supondría un incremento de coste.

Su implantación en el total del único equipo supondría una inversión de 9,18 € x 1 ud = 9,18 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $9,18 / 135,84 = 0,1$ año.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.25. Análisis económico de la medida 2.14. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 1.349 €.

5.2.5. CONSUMO DE AGUA

5.2.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CONSUMO DE AGUA

Los puntos de consumo de agua del centro docente son los siguientes:

	LAVABO	INODORO	FREGADERO	VERTE- DERO	OTROS
ASEOS 15 P. B	1 grifo simple	1 pulsador sencillo	-	-	-
ASEOS 16 P. B	1 grifo simple	1 pulsador sencillo	-	-	-
ASEOS 17 P.B	4 grifo simple	4 tanque alto	-	-	1 bañera
ASEOS 18 P. B	4 grifo simple	4 tanque alto	-	-	1 bañera
OFICIO 3 P. B	-	-	1 pulsador pie + 1 grifo doble y grifo alto	-	1 lavavajillas industrial
LIMPIEZA P. B	-	-	-	1	-
ASEOS 19 P. 1	4 grifo simple	4 tanque alto	-	-	1 bañera
ASEOS 20 P. 1	1 grifo simple	1 pulsador sencillo	-	-	-

Tabla 5.30. Puntos de consumo de agua del edificio. Fuente: elaboración propia.

5.2.5.2. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN

Se han recogido datos de facturación de los años 2010 al 2014.

Los datos de consumo de agua se pueden observar en la figura 5.26 y en la tabla 5.31:

Figura 5.26. Consumo de agua en el conjunto de edificios durante los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

MESES	CONSUMO AGUA (m ³)					
	2014	2013	2012	2011	2010	MEDIA
ENERO-FEBRERO	129	164	138	174	201	161
MARZO-ABRIL	102	131	189	169	226	164
MAYO-JUNIO	74	142	135	200	249	160
JULIO-AGOSTO	76	96	101	159	138	114
SEPTIEMBRE-OCTUBRE	168	368	232	199	116	216
NOVIEMBRE-DICIEMBRE	195	184	239	246	128	198
TOTAL	743	1.084	1.034	1.148	1.058	1.013

Tabla 5.31. Consumo de agua en el conjunto de edificios durante los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

Para poder comparar los datos de consumo de agua con otros edificios de similares características se hallan los indicadores de consumo anual de agua por superficie, consumo anual de agua por usuario y el consumo diario de agua por usuario.

	2014	2013	2012	2011	2010	MEDIA
CONSUMO ANUAL AGUA POR SUPERFICIE (m ³ /m ²)	0,85	1,25	1,19	1,32	1,22	1,2
CONSUMO ANUAL AGUA POR USUARIO (m ³ /usuario)	4,0	5,8	5,5	6,1	5,6	5,4
CONSUMO DIARIO AGUA POR USUARIO (l/usuario)	10,8	15,8	15,1	16,7	15,4	14,8

Tabla 5.32. Indicadores de consumo anual de agua por superficie, consumo anual de agua por usuario y consumo diario de agua por usuario durante los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

Los datos de consumo medio de agua en centros docentes son similares en las distintas fuentes consultadas. El consumo medio de agua en los centros docentes es de 5 litros al día por usuario (Fundación Ecología y Desarrollo, 2015). El consumo medio de agua en los centros docentes es de 4,7 litros al día por usuario, oscilando entre 2 y 11 litros por usuario y día (Barón, 2013).

El centro docente consume un 75% más de agua que el valor de referencia menos conservador. Este exceso de consumo no se explica, en parte, sin una fuga continua de agua o una avería en el contador.

A continuación, en la tabla 5.33, se cuantifican los indicadores de las emisiones anuales de CO₂ (t) y las emisiones anuales por usuario de CO₂ asociadas al consumo de agua. La obtención de dichos valores se ha realizado utilizando los factores de emisión de CO₂ establecidos por la bibliografía consultada (Cabrera 2010, Martín 2014): 3 kWh/m³ x 0,331 kg CO₂/kWh = 0,993 kg CO₂/m³.

	2014	2013	2012	2011	2010	MEDIA
EMISIONES ANUALES CO ₂ (t)	0,7	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0
EMISIONES ANUALES CO ₂ POR USUARIO (kg/usuario)	3,9	5,7	5,5	6,1	5,6	5,4

Tabla 5.33. Emisiones anuales de CO₂ y emisiones anuales de CO₂ por usuario asociadas al consumo de agua durante los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5.34 se reflejan los indicadores de la factura anual del consumo de agua, factura anual del consumo de agua por usuario y precio del agua por volumen consumido.

	2014	2013	2012	2011	2010	MEDIA
FACTURA ANUAL AGUA (€)	1.149	1.857	1.611	1.735	1.601	1.590
FACTURA ANUAL AGUA POR USUARIO (€/usuario)	6,1	9,9	8,6	9,2	8,5	8,5
PRECIO AGUA POR VOLUMEN CONSUMIDO (€/m ³)	1,55	1,71	1,56	1,51	1,51	1,57

Tabla 5.34. Indicadores de factura anual de consumo de agua, factura anual de consumo de agua por usuario y precio del agua por volumen consumido durante los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

Por último, en la tabla 5.35, se establece un reparto de consumos y de gasto económico entre los distintos usos del centro educativo.

	CONSUMO ANUAL (m ³)	FACTURA ANUAL AGUA (€)	PORCENTAJE
Inodoros	499	783	49%
Lavabos	191	300	19%
Cocina	166	261	16%
Limpieza	10	16	1%
Riego	15	23	1%

Otros	132	204	13%
TOTAL	1.013	1.590	

Tabla 5.35. Consumos y gasto económico repartidos entre los distintos usos. Fuente: elaboración propia.

Dado que los usos de limpieza y riego suponen juntos menos de la mitad del consumo del uso de cocina, no se estudiarán medidas de ahorro para dichos usos debido a la escasa repercusión que pudieran tener las mismas en el conjunto del consumo.

5.2.5.3. HÁBITOS DE CONSUMO

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.1.

Implantar una “ecoauditoría del agua” en el centro educativo.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El consumo de agua depende, entre otros factores, de los hábitos de consumo que adoptan los usuarios del centro docente.

Por muchas medidas de eficiencia que se implanten en la instalación, un uso inadecuado o despilfarrador de los recursos disponibles, en este caso el agua, puede suponer un impacto reducido de las medidas adoptadas. Por ello se propone como primera medida para el uso racional del agua implantar una ecoauditoría del agua en el centro docente.

La finalidad de la ecoauditoría consiste en:

- Obtener la información necesaria para abordar una apropiada planificación de la gestión integral del agua.
- Estimular el hábito de la participación en los procesos de toma de decisiones (¿cómo vamos a utilizar el agua?).
- Concienciar a la comunidad educativa de la importancia del medio ambiente en el día a día de la vida escolar, familiar y social (el agua es un recurso natural escaso y valioso).
- La ecoauditoría del agua en el centro educativo se convierte en un instrumento que permite realizar un proceso de evaluación de la práctica educativa y ambiental, que conducirá a la mejora de los procesos de aprendizaje y de la calidad ambiental tanto del centro como de su entorno, en este caso en relación con el uso eficiente del agua.

La ecoauditoría se organiza en cinco fases:

- Identificación y definición del problema.

- Establecimiento de un compromiso con el ahorro de agua.
- Realización de una auditoría inicial del uso que se hace del agua en el centro, es decir, investigar y analizar el punto del que se parte.
- Elaboración, ejecución y seguimiento de un Plan de Acción para el uso eficiente del agua.
- Comunicación y difusión de los resultados obtenidos.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Esta propuesta abarca la totalidad del consumo de agua del centro docente.

El consumo anual de agua es de 1.013 m^3 al año.

El coste de dicho consumo de agua a precios del 2014 es de $1.013 \text{ m}^3 \times 1,55 \text{ €/m}^3 = 1.570,73 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se establece un objetivo no demasiado ambicioso de alcanzar el consumo máximo de los centros educativos de 11 litros por usuario y día, estaríamos hablando de una reducción del 34,5 % del consumo de agua. Se dejarían de consumir $0,345 \times 1.013 \text{ m}^3 = 350 \text{ m}^3$ de agua al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2014 de $350 \text{ m}^3 \times 1,55 \text{ €/m}^3 = 542,50 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $350 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2 / \text{m}^3 = 0,3 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de un centro educativo, la implantación de esta medida está encuadrada dentro de la actividad propia del centro, por lo que no resulta necesario dedicar ningún recurso económico adicional.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.27. Análisis económico de la medida 3.1. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 5.425 €.

5.2.5.4. CONSUMOS ANÓMALOS

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.2.

Evitar consumos anómalos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Los datos de consumo presentados se han elaborado para corregir el consumo anómalo que figura en las facturas. Hasta un 46% del consumo total según las facturas tiene un origen inexplicable. Se ha establecido un 8% de gasto en pequeños picos en el consumo que se ha contabilizado en el apartado de otros consumos. Aún así resta un 38% de consumo cuyo origen es desconocido. Puesto que se desestima la posibilidad de fugas en la instalación debido a su reciente construcción y a que no se visibilizan dichas fugas, se entiende que el contador de agua está roto o defectuoso.

Por tanto, la medida pasa por la sustitución del contador actual por uno nuevo.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Los consumos anómalos detectados ascienden a 608 m³ al año.

El coste de dicho consumo de agua a precios de 2014 es de 608 m³ x 1,55 €/m³ = 939,70 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se sustituye el contador actual por un nuevo se dejarían de consumir 608 m³ de agua.

Esto implica un ahorro a precios de 2014 es de $608 \text{ m}^3 \times 1,55 \text{ €/m}^3 = 939,70 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $608 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 = 0,6 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La implantación de la medida implica una inversión de 150 € por el contador. Su instalación puede ser llevada a cabo por el servicio de mantenimiento del centro, por lo que no supondría un incremento de coste.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $150 \text{ €} / 939,70 \text{ €} = 0,2$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.28. Análisis económico de la medida 3.2. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 9.247 €.

5.2.5.5. INODOROS

A continuación, en la tabla 5.36, se refleja un listado de los inodoros existentes en el edificio y sus tipos.

INODOROS	Número	TIPO	Volumen (l)
ASEOS 15 P. BAJA	1	pulsador sencillo	6
ASEOS 16 P. BAJA	1	pulsador sencillo	6
ASEOS 17 P. BAJA	4	tanque alto	6
ASEOS 18 P. BAJA	4	tanque alto	6
ASEOS 19 P. PRIMERA	4	tanque alto	6
ASEOS 20 P. PRIMERA	1	pulsador sencillo	6
TOTAL	15		6

Tabla 5.36. Inodoros. Fuente: elaboración propia.

El centro educativo cuenta con 12 inodoros de tanque alto y 3 de cisterna con simple pulsador.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.3.

Implantar un contrapeso en los inodoros con tanque alto.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El contrapeso, denominado comercialmente kit de rearme de cisternas "WC-Stop", es un mecanismo que provoca el cierre automático de la salida de agua a la cisterna del inodoro. Dichas cisternas se encuentran colocadas en la pared por encima de 1,5 metros, lo que en cuanto a tipología de inodoros se conoce como tanque alto. La descarga de agua se produce mediante una cadena. Una vez que se acciona, comienza el vaciado de la cisterna que no se detiene hasta que se vacía por completo.

En los aseos masculinos donde no hay urinarios operativos y en todos los aseos femeninos, la descarga de agua que necesita cada tipo de uso (micción y defecación) no se puede diferenciar en un tanque alto con sistemas de doble pulsador como ocurre en los inodoros con cisterna incorporada y doble pulsador.

Se propone la inclusión en el mecanismo de la cisterna un contrapeso que hace que deje de salir agua por el inodoro cuando se deja de actuar sobre la cadena. De esta manera el usuario tiene la capacidad de regular el agua que se usa en función de la necesidad, con la ventaja de que cuando deja de actuar se detiene el consumo de agua.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo medio de los inodoros con tanque alto del centro educativo es de 6 litros por descarga. El consumo de agua en los inodoros de tanque alto del centro educativo estimado es de 399 m³/año.

El coste económico de dicho consumo asciende a $399 \text{ m}^3 \times 1,55 \text{ €/m}^3 = 618,93 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

El consumo medio de los inodoros con tanque alto después de la implantación de la medida de 5 litros por descarga.

Con esta medida se dejarían de consumir $399 \times 1 / 6 = 67 \text{ m}^3$ de agua al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2014 de $67 \text{ m}^3 \times 1,55 \text{ €/m}^3 = 103,16 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $67 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 = 0,1 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El contrapeso RST1700KIT de TEHSA tiene un coste de 14,52 € por unidad. Su instalación puede ser llevada a cabo por el servicio de mantenimiento del centro, por lo que no supondría un incremento de coste.

Su implantación en el total de los 12 tanques altos supondría una inversión de $14,52 \text{ €} \times 12 \text{ ud} = 174,24 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $174,24 / 103,16 = 1,7$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.29. Análisis económico de la medida 3.3. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 857 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.4.

Implantar un mecanismo de descarga de doble pulsador en los inodoros con pulsador sencillo.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Las cisternas de los inodoros actuales tienen una capacidad cercana a los 6 litros.

El kit de mecanismo de descarga de doble pulsador, es un mecanismo que permite utilizar un botón para una descarga completa de 6 litros y otro para una descarga parcial de tan solo 3 litros. De esta manera permite discriminar los usos del inodoro que requieren descarga completa de los que requieren descarga parcial, ajustando el consumo de agua a lo estrictamente necesario.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de agua en los inodoros con pulsador sencillo del edificio es de $100 \text{ m}^3/\text{año}$.

El coste económico de dicho consumo asciende a $100 \text{ m}^3 \times 1,55 \text{ €/m}^3 = 154,73 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL AHORRO DE CONSUMO DE AGUA Y ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Tras la implantación de la medida del 25% se conseguiría un ahorro del 25%.

Con esta medida se dejarían de consumir $100 \times 0,25 = 25 \text{ m}^3$ de agua al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2014 de $25 \text{ m}^3 \times 1,55 \text{ €/m}^3 = 38,68 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $25 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 = 0,0 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El kit de mecanismo de descarga de doble pulsador MEC2PKIT de TEHSA tiene un coste de 30,20 € por unidad. Su instalación cuesta 30 € por unidad.

Su implantación en el total de los 3 inodoros que no tienen doble pulsador supondría una inversión de $60,20 \text{ €} \times 3 \text{ ud} = 180,6 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $180,6 / 38,68 = 4,7$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.30. Análisis económico de la medida 3.4. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 206 €.

5.2.5.6. LAVABOS

A continuación, en la tabla 5.37, se refleja un listado de los lavabos existentes en el edificio con las principales características de sus griferías.

LAVABOS	Número	Tipo grifería	Caudal (l/min)	tiempo cerrado (s)
ASEOS 15 P. BAJA	1	grifo simple	24,0	-
ASEOS 16 P. BAJA	1	grifo simple	24,0	-
ASEOS 17 P. BAJA	4	grifo simple	4,1	-
ASEOS 18 P. BAJA	4	grifo simple	4,1	-
ASEOS 19 P. PRIMERA	4	grifo simple	4,1	-
ASEOS 20 P. PRIMERA	1	grifo simple	6	-
TOTAL	15			

Tabla 5.37. Lavabos. Fuente: elaboración propia.

El centro educativo cuenta con 15 lavabos, todos ellos con grifo simple.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.5.

Sustituir todos los grifos no temporizados del centro educativo por grifos temporizados.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Consiste en cambiar los grifos no temporizados que corren el riesgo de quedarse abiertos. La cuantificación del ahorro que supone dicha situación pueda carecer de precisión, pues depende exclusivamente del buen uso que se haga de la instalación. Así que se considera que el tiempo en que permanecen abiertos los grifos en cada uso es de 20 segundos. Aunque basta con que un grifo se quedase abierto durante una noche para que supusiese el 10% del consumo anual de dicho grifo.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de agua en los lavabos que no cuentan con grifos temporizados del centro educativo es de $206 \text{ m}^3/\text{año}$. El coste económico de dicho consumo asciende a $206 \text{ m}^3 \times 1,55 \text{ €/m}^3 = 319,45 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Considerando que los grifos no temporizados están abiertos 20 segundos durante cada uso. Si los grifos se cierran a los 6 segundos, esto supondría una reducción del 70 % del consumo.

Adicionalmente los nuevos grifos incorporan perlizadores que disminuyen el caudal medio de 5,8 litros por minuto a 2,5 litros por minuto, por lo que se produciría una reducción adicional del consumo del 57 %.

El efecto combinado de ambas medidas supondría una reducción del consumo del 87%.

Con esta medida se dejarían de consumir $206 \times 0,87 = 179 \text{ m}^3$ de agua al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2.014 de $179 \times 1,55 \text{ €/m}^3 = 277,45 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $179 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 = 0,2 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El grifo temporizado TEHEPTE15 de TEHSA tiene un coste de 47,80 € por unidad. La mano de obra para la sustitución de cada grifo supondría un coste de 14,50 €.

La sustitución de los 15 grifos no temporizados supondría una inversión de $(47,80 + 14,50) \times 15 = 934,5$ €

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $934,5 / 277,45 = 3,4$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.31. Análisis económico de la medida 3.5. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 1.840 €.

Independientemente de los resultados cuantificables se recomienda adoptar esta medida relativa a la sustitución de grifos para eliminar los efectos indeseables de que accidentalmente quede algún grifo abierto de manera accidental o intencionada. Si además el servicio de mantenimiento del centro es capaz de realizar la sustitución de los grifos sin coste adicional para el centro, tanto el periodo de retorno simple de la inversión como el ahorro total al cabo de 10 años se verían mejorados.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.6.

Incorporar un perlizador y sustituir el eje de todos los grifos temporizados por un eje que cierra el grifo en 6 segundos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Dado que el centro docente no cuenta con grifos temporizados, no procede el estudio de la presente medida.

5.2.5.7. FREGADEROS

El centro docente cuenta con dos fregaderos.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.7.

Implantar un perlizador en los fregaderos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Los grifos de los fregaderos actualmente instalados tienen un caudal de agua 12,8 litros por minuto.

Se propone incorporar un perlizador con cabezal y flexo orientable que permite enfocar el chorro a cualquier parte del fregadero, lo que resulta muy cómodo de usar y práctico a la hora de limpiar los utensilios. Produce un suave y agradable chorro de agua gasificado con una sensación de que aparenta salir más agua con más presión que con la grifería actual, generando mucha espuma con los jabones líquidos.

El perlizador reduce el caudal de agua hasta los 4,6 litros por minuto.

El caudal de agua es mayor que para los grifos de los lavabos para no ralentizar en exceso el uso del agua para cocinar.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de agua en los fregaderos del centro docente estimado es de 166 m³/año.

El coste económico de dicho consumo asciende a $166 \text{ m}^3 \times 1,55 \text{ €/m}^3 = 257,89 \text{ €}$.

El consumo de electricidad para calentar el agua consumida en los fregaderos del edificio es de 1.125 kWh anuales. El coste económico de dicho consumo asciende a precios del 2014 a $1.125 \text{ kWh} \times 0,31 \text{ €/kWh} = 348,78 \text{ €}$.

El coste económico total asciende a 606,67 €.

CÁLCULO DEL AHORRO DE CONSUMO DE AGUA Y DE GAS Y ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se realiza el mismo uso de la instalación, al disminuir el caudal de la grifería, obtendríamos un ahorro del 64 % del consumo de agua respecto al valor medio actual.

Con esta medida se dejarían de consumir $166 \times 0,64 = 106 \text{ m}^3$ de agua al año.

Con esta medida se dejarían de consumir $1.125 \times 0,64 = 720$ kWh de electricidad al año.

Esto implicaría un ahorro de $425 \times 0,64 = 388,27$ €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $106 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 + 720 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg de CO}_2 / \text{kWh} = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El eyector perlizador con flexo orientable RST1010X de TEHSA tiene un coste de 15,73 € por unidad. Su instalación no requiere mano de obra cualificada.

Su implantación en el total de los 2 fregaderos de la cocina supondría una inversión de $15,73 \text{ €} \times 2 \text{ ud} = 31,46 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $31,46 / 388,27 = 0,1$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.32. Análisis económico de la medida 3.7. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 3.851 €.

5.2.5.8. APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.8.

Aprovechar el agua de lluvia para usos que no requieran agua apta para el consumo humano dentro del edificio.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Las aguas pluviales recogidas, filtradas y almacenadas de forma adecuada, representan una fuente alternativa de agua de buena calidad que permite sustituir el agua potable en determinadas aplicaciones y de esta forma contribuyen en el ahorro de este recurso.

Las aguas de lluvia pueden ser empleadas para las cisternas de inodoros y el lavado de suelos.

Primero hay que valorar la capacidad de recogida de agua de lluvia que tiene el edificio. La cubierta del edificio alcanza una superficie de 680 m².

La precipitación anual en Madrid es de 504 litros por metro cuadrado.

El coeficiente de aprovechamiento para el tipo de cubierta existente es del 80%.

Así que tenemos una capacidad de recogida de agua de lluvia de $504 \text{ l/m}^2 \times 680 \text{ m}^2 \times 0,8 / 1.000 \text{ l/m}^3 = 274 \text{ m}^3$.

Como el consumo de agua para inodoros es de 499 m³ al año, el agua de lluvia serviría para aportar el 55% de dicho consumo.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de agua en los inodoros del centro educativo es de 499 m³/año. El coste económico de dicho consumo asciende a $499 \text{ m}^3 \times 1,55 \text{ €/m}^3 = 773,45 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Con esta medida se dejarían de consumir 274 m³ de agua al año de la red de agua potable que serían aportados por el agua de lluvia recogida.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2014 de $274 \text{ m}^3 \times 1,55 \text{ €/m}^3 = 424,70 \text{ €}$.

Dicho ahorro económico se ve mermado por el nuevo coste de explotación de 240 € al año repartidos entre los siguientes conceptos:

- Consumo eléctrico del sistema de bombeo: 40 €
- Mantenimiento del sistema: 200 €

Por lo que el ahorro anual de la medida asciende a $424,70 - 240 = 184,91$ €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $274 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2 / \text{m}^3 = 0,3 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Realizar esta medida tiene un coste de inversión de 42.000 € repartidos entre los siguientes conceptos:

Depósito de agua, filtro, equipo de bombeo y de control: 27.000 €

Red de saneamiento para recogida de aguas pluviales hasta el depósito: 9.000 €

Red de fontanería de agua no apta para el consumo humano: 6.000 €

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $42.000 / 184,91 = 227,1$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.33. Análisis económico de la medida 3.8. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -40.151 €.

5.2.5.9. REUTILIZACIÓN AGUAS GRISES

Otra posibilidad de reducir el consumo de agua en el edificio consiste en la reutilización de las aguas grises, aquellas provenientes de los lavabos, que una vez recogidas, tratadas y almacenadas de forma adecuada, representan una fuente alternativa de agua de calidad aceptable que permite sustituir el agua potable en determinadas aplicaciones y de esta forma contribuyen en el ahorro de este recurso.

Las aguas grises pueden ser empleadas para las cisternas de inodoros y el lavado de suelos.

La capacidad de producción de aguas grises del edificio es de 336 m³ al año, algo menos de las tres cuartas partes de la capacidad de acumulación de agua de lluvia.

El coste de la reforma de la instalación de fontanería sería idéntico al contemplado en la medida anterior. El coste de la reforma de la instalación de saneamiento para poder recoger de forma separada las aguas grises provenientes de los lavabos de las aguas fecales provenientes de los inodoros sería superior. También el coste del sistema de tratamiento que es más complejo que el sistema de filtrado y almacenamiento de agua de lluvia sería mayor.

El coste del consumo eléctrico del sistema y del mantenimiento también aumentaría.

Así que dado que los costes aumentan y el ahorro disminuye frente a la propuesta expuesta en el apartado anterior, no se desarrolla ninguna propuesta relativa a la reutilización de aguas grises debido a la falta de rentabilidad de la inversión a acometer.

5.2.6. CONCLUSIÓN

La auditoría energética realizada sirve como herramienta de ayuda en la toma de decisiones sobre las inversiones a realizar en el centro educativo.

Tras el análisis de la auditoría energética sería recomendable realizar un plan de acción en el que se fijase el calendario en el que se piensan implantar aquellas propuestas de mejora que se consideran oportunas.

Para ello habría que pedir presupuesto de las mismas a distintas empresas que pudieran implantar las propuestas, evaluar los presupuestos y decidir finalmente a quién se le adjudica la implantación de las propuestas y cuáles de ellas se llevan a cabo.

Este plan de acción puede ser plurianual y dividirse en distintas fases en función de la capacidad inversora prevista para cada anualidad.

Convendría a su vez realizar un seguimiento de los ahorros conseguidos con las propuestas implantadas y evaluar de esta manera la puesta en marcha del plan de acción llevado a cabo.

También sería deseable, reinvertir el ahorro conseguido en implantar las siguientes propuestas de mejora que no se han podido implementar en un primer momento debido al esfuerzo inversor que suponen. De esta manera se llegaría a optimizar el consumo energético del centro, dejando disponible el ahorro que se obtenga a partir de la finalización de la implantación de las propuestas, para invertirlo en mejorar la calidad del servicio educativo que se presta.

5.3. CENTRO DE EDUCACIÓN INFANTIL Y PRIMARIA REGINA ASSUMPTA

5.3.1. ANTECEDENTES

5.3.1.1. INFORMACIÓN GENERAL

ORGANIZACIÓN AUDITADA

El Centro de educación infantil y primaria Regina Assumpta, propiedad de la Fundación Escolapias Montal, con sede en la Plaza Santa Paula Montal nº3, 28.044 Madrid.

AUDITOR ENERGÉTICO

Jorge Gallego Sánchez-Torija, arquitecto.

METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA

La auditoría energética consta de las siguientes fases:

- Contacto preliminar.
- Toma de datos inicial (a facilitar por el centro docente).
- Análisis previo de los datos recibidos.
- Visita al centro educativo para la toma de datos in situ y realizar una entrevista con la persona encargada del funcionamiento de las instalaciones.
- Redacción de la Auditoría Energética:
 - o Evaluación y análisis de los datos recogidos.
 - o Proposición de medidas de ahorro y eficiencia energética.

- o Estudio del coste económico, del ahorro esperado y del periodo de amortización de cada medida por separado.
 - o Resumen y clasificación de las propuestas de mejora.
 - o Conclusiones.
- Reunión final.

5.3.1.2. TOMA DE DATOS

Los datos para elaborar la presente auditoría energética han sido facilitados por la dirección del centro y han sido tomados in situ por el redactor de la auditoría con fecha 30 de enero de 2015.

5.3.1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

El Centro de educación infantil y primaria Regina Assumpta está formado por 2 pabellones:

1.- Pabellón antiguo. Fue construido en 1960. Tiene una superficie construida de 820 m².

2.- Pabellón nuevo. Fue construido en 1972. Tiene una superficie construida de 1.210 m².

La superficie construida total del centro educativo es de 2.030 m²

5.3.1.4. UBICACIÓN

El Centro de educación infantil y primaria Regina Assumpta está ubicado en la Calle San Andrés 9, Cercedilla, 28.470 Madrid.

Cercedilla presenta un clima cálido y templado. Su régimen de precipitaciones es irregular, con mayor porcentaje de lluvia durante el invierno y la primavera. La temperatura media anual es de 10,0°C. La precipitación es de 508 mm al año. El mes más seco es agosto, con 18 mm. El mes más lluvioso es mayo, con 63 mm.

Figura 5.34. Climograma de Cercedilla. Fuente: <http://es.climate-data.org>

El mes más caluroso es julio con una temperatura media de 20,0°C. El mes más frío es enero con una temperatura media de 2,0°C. Las temperaturas medias varían durante el año en un 18°C.

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	39	36	43	51	63	45	19	18	39	49	55	51
°C	2.0	3.2	5.7	7.8	11.4	16.2	20.0	19.7	16.0	10.2	5.3	2.8
°C (min)	-1.8	-1.3	0.7	2.5	5.6	9.9	13.2	13.1	9.9	5.7	1.1	-0.4
°C (max)	5.8	7.7	10.8	13.2	17.2	22.5	26.8	26.4	22.1	14.8	9.5	6.1

Figura 5.35. Tabla climática de Cercedilla. Fuente: <http://es.climate-data.org>

5.3.1.5. OCUPACIÓN

OCUPACIÓN DEL CENTRO DOCENTE

DURANTE LOS DÍAS LECTIVOS DEL CALENDARIO ESCOLAR

Número de	2009	2010	2011	2012	2013
Alumnos/as	173	174	158	152	147
Profesores/as	11	12	12	12	12
COMEDOR	93	94	85	82	80

Tabla 5.38. Ocupación del centro docente. Fuente: elaboración propia.

Durante los días laborables no lectivos y los días de vacaciones el centro docente permanece desocupado.

HORARIOS DEL CENTRO DOCENTE	Lunes-viernes	Sábado- Domingo
Días lectivos del calendario escolar	9.00-17.00	-
Días no lectivos	-	-

Tabla 5.39. Horarios del centro docente. Fuente: elaboración propia.

HORARIO DE LAS DISTINTAS ÁREAS DEL CENTRO DOCENTE:

- Aulas: 9.00-13.00 y 15.00-16.30
- Comedor: 13.00-15.00
- Administración: 9.00-13.00 y 15.00-16.30
- Cocina: 8.30-15.30

5.3.2. RESUMEN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

5.3.2.1. COMUNICACIÓN RELATIVA A LA REALIZACIÓN DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA

Actividad/es auditada/s	☒ Edificios
	☐ Procesos
	☐ Transporte
Ahorro energético estimado (kWh/año)	182.182
Emisiones de CO ₂ evitadas (tCO ₂ e)	57,3
Inversión estimada para acometer las mejoras señaladas en la auditoría (euros)	41.269
Consumo energético (kWh/año)	238.440
Periodo de retorno de la inversión (años)	2,1

Tabla 5.40. Comunicación relativa a la realización de una auditoría energética. Fuente: elaboración propia.

5.3.2.2. CONSUMO ENERGÉTICO

Se han estudiado los datos de consumo del centro docente durante los años 2009 a 2013.

El consumo de gasóleo ha sido de 214.870 kWh/año.

El consumo de electricidad ha sido de 22.079 kWh/año.

El consumo medio de agua ha sido de 497 m³.

Si al consumo energético realizado en el proceso de depuración de las aguas residuales, se le añade la energía consumida en el transporte de dichas aguas, en la distribución de agua sanitaria desde la captación hasta el consumo y en su captación, el consumo energético que se realiza es de 3 kWh/m³ (Martín, 2014).

Por tanto el consumo de agua ha supuesto un consumo energético de 1.491 kWh/año.

El consumo energético total del edificio es de 238.440 kWh/año.

5.3.2.3. PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE CALEFACCIÓN

PROPUESTAS DE MEJORA CALEFACCIÓN		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
1.1	Aumentar el aislamiento térmico de los muros	60.932	18,9	74.114	5.495	13,5
1.2	Sustituir las ventanas	19.623	6,1	105.300	1.770	59,5
1.3	Aumentar el aislamiento térmico de la cubierta	5.500	1,7	31.302	496	63,1
1.4	Aumentar el aislamiento térmico de los forjados exteriores	-	-	-	-	-
1.5	Disminuir las infiltraciones con burletes y sellado	9.896	3,1	1.700	892	1,9
1.6	Implantar un plan energético	68.137	21,2	0	6.145	0,0
1.7	Realizar la compra de combustible centralizada	21.487	0,0	0	1.938	0,0
1.8	Sustituir la caldera	30.696	9,5	23.750	2.768	8,6

1.9	Válvulas de regulación termostática	16.518	5,1	4.356	1.490	2,9
1.10	Actualizar centralita de regulación	10.744	3,3	5.000	969	5,2
1.11	Aislar depósitos acumulación ACS	2.099	0,7	1.650	189	8,7

Tabla 5.41. Propuestas de mejora relativas al consumo de calefacción. Fuente: elaboración propia.

5.3.2.4. PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

PROPUESTAS DE MEJORA ELECTRICIDAD		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
2.1	Implantar un plan eléctrico	2.208	0,7	0	486	0,0
2.2	Instalar una batería de condensadores	-	-	-	-	-
2.3	Ajustar la potencia eléctrica contratada	-	-	-	-	-
2.4	Cambiar de compañía suministradora	1.104	7,3	0	243	0,0
2.5	Sustituir lámparas fluorescentes lineales por led	5.325	1,8	1.385	1.172	1,2
2.6	Sustituir lámparas fluorescentes compactas por led	575	0,2	162	127	1,3
2.7	Sustituir lámparas incandescentes por led	1.039	0,3	96	229	0,4
2.8	Sustituir lámparas halógenas por led					
2.9	Sustituir emergencias por emergencias led	1.183	0,4	1.500	260	5,8

2.10	Instalar un detector de presencia para apagar la iluminación de la cabina del ascensor	995	0,3	120	219	0,5
2.11	Desconectar arcones y cámaras durante el período no lectivo	630	0,2	0	139	0,0
2.12	Cambiar la nevera por otra de bajo consumo energético	-	-	-	-	-
2.13	Instalar regletas con interruptor de apagado en equipos informáticos	203	0,1	167	45	3,7
2.14	Instalar un temporizador digital con reloj diario y semanal en termos	-	-	-	-	-

Tabla 5.42. Propuestas de mejora relativas al consumo de energía eléctrica. Fuente: elaboración propia.

5.3.2.5. PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE AGUA

PROPUESTAS DE MEJORA AGUA		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
3.1	Ecoauditoría del agua	297	0,1	0	188	0,0
3.2.	Evitar consumos anómalos	1.692	0,6	0	1.072	0,0
3.3.	Contrapeso en inodoros con tanque alto	95	0,1	305	181	1,7
3.4.	Descarga de doble pulsador en inodoros con pulsador sencillo	9	0,0	181	17	10,6
3.5.	Sustitución de grifos no temporizados por grifos temporizados	49	0,0	809	93	8,7

3.6.	Perlizador y eje que cierra el grifo en 6 segundos en grifos temporizados	20	0,0	207	38	5,4
3.7.	Perlizador en fregaderos	7.191	2,2	63	744	0,1
3.8.	Recuperar agua de lluvia	311	0,3	42.000	351	119,7

Tabla 5.43. Propuestas de mejora relativas al consumo de agua. Fuente: elaboración propia.

5.3.2.6. ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

Todas las propuestas de mejora estudiadas suponen una o varias de las siguientes ventajas: un ahorro energético, una reducción de las emisiones de CO₂, un ahorro económico. No obstante, tanto la inversión que se necesita para acometerlas, como el periodo de retorno de dicha inversión difieren significativamente entre unas y otras.

En un primer momento, se desaconseja adoptar aquellas medidas cuyo periodo de retorno de la inversión es superior a 10 años. Cuando se implanten las primeras medidas y se empiece a conseguir un ahorro económico, sería el momento en el que se podría decidir invertir aquellos ahorros logrados en medidas con mayor plazo de recuperación de las inversiones.

Las medidas con un periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años se ordenan en base a dos criterios:

- Primer criterio: en función del periodo de retorno simple de la inversión. Se trata del criterio óptimo de implantación de las medidas, puesto que empieza por aquellas que suponen una mayor rentabilidad desde el punto de vista económico.
- Segundo criterio: en función del importe a invertir. Se trata de un criterio que tiene en cuenta la capacidad inversora del centro docente. Se empiezan a implantar las medidas más económicas y, con el ahorro obtenido, se pueden acometer las siguientes medidas.

En función del criterio que adopte la dirección del centro se podrán implementar las medidas propuestas en el orden que se estime oportuno.

Cabe tener en cuenta que los criterios expuestos no tienen en cuenta en su orden la reducción de emisiones de CO₂. Si el centro tuviera como criterio principal para la implantación de las medidas la reducción de dichas emisiones, habría que poner en marcha las medidas en un orden diferente.

A continuación, se muestran en la tabla 5.44 las medidas que se aconseja adoptar debido a que tienen un periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años.

PROPUESTAS DE MEJORA CON PERIODO DE RETORNO INFERIOR A 10 AÑOS		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
1.5	Disminuir las infiltraciones con burletes y sellado	9.896	3,1	1.700	892	1,9
1.6	Implantar un plan energético	68.137	21,2	0	6.145	0,0
1.7	Realizar la compra de combustible centralizada	21.487	0,0	0	1.938	0,0
1.8	Sustituir la caldera	30.696	9,5	23.750	2.768	8,6
1.9	Válvulas de regulación termostática	16.518	5,1	4.356	1.490	2,9
1.10	Actualizar centralita de regulación	10.744	3,3	5.000	969	5,2
1.11	Aislar depósitos acumulación ACS	2.099	0,7	1.650	189	8,7
2.1	Implantar un plan eléctrico	2.208	0,7	0	486	0,0
2.4	Cambiar de compañía suministradora	1.104	7,3	0	243	0,0
2.5	Sustituir lámparas fluorescentes lineales por led	5.325	1,8	1.385	1.172	1,2
2.6	Sustituir lámparas fluorescentes compactas por led	575	0,2	162	127	1,3
2.7	Sustituir lámparas incandescentes por led	1.039	0,3	96	229	0,4
2.9	Sustituir emergencias por emergencias led	1.183	0,4	1.500	260	5,8
2.10	Instalar un detector de presencia para apagar la iluminación de la cabina del ascensor	995	0,3	120	219	0,5

2.11	Desconectar arcones y cámaras durante el período no lectivo	630	0,2	0	139	0,0
2.13	Instalar regletas con interruptor de apagado en equipos informáticos	203	0,1	167	45	3,7
3.1	Ecoauditoría del agua	297	0,1	0	188	0,0
3.2.	Evitar consumos anómalos	1.692	0,6	0	1.072	0,0
3.3.	Contrapeso en inodoros con tanque alto	95	0,1	305	181	1,7
3.5.	Sustitución de grifos no temporizados por grifos temporizados	49	0,0	809	93	8,7
3.6.	Perlizador y eje que cierra el grifo en 6 segundos en grifos temporizados	20	0,0	207	38	5,4
3.7.	Perlizador en fregaderos	7.191	2,2	63	744	0,1
	TOTAL	182.182	57,3	41.269	19.623	2,1

Tabla 5.44. Medidas que se aconseja adoptar. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran en la tabla 5.45 las medidas con periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años ordenadas en función del periodo de retorno de la inversión. Si se prioriza el criterio mencionado, sería el orden de implantación de las propuestas de mejora. Dado que el criterio más favorable para la entidad auditada se considera el de menor retorno simple de la inversión, únicamente se muestra el orden de las medidas en función de dicho criterio. Aunque, como se ha dicho anteriormente, en función del criterio que adopte la dirección del centro se podrán implementar las medidas propuestas en el orden que se estime oportuno.

PROPUESTAS DE MEJORA CON PERIODO DE RETORNO INFERIOR A 10 AÑOS		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
1.6	Implantar un plan energético	68.137	21,2	0	6.145	0,0

1.7	Realizar la compra de combustible centralizada	21.487	0,0	0	1.938	0,0
2.1	Implantar un plan eléctrico	2.208	0,7	0	486	0,0
2.4	Cambiar de compañía suministradora	1.104	7,3	0	243	0,0
2.11	Desconectar arcones y cámaras durante el período no lectivo	630	0,2	0	139	0,0
3.1	Ecoauditoría del agua	297	0,1	0	188	0,0
3.2.	Evitar consumos anómalos	1.692	0,6	0	1.072	0,0
3.7.	Perlizador en fregaderos	7.191	2,2	63	744	0,1
2.7	Sustituir lámparas incandescentes por led	1.039	0,3	96	229	0,4
2.10	Instalar un detector de presencia para apagar la iluminación de la cabina del ascensor	995	0,3	120	219	0,5
2.5	Sustituir lámparas fluorescentes lineales por led	5.325	1,8	1.385	1.172	1,2
2.6	Sustituir lámparas fluorescentes compactas por led	575	0,2	162	127	1,3
3.3.	Contrapeso en inodoros con tanque alto	95	0,1	305	181	1,7
1.5	Disminuir las infiltraciones con burletes y sellado	9.896	3,1	1.700	892	1,9
1.9	Válvulas de regulación termostática	16.518	5,1	4.356	1.490	2,9
2.13	Instalar regletas con interruptor de apagado en equipos informáticos	203	0,1	167	45	3,7
1.10	Actualizar centralita de regulación	10.744	3,3	5.000	969	5,2
3.6.	Perlizador y eje que cierra el grifo en 6 segundos en grifos temporizados	20	0,0	207	38	5,4

2.9	Sustituir emergencias por emergencias led	1.183	0,4	1.500	260	5,8
1.8	Sustituir la caldera	30.696	9,5	23.750	2.768	8,6
3.5.	Sustitución de grifos no temporizados por grifos temporizados	49	0,0	809	93	8,7
1.11	Aislar depósitos acumulación ACS	2.099	0,7	1.650	189	8,7

Tabla 5.45. Medidas con periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años ordenadas en función del periodo de retorno de la inversión. Fuente: elaboración propia.

Figura 5.36. Propuestas de mejora con periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años ordenadas en función del periodo de retorno de la inversión. En el eje de las abscisas se refleja la inversión necesaria acumulada y en el eje de las ordenadas el ahorro que se obtiene con dicha inversión acumulado para cada medida. Fuente: Elaboración propia.

5.3.3. CONSUMO DE CALEFACCIÓN

5.3.3.1. ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO

El Centro de educación infantil y primaria Regina Assumpta está formado por 2 pabellones que fueron construidos en los años 1960 y 1972 respectivamente.

La primera normativa española en cuanto al aislamiento térmico en los edificios es de 1979. Los edificios construidos con anterioridad a dicha fecha presentan unas elevadas pérdidas de energía a través de su envolvente térmica. Por eso resulta pertinente realizar un estudio técnico económico de lo que supone mejorar los cerramientos del edificio desde el punto de vista térmico.

En la actualidad la normativa que trata de esta materia es la Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

Dicha normativa exige limitar la demanda energética cuando se realice una obra de reforma, entendiéndose por tal cualquier trabajo u obra en un edificio existente distinto del que se lleve a cabo para el exclusivo mantenimiento del edificio.

Es previsible que, al igual que sucede con la Inspección Técnica de los Edificios que obliga a realizar obras, en un futuro la normativa obligue a los edificios existentes a cumplir con un determinado nivel de aislamiento en aras a reducir el consumo energético.

5.3.3.2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE ACS

La instalación de calefacción y agua caliente sanitaria está formada por los siguientes sistemas:

- Sistema de producción de calor: Una caldera estándar marca Wuason, modelo T-R 250, potencia nominal: 250.000 kcal/h (290 kW), instalada en septiembre de 2001. Rendimiento nominal: 90%.
- Combustible: gasóleo almacenado en un depósito enterrado de 20.000 litros con un depósito nodriza de alimentación dispuesto en el cuarto de calderas.
- Chimenea de evacuación de humos con aparente buen estado exterior.

- Dos vasos acumuladores de agua caliente sanitaria de 5.000 litros cada uno, marca Caldeyano, instalados en 1997 sin aislamiento térmico.
- Sistema de distribución de calor: La caldera alimenta a un circuito para la preparación de agua caliente sanitaria y a otro circuito para calefacción que se subdivide en dos, uno para cada edificio, movidos por sendas bombas de circulación. El control de temperatura de agua es único para el circuito de calefacción y se efectúa mediante una válvula de tres vías colocada al comienzo del circuito.
- Las tuberías son de acero y están sin aislar en la sala de calderas. Los circuitos de distribución discurren empotrados en algunos tramos y vistos en otros tramos. Los tramos vistos no llevan aislamiento térmico.
- Sistema de emisión de calor: Radiadores de acero de elementos con válvula de regulación manual.
- Sistema de regulación: Puesta en marcha y paro de la instalación mediante programador horario marca Siemens modelo Sigmagyr RVP 30 operado por el personal de mantenimiento del centro de forma que la caldera permanece encendida las 24 horas del día durante la temporada de invierno.

5.3.3.3. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN

Se han recogido datos de facturación del consumo de gasóleo de los últimos 5 años. Los datos se han elaborado para estimar el reparto de los consumos a lo largo de los distintos meses en función de los datos climáticos de Cercedilla.

Los datos de consumo de gasóleo para CALEFACCIÓN Y ACS del centro docente se pueden observar en la figura 5.37 y en la tabla 5.46:

Figura 5.37. Gráfico de consumo de gasóleo del centro docente durante los años 2009 a 2013. Fuente: elaboración propia.

	CONSUMO GASÓLEO (I)					
MES	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
Enero	3.594	1.059	1.766	3.614	3.614	2.729
Febrero	3.235	2.875	3.594	3.576	3.575	3.371
Marzo	4.312	2.156	3.594	3.046	3.656	3.353
Abril	2.154	2.871	3.588	2.234	2.682	2.706
Mayo	1.891	2.868	3.585	1.899	2.279	2.504
Junio	92	120	33	76	85	81
Julio	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0
Septiembre	92	120	33	76	85	81
Octubre	1.406	1.777	2.057	1.167	1.338	1.549
Noviembre	2.155	3.594	2.155	2.181	2.502	2.517
Diciembre	3.594	3.594	1.098	1.830	3.072	2.638
TOTAL	22.525	21.036	21.502	19.698	22.887	21.530

Tabla 5.46. Consumo de gasóleo de los años 2009 a 2013.

Para poder comparar los datos de consumo de gasóleo con otros edificios de similares características y para poder estudiar cómo afectan las medidas de ahorro que se propongan al consumo específico con el que tienen relación, se desglosa el consumo de gasóleo realizado por la instalación de calefacción y el consumo de gasóleo empleado en la producción de ACS.

Los datos de consumo de gasóleo para CALEFACCIÓN del centro docente se pueden observar en la figura 5.38 y en la tabla 5.47:

Figura 5.38. Gráfico de consumo de gasóleo para calefacción del centro docente durante los años 2009 a 2013. Fuente: elaboración propia.

	CONSUMO GASÓLEO (I)					
MES	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
Enero	3.502	1.031	1.721	3.521	3.521	2.659
Febrero	3.151	2.800	3.501	3.483	3.482	3.283
Marzo	4.198	2.099	3.499	2.965	3.559	3.264
Abril	2.076	2.767	3.459	2.153	2.585	2.608
Mayo	1.799	2.746	3.433	1.818	2.182	2.396
Junio	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0
Octubre	1.314	1.657	2.024	1.091	1.253	1.468

Noviembre	2.089	3.501	2.089	2.105	2.417	2.440
Diciembre	3.505	3.505	1.070	1.785	2.987	2.570
TOTAL	21.634	20.108	20.795	18.920	21.985	20.688

Tabla 5.47. Consumo de gasóleo para calefacción en el centro docente durante los años 2009 a 2013.

Para poder comparar los datos de consumo de gasóleo con otros edificios de similares características se hayan los indicadores del consumo anual de gasóleo por superficie, del consumo anual de gasóleo por usuario y del índice energético normalizado que mide el consumo anual de por unidad de superficie y que se normaliza en función de los datos climáticos de la localidad para que se puedan comparar entre distintas localidades.

AÑO	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
CONSUMO ANUAL GASÓLEO POR SUPERFICIE (l/m ²)	12,3	11,4	11,8	10,8	12,6	11,8
CONSUMO ANUAL GASÓLEO POR USUARIO (l/usuario)	141	131	136	124	144	135,2
ÍNDICE ENERGÉTICO NORMALIZADO (kWh/m ²)	101,4	94,2	97,6	88,9	103,8	97,2

Tabla 5.48. Indicadores del consumo anual de gasóleo por superficie, del consumo anual de gasóleo por usuario y del índice energético normalizado durante los años 2009 a 2013.

Según el Manual de eficiencia energética en centros docentes (Alonso, 2013), el valor de referencia para el índice energético normalizado de los centros docentes estudiados es de 65,0 kWh/m², mientras que el valor de buenas prácticas es de 43,2 kWh/m².

El centro docente tiene un índice energético normalizado un 33% por encima del valor de referencia, por lo que se encuentra peor que la media. Cuenta con un mayor potencial de ahorro del 55% en cuanto al consumo de calefacción se refiere para alcanzar el valor de buenas prácticas.

A continuación, en la tabla 5.49, se cuantifican los indicadores de las emisiones anuales de CO₂ y de las emisiones anuales por usuario de CO₂ asociadas al consumo de gasóleo. La obtención de dichos valores se ha realizado utilizando los factores de emisión de CO₂ establecidos de manera oficial (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Ministerio de Fomento, 2016): 0,311 kg CO₂ /kWh E. final para gasóleo de calefacción.

AÑO	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
EMISIONES ANUALES CO ₂ (t)	83	77	80	73	84	79
EMISIONES ANUALES CO ₂ POR USUARIO (kg/usuario)	469	436	451	410	477	449

Tabla 5.49. Indicadores de las emisiones anuales de CO₂ y de las emisiones anuales por usuario de CO₂ asociadas al consumo de gasóleo durante los años 2009 a 2013.

Se reflejan los indicadores de la factura anual del consumo de gasóleo, factura anual del consumo de gasóleo por usuario y precio del gasóleo por volumen consumido.

AÑO	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
FACTURA ANUAL GASÓLEO (€)	22.583	21.684	20.118	15.423	14.046	18.771
FACTURA ANUAL GASÓLEO POR USUARIO (€/usuario)	127,6	122,5	113,7	87,1	79,4	106,1
PRECIO GASÓLEO POR VOLUMEN CONSUMIDO (€/l)	0,90	0,94	0,84	0,70	0,55	0,8

Tabla 5.50. Indicadores de la factura anual del consumo de gasóleo, factura anual del consumo de gasóleo por usuario y precio del gasóleo por volumen consumido durante los años 2009 a 2013.

Se establece un reparto de la energía final empelada en el calentamiento del edificio.

A continuación se muestran los datos de partida:

- Transmitancia térmica de los muros: 2,45 W/m²K
- Superficie de muros: 1.302 m²
- Transmitancia térmica de los huecos: 4,27 W/m²K
- Superficie de huecos: 351 m²
- Transmitancia térmica de la cubierta: 0,58 W/m²K
- Superficie de la cubierta: 666 m²
- Grados hora de calefacción: 21.176 °C
- Volumen del edificio: 6.624 m³

- Tasa de ventilación: 1,31 renovaciones por hora
- Rendimiento de la instalación: 84%

Con estos datos, se obtienen los siguientes valores:

	Elemento	Cargas por transmisión (kWh)	Porcentaje respecto del total de cargas (%)
Envolvente	Muros	67.549	39%
	Huecos	31.738	18%
	Cubierta	8.180	5%
Total cargas por transmisión (kWh)		24.330	107.467
Cargas por ventilación (kWh)		65.972	38%
Total energía entregada (kWh)		173.439	100%
Rendimiento (%)		84%	
Energía consumida (kWh)		206.475	

Tabla 5.51. Reparto de la energía final empelada en el calentamiento del edificio. Fuente: elaboración propia.

Los datos de consumo de gasóleo para producción de ACS del centro docente se pueden observar en la figura 5.39 y en la tabla 5.52:

Figura 5.39. Gráfico de consumo de gasóleo para producción de ACS del centro docente durante los años 2009 a 2013. Fuente: elaboración propia.

MES	CONSUMO GASÓLEO (l)					
	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
Enero	92	28	45	93	93	70
Febrero	84	75	93	93	93	88
Marzo	114	57	95	81	97	89
Abril	78	104	129	81	97	98
Mayo	92	122	152	81	97	109
Junio	92	120	33	76	85	81
Julio	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0
Septiembre	92	120	33	76	85	81
Octubre	92	120	33	76	85	81
Noviembre	66	93	66	76	85	77
Diciembre	89	89	28	45	85	67
TOTAL	891	928	707	778	902	841

Tabla 5.52. Consumo de gasóleo para calefacción en el centro docente durante los años 2009 a 2013.

5.3.3.4. MEJORAS EN LA ENVOLVENTE

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.1.

Aumentar el aislamiento térmico de los muros.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El inmueble consta de dos edificios construidos en distintos momentos. El coeficiente de transmisión de calor de los muros es de $2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ en el pabellón antiguo (pabellón 1 en adelante), y de $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ en el pabellón nuevo (pabellón 2 en adelante). El coeficiente de transmisión medio es de $2,45 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La normativa actual es más restrictiva en esta materia. Para alcanzar los valores de consumo energético del edificio que exige en el caso de que se reforme, haría falta llegar a $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La solución que más ventajas presenta es la aplicación del aislamiento térmico por el exterior ya que aprovecha mejor la inercia térmica del muro y permite realizar las obras sin interrumpir la actividad interior del centro.

Consiste en adherir placas de poliestireno expandido con mortero y ancladas mecánicamente con fijaciones de percusión para posteriormente revestirlas mediante mortero armado con fibra de vidrio.

Para alcanzar los valores exigidos serían necesarios espesores de aislamiento de 14 cm para el pabellón 1 y 12 cm para el pabellón 2.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas de transmisión de los muros es de 67.549 kWh al año.

El coste de dicho consumo de gasóleo de calefacción a precios de 2013 es de $67.549 \text{ kWh} \times 0,09 \text{ €/kWh} = 6.092 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al aumentar el aislamiento térmico de los muros desde sus valores actuales hasta que alcancen un coeficiente de transmisión térmica de $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$, se dejarían de consumir 60.932 kWh.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $60.932 \text{ kWh} \times 0,09 \text{ €/kWh} = 5.495 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $60.932 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 18,9 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Aumentar el aislamiento térmico del muro supondría una inversión de $1.302 \text{ m}^2 \times 56,92 \text{ €/m}^2 = 74.114 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $74.114 / 5.495 = 13,5$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.40. Análisis económico de la medida 1.1. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -19.168 €. (Cuando la cifra de ahorro se expresa mediante un número negativo, significa que no se produce tal ahorro. El número indica la cantidad de dinero invertida que todavía está pendiente de amortizar).

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.2.

Sustituir las ventanas antiguas por ventanas de altas prestaciones térmicas.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El coeficiente de transmisión de calor de las carpinterías tiene un valor de 4,27 W/m²K.

La normativa actual es más restrictiva en esta materia. Para alcanzar los valores de consumo energético del edificio que exige en el caso de que se reforme, haría falta llegar a valores cercanos a 1,63 W/m²K.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas de transmisión de las carpinterías es de 31.738 kWh al año.

El coste de dicho consumo de gas de calefacción a precios de 2013 es de 31.738 kWh x 0,09 €/kWh = 2.862 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al aumentar el aislamiento térmico de las carpinterías antiguas desde sus valores actuales hasta que alcancen un coeficiente de transmisión térmica de 1,63 W/m²K, se dejarían de consumir 19.623 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $19.623 \text{ kWh} \times 0,09 \text{ €/kWh} = 1.770 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $19.623 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 6,1 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Sustituir las carpinterías supondría una inversión de $351 \text{ m}^2 \times 300 \text{ €/m}^2 = 105.300 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $105.300 / 1.770 = 59,5$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.41. Análisis económico de la medida 1.2. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -87.600 € .

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.3.

Aumentar el aislamiento térmico de la cubierta.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El coeficiente de transmisión de calor de la cubierta tiene un valor de $0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La normativa actual es más restrictiva en esta materia. Para alcanzar los valores de consumo energético del edificio que exige en el caso de que se reforme, haría falta llegar a $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La solución más económica consiste en realizar un trasdosado de placa de yeso con aislamiento por debajo del techo existente.

Para alcanzar los valores exigidos serían necesarios espesores de aislamiento de 10 cm.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas de transmisión de la cubierta es de 8.180 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo de calefacción a precios de 2013 es de $8.180 \text{ kWh} \times 0,09 \text{ €/kWh} = 738 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al aumentar el aislamiento térmico de las cubiertas desde sus valores actuales hasta que alcancen un coeficiente de transmisión térmica de $0,19 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, se dejarían de consumir 5.500 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $5.500 \text{ kWh} \times 0,09 \text{ €/kWh} = 496 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $5.500 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 1,7 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Aumentar el aislamiento térmico de la cubierta supondría una inversión de $666 \text{ m}^2 \times 47 \text{ €/m}^2 = 31.302 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $31.302 / 496 = 63,1$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.42. Análisis económico de la medida 1.3. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -26.342 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.4.

Aumentar el aislamiento térmico de los forjados exteriores.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Dado que el edificio no cuenta con forjados exteriores, no procede estudiar la presente medida.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.5.

Disminuir las infiltraciones colocando burletes en las ventanas y sellando las juntas y capialzados.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Una forma de perder calor de los edificios es a través de las infiltraciones no deseadas que se producen a través de las rendijas que dejan las ventanas tanto en sus juntas como en las hojas.

Para evitarlo se pueden colocar burletes que aseguren una mayor estanqueidad y sellar las juntas de las ventanas que se encuentren en mal estado así como los cajones donde se alojan las persianas llamados capialzados.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas de ventilación es de 65.972 kWh al año.

El coste del consumo de gas de calefacción a precios de 2013 es de $65.972 \text{ kWh} \times 0,09 \text{ €/kWh} = 5.949 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al disminuir las infiltraciones colocando burletes en las ventanas y sellando las juntas y capialzados, se dejarían de consumir 9.896 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $9.896 \text{ kWh} \times 0,09 \text{ €/kWh} = 892 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $9.896 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 3,1 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El coste de los burletes y de la silicona para el sellado de todas las ventanas asciende a 850 €. La durabilidad de este material es de 5 años, por lo que pasado dicho período de tiempo habría que volver a colocarlo.

El servicio de mantenimiento se podría encargar de su aplicación, por lo que el coste de instalación sería gratuito.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $1.700 / 892 = 1,9$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.43. Análisis económico de la medida 1.5. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 7.224 €.

5.3.3.5. HÁBITOS DE CONSUMO

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.6.

Implantar un “Plan energético en el centro escolar”.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para calentar el edificio depende, entre otros factores, del uso tanto de la envolvente como del sistema de calefacción que realizan los usuarios del centro docente y la persona encargada de operar la instalación.

Por muchas medidas de eficiencia que se implanten en la instalación, un uso inadecuado o despilfarrador de los recursos disponibles, en este caso la calefacción, puede suponer un impacto reducido de las medidas adoptadas. Por ello se propone como medida para el uso racional de la calefacción implantar un Plan energético en el centro escolar.

La finalidad del Plan energético consiste en:

- Obtener la información necesaria para abordar una apropiada planificación de la gestión integral de la calefacción.
- Estimular el hábito de la participación en los procesos de toma de decisiones (¿cómo vamos a utilizar la calefacción?).
- Concienciar a la comunidad educativa de la importancia del medio ambiente en el día a día de la vida escolar, familiar y social (el consumo de calefacción afecta al medio ambiente).

El Plan energético en el centro escolar se convierte en un instrumento que permite realizar un proceso de evaluación de la práctica educativa y ambiental, que conducirá a la mejora de los procesos de aprendizaje y de la calidad ambiental tanto del centro como de su entorno, en este caso en relación con el uso eficiente de la calefacción.

El Plan energético se organiza en cinco fases:

- Identificación y definición del problema.
- Establecimiento de un compromiso con el ahorro de calefacción.
- Realización de una auditoría inicial del uso que se hace de la calefacción en el centro, es decir, investigar y analizar el punto del que se parte.
- Elaboración, ejecución y seguimiento de un Plan de Acción para el uso eficiente de la calefacción.
- Comunicación y difusión de los resultados obtenidos.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas térmicas en la temporada fría es de 206.475 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo de calefacción a precios de 2013 es de $206.475 \text{ kWh} \times 0,09 \text{ €/kWh} = 18.620 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se establece un objetivo de rebajar el consumo medio en el centro educativo en un 33% para alcanzar el valor de referencia para el índice energético normalizado, se dejarían de consumir $0,33 \times 206.475 \text{ kWh} = 68.137 \text{ kWh}$ al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del año 2013 de $68.137 \text{ kWh} \times 0,09 \text{ €/kWh} = 6.144,60 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $68.137 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 21,2 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de un centro educativo, la implantación de esta medida está encuadrada dentro de la actividad propia del centro, por lo que no resulta necesario dedicar ningún recurso económico adicional.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.44. Análisis económico de la medida 1.6. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 61.446 €.

5.3.3.6. CONTRATACIÓN

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.7.

Realizar la compra de combustible de manera centralizada para todos los centros educativos de la Fundación, pidiendo ofertas a distintas compañías y negociando la rebaja del precio por el volumen de la compra.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

La compra por parte de cada centro educativo del gasóleo de calefacción supone una pérdida de la capacidad negociadora que se podría adquirir al acudir al mercado con una demanda superior al agrupar todos los centros.

Esta medida supone una gestión centralizada de la compra de combustible, pidiendo oferta a diversas compañías y negociando con ellas.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía desatinada a vencer las cargas térmicas en la temporada fría y a la producción de agua caliente sanitaria es de 214.870 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo a precios de 2013 es de 214.870 kWh x 0,09 €/kWh = 19.377 €.

CÁLCULO DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Las diferencias de precio del gasóleo de calefacción entre el precio más caro y el más barato entre distintos suministradores es del 20%. Suponiendo que se compra a precio medio en la actualidad y que se logra el precio más barato con la gestión centralizada de la compra, obtendríamos un ahorro del 10%.

Esto implicaría un ahorro anual a precios del año 2013 de 1.938 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al negociar el precio de compra del combustible se evitarían las emisiones de 0 toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Si la gestión de compra centralizada se llevase a cabo por personal de la fundación, esta medida no tendría ningún coste de implantación.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.45. Análisis económico de la medida 1.7. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 19.380 €.

5.3.3.7. PRODUCCIÓN DE CALOR

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.8.

Sustituir la caldera.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El rendimiento de la caldera nos informa de la cantidad de combustible que utiliza para suministrar la energía térmica que la instalación necesita. Para mantener el rendimiento a lo largo de la vida útil es necesario realizar un correcto mantenimiento.

La caldera existente es una caldera estándar. En la actualidad existen una tecnología cuyo rendimiento es mayor: la caldera de condensación.

Como primera alternativa, se estudia la repercusión económica de la sustitución de la caldera actual por otra de mayor rendimiento.

Como segunda alternativa, se estudia la repercusión económica de la sustitución de la caldera actual por otra de biomasa.

Los sistemas de calefacción alimentados con biomasa son respetuosos con el medioambiente y no generan olores como el gasóleo. Su operación y mantenimiento son sencillos ya que incorporan sistemas de control electrónico para el manejo de la instalación. La limpieza del equipo es automática. La única operación a realizar por el usuario es la retirada de las cenizas. Las cenizas pueden suponer hasta el 1% de la biomasa consumida, lo cual hace de la retirada de las cenizas una tarea poco frecuente.

Estas calderas oponen gran resistencia al desgaste, tienen una larga vida útil y son prácticamente silenciosas debido a que no necesitan un quemador que insufla aire a presión para pulverizar el combustible, como las calderas de gasóleo.

Como inconvenientes cabe destacar la necesidad de espacio para el combustible, como en el caso del gasóleo, y una disponibilidad de suministro de combustible equivalente al gasóleo.

La biomasa contribuye a la conservación del medioambiente, debido a que sus emisiones a la atmósfera son inferiores que las de los combustibles sólidos por su bajo contenido en azufre, nitrógeno y cloro. La mayor ventaja es el balance neutro de CO₂, al cerrar el ciclo de carbono que comenzaron las plantas en su crecimiento. Por tanto, se puede decir que las emisiones de la biomasa no son contaminantes, ya que su composición es básicamente parte del CO₂ captado por la planta origen de la biomasa, y vapor de agua.

La ventaja económica principal de la biomasa sobre el gas radica en el menor coste del combustible y en una mayor estabilidad del precio de éste, al no depender de los precios del petróleo. Esta ventaja tiene que equilibrar y prevalecer frente al mayor coste de inversión inicial.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas térmicas en la temporada fría y a la producción de agua caliente sanitaria es de 214.870 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo a precios de 2013 es de 214.870 kWh x 0,09 €/kWh = 19.377 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Una caldera de condensación dejaría de consumir 30.696 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del año 2013 de 30.696 kWh x 0,09 €/kWh = 2.768 €.

Para producir la misma cantidad de energía térmica, sería necesario quemar 50.734 kg de biomasa al año. El precio de la biomasa en 2016

está a 0,28 €/kg. El sistema de calefacción alimentado con biomasa supone un coste en combustible de $50.734 \text{ kg} \times 0,28 \text{ €/kg} = 14.205 \text{ €}$.

El ahorro que se obtendría con una caldera de biomasa es de $19.377 - 14.205 = 5.172 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Una caldera de condensación supondría la reducción de $30.696 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 9,5 \text{ t CO}_2$.

Una caldera de biomasa generaría unas emisiones de $214.870 \text{ kWh} \times 0,018 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 3,9 \text{ t CO}_2$. La caldera existente genera unas emisiones de $214.870 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 69,9 \text{ t CO}_2$.

Una caldera de biomasa supondría la reducción de $69,9 \text{ t CO}_2 - 3,9 \text{ t CO}_2 = 66,0 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La inversión necesaria se desglosa en las tablas 5.53 y 5.54:

	Coste unitario (€/ud)	unidades	Precio total (€)
Calera de condensación	23.000	1	23.000
Montaje	750	1	750
TOTAL			23.750

Tabla 5.53. Inversión necesaria para la instalación de una caldera de condensación. Fuente: elaboración propia.

	Coste unitario (€/ud)	unidades	Precio total (€)
Calera de biomasa	65.000	1	65.000
Montaje	750	1	750
Accesorios	1.850	1	1.850
Silo 5 m ³	4.800	1	4.800
TOTAL			72.400

Tabla 5.54. Inversión necesaria para la instalación de una caldera de biomasa. Fuente: elaboración propia.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $23.750 / 2.768 = 8,6$ años para la caldera de condensación.

El periodo de retorno simple de la inversión es de $72.400 / 5.172 = 14,0$ años para la caldera de condensación.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.46. Análisis económico de la medida 1.8. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 3.932 € para la caldera de condensación.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -20.684 € para la caldera de biomasa.

5.3.3.8. EMISORES

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.9.

Instalar válvulas de regulación termostática en los radiadores.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Algunos de los actuales radiadores cuentan con una válvula de regulación manual que permite que el radiador emita más o menos calor en función del accionamiento manual que se le aplica. Se opera dando varias vueltas a la llave, lo que supone un periodo de tiempo para un docente mayor que abrir la ventana. Esta segunda alternativa para reducir el exceso de temperatura que alcanza el aula resulta más rápido tanto en su operación como en la consecución de resultados. También resulta menos eficiente energéticamente y más caro en la factura de gasóleo.

Las válvulas de regulación termostáticas cierran o abren el paso de agua caliente al radiador según se alcance o se pierda la temperatura deseada en el aula. De este modo, no se calientan las estancias más allá de lo

deseado, puesto que aunque la caldera esté funcionando, si en una estancia se alcanza la temperatura requerida la propia válvula procede al cierre del paso de agua caliente sin que el docente tenga que girarla para abrir o cerrar cada vez que desea hacerlo. De esta manera se automatiza el control de la temperatura en cada habitación sin que sea necesaria la intervención de nadie, con lo que sólo se emite el calor que se necesita.

La instalación de las válvulas termostáticas permite el aprovechamiento de las aportaciones de calor gratuitas como la radiación solar que pueda entrar por la ventana o el calor que desprenden las personas que ocupan un aula. Este aprovechamiento se consigue gracias a que el radiador deja de emitir energía térmica al ambiente al detectar un aumento de la temperatura en la sala. Cierra el paso de agua caliente y es necesario consumir menos gas para mantener la temperatura que se desea.

En la actualidad existen tres tipos de válvulas de regulación termostáticas:

Estándar: no es preciso cambiar la válvula del radiador.

Remota: permite regular la válvula desde un punto distinto del radiador. Implica hacer obra para llevar el cableado de interconexión con el radiador. Aumenta el control de la válvula por parte del profesor.

Electrónico: es programable, con lo que para salas con horario de uso distinto al horario de funcionamiento de la caldera, permite no calefactarlas cuando no se utilizan. También constan de la función ventana abierta que ayuda a evitar derroches de energía, cerrando la válvula automáticamente cuando se ventila la sala.

Se propone sustituir las válvulas de regulación actuales manuales por válvulas de regulación termostática estándar en todos los radiadores salvo en los que están ubicados en salas de uso esporádico en los que se propone válvulas de regulación termostática electrónicas: comedor, capilla, salón de actos y despacho del Ampa.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas térmicas en la temporada fría es de 206.475 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo de calefacción a precios de 2013 es de $206.475 \text{ kWh} \times 0,09 \text{ €/kWh} = 18.620 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Con las válvulas de regulación termostática se dejarían de consumir 16.518 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del año 2013 de $16.518 \text{ kWh} \times 0,09 \text{ €/kWh} = 1.490 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $16.518 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 5,1 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La inversión necesaria para sustituir las válvulas de regulación manuales por otras de regulación termostática es de $25,48 \text{ €/ud} \times 60 \text{ válvulas estándar} + 72,72 \text{ €/ud} \times 10 \text{ válvulas electrónicas} = 2.256 \text{ €}$.

La sustitución de cada válvula tiene un coste de 30 €/ud de mano de obra, lo que multiplicado por las 70 válvulas a sustituir, supone una inversión de 2.100 € en mano de obra.

El total de la inversión necesaria asciende a 4.356 € .

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $4.356 / 1.490 = 2,9$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.47. Análisis económico de la medida 1.9. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 10.540 € .

Para que esta medida sea efectiva es preciso implantar un plan energético en el colegio para que los usuarios operen adecuadamente las nuevas válvulas de los radiadores. Sin un uso adecuado del nuevo equipamiento no se lograrán los ahorros previstos.

5.3.3.9. SISTEMA DE REGULACIÓN

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.10.

Actualizar la centralita de regulación de la caldera y del cuarto de calderas.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

La caldera se instaló hace 13 años. El aprovechamiento energético de la instalación de calefacción depende, entre otros factores, de cómo se realice su operación. Utilizando un símil automovilístico, depende de cómo se conduzca. La centralita de regulación es muy básica, acorde a la tecnología existente en el momento en el que se instaló la caldera. La operación del sistema tiene la función de programación horaria del encendido y apagado de la caldera.

La instalación funciona de una manera ineficiente. Tiene poca capacidad de adaptarse a distintas situaciones de manera que aproveche los potenciales ahorros de energía que le ofrecerían unas capacidades de ahorro energético mayores.

Se propone sustituir la centralita de regulación existente por una centralita de regulación electrónica que disponga de las siguientes funciones:

- Orden de encendido/apagado en función de reloj programable (horarios) y de temperatura exterior (sonda).
- Regulación de la temperatura de impulsión en función de la temperatura exterior, ajustable según las necesidades.

Para sacar mejor rendimiento a la centralita y aprovechar las posibilidades de ahorro energético que ofrece sería aconsejable realizar las siguientes modificaciones en el cuarto de calderas:

- Independizar los circuitos que alimentan a los radiadores en cada edificio. En la actualidad hay 2 circuitos con agua impulsada por sendas bombas, uno para calefacción y otro para ACS. Sería necesaria la colocación de 1 bomba de circulación adicional de manera que cada circuito disponga de una bomba de circulación independiente.
- Colocar una válvula mezcladora de regulación proporcional en cada circuito. Ofrecen la posibilidad de ajustar la temperatura del agua de calefacción que se impulsa a cada edificio en función de las necesidades de cada uno de ellos de manera independiente. Esta regulación de la temperatura se consigue mezclando el agua caliente que sale de la caldera con agua más enfriada que retorna a la caldera. En la actualidad la temperatura a la que se impulsa el

agua es la misma para el conjunto de edificios, con lo que es posible que la energía que se entrega a algún edificio sea excesiva. Si se dota al sistema de distribución de esta capacidad de ajustar la energía que se entrega a la necesidad real de cada edificio se logra un ahorro en el consumo de combustible. La nueva centralita es capaz de actuar estas válvulas para conseguir este ahorro.

Además también se recomienda medir el rendimiento estacional y reflejarlo en el certificado anual de mantenimiento. Para ello es preciso instalar contadores que permitan realizar la contabilización de los siguientes parámetros de cara a poder controlar cómo se está realizando el consumo y poder operar para ajustarlo según se pretenda:

- Contador de combustible consumido
- Contador de energía térmica entregada
- Contador de horas de funcionamiento de la caldera

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas térmicas en la temporada fría y a la producción de agua caliente sanitaria es de 214.870 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo a precios de 2013 es de 214.870 kWh x 0,09 €/kWh = 19.377 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Con la nueva centralita se dejarían de consumir 10.744 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del año 2013 de 10.744 kWh x 0,09 €/kWh = 969 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de 10.744 kWh x 0,311 kg CO₂/kWh = 3,3 t CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La inversión necesaria para realizar la actualización de la centralita de regulación de la caldera y del cuarto de calderas con los equipos descritos en la descripción técnica, incluyendo el material y la mano de obra es de 5.000 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $5.000 / 969 = 5,2$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.48. Análisis económico de la medida 1.10. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 4.689 €.

Para que esta medida sea efectiva es preciso que la persona encargada de maniobrar la caldera se familiarice con las nuevas funcionalidades que le va a ofrecer la instalación de regulación.

5.3.3.10. ACUMULACIÓN DE ACS

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.11

Aislar los depósitos de acumulación de ACS.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Los depósitos de acumulación de ACS se encuentran sin aislamiento. Una parte importante del calor que se produce en la caldera se pierde en dichos depósitos que no presentan protección a la pérdida de calor.

Se propone revestir el aislamiento con funda de aluminio para presentar un acabado con un adecuado nivel de protección.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para la producción de agua caliente sanitaria es de 8.395 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo a precios de 2013 es de 8.395 kWh x 0,09 €/kWh = 757 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Con los depósitos de acumulación de ACS aislados se dejarían de consumir 2.099 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del año 2013 de 2.099 kWh x 0,09 €/kWh = 189 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de 2.099 kWh x 0,311 kg CO₂/kWh = 0,7 t CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La inversión necesaria para aislar los depósitos de acumulación de ACS es de 1.650 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $1.650 / 189 = 8,7$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.49. Análisis económico de la medida 1.11. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 243 €.

5.3.4. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

5.3.4.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Los aparatos consumidores de energía eléctrica del centro docente se pueden resumir en función de su uso y su potencia eléctrica instalada en los que figuran en la tabla 5.55:

Uso	Potencia (W)
COCINA INDUSTRIAL	17.800
ALUMBRADO	10.303
INFORMÁTICA	2.087
OTROS APARATOS	1.500
TOTAL	31.690

Tabla 5.55. Potencia eléctrica de aparatos consumidores de energía eléctrica del edificio. Fuente: elaboración propia.

A continuación cada uso de la tabla 5.55 se desglosa para detallar los distintos aparatos consumidores de energía:

COCINA INDUSTRIAL	Número de equipos	Potencia unitaria (W)	Total potencia (W)
Mesa caliente	1	2.500	2.500
Montaplatos	1	550	550
Peladora	1	500	500
Freidora	1	9.500	9.500
Campana	1	1.500	1.500
Cortafiambre	1	150	150
Microondas	1	1.200	1.200
Lavavajillas	1	1.400	1.400
Cámaras	1	275	275
Arcón	1	150	150
TOTAL			17.800

Tabla 5.56. Aparatos consumidores de energía eléctrica de la cocina industrial. Fuente: elaboración propia.

ALUMBRADO	Luminarias	Lámparas por luminaria	Total lámparas	Potencia lámpara (W)	Total potencia (W)
Fluorescente lineal	80	2	160	36	5.760
Fluorescente lineal	50	1	50	36	1.800
Fluorescente lineal	4	2	8	18	144
Fluorescente lineal	17	1	17	18	306
Fluorescente compacto	16	2	32	18	576
Fluorescente compacto	4	1	4	18	72
Fluorescente compacto	5	1	5	11	55
Incandescente	24	1	24	60	1.440
Emergencia	75	1	75	2	150
TOTAL	275		375		10.303

Tabla 5.57. Aparatos consumidores de energía eléctrica del alumbrado. Fuente: elaboración propia.

INFORMÁTICA	Número de equipos	Potencia unitaria (W)	Total potencia (W)
CPU	20	50	1.000
Monitor	20	18,8	376
Proyector	2	287	574
Impresora / Escáner	3	19	57
Hub	1	80	80
TOTAL			2.087

Tabla 5.58. Aparatos consumidores de energía eléctrica de informática. Fuente: elaboración propia.

OTROS APARATOS	Número de equipos	Potencia unitaria (W)	Total potencia (W)
Fotocopiadora	1	1.500	1.500

Tabla 5.59. Aparatos consumidores de energía eléctrica de otros aparatos. Fuente: elaboración propia.

5.3.4.2. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN

Se han recogido datos de facturación de los años 2009 al 2013.

Los datos de consumo de electricidad se pueden observar en el gráfico 5.50. y en la tabla 5.60:

Figura 5.50. Gráfico de consumo de electricidad de los años 2009 al 2013. Fuente: elaboración propia.

CONSUMO ELECTRICIDAD kWh						
MES	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
Enero	1.418	1.417	1.531	1.827	1.827	1.604
Febrero	1.850	2.523	2.234	2.273	2.360	2.248
Marzo	1.805	2.494	2.017	2.494	1.917	2.145
Abril	1.909	1.691	1.877	2.129	1.917	1.905
Mayo	1.826	2.205	1.877	2.390	2.390	2.138
Junio	1.317	1.494	1.844	1.749	1.844	1.650
Julio	1.081	1.400	1.211	1.314	1.076	1.216
Agosto	864	897	1.097	1.144	1.061	1.013
Septiembre	1.099	1.279	1.437	1.380	1.402	1.319
Octubre	1.797	1.984	1.791	1.610	2.004	1.837
Noviembre	2.105	2.031	2.464	2.200	2.233	2.207
Diciembre	1.981	2.572	2.885	3.272	3.272	2.796
TOTAL	19.052	21.988	22.266	23.783	23.305	22.079

Tabla 5.60. Consumo de electricidad de los años 2009 al 2013.

Para poder comparar los datos de consumo de electricidad con otros edificios de similares características se hayan los indicadores de consumo anual de electricidad por superficie, consumo anual de electricidad por usuario y consumo diario de electricidad por usuario.

	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
ÍNDICE ELÉCTRICO (CONSUMO ANUAL ELECTRICIDAD POR SUPERFICIE) (kWh/m ²)	9,3	10,8	10,9	11,7	11,4	10,8
CONSUMO ANUAL ELECTRICIDAD POR USUARIO (kWh/usuario)	119	133	130	127	126	127,3
CONSUMO DIARIO ELECTRICIDAD POR USUARIO (kWh/usuario)	0,33	0,37	0,36	0,35	0,35	0,3

Tabla 5.61. Indicadores de índice eléctrico (consumo anual de electricidad por superficie), consumo anual de electricidad por usuario y consumo diario de electricidad por usuario en el centro docente durante los años 2009 al 2013.

Según el Manual de eficiencia energética en centros docentes (Alonso, 2013), el índice energético medio de electricidad en los centros docentes es de 15,2 kWh/m², el valor que más se repite es el de 12 kWh/m² y el valor de buenas prácticas es de 8,3 kWh/m².

El centro docente tiene un índice eléctrico un 10% por debajo del valor de la media, por lo que se encuentra ligeramente mejor que los centros educativos.

No obstante, todavía hay margen para la reducción del consumo eléctrico. En concreto para llegar a alcanzar la consideración de buenas prácticas en cuanto al consumo eléctrico, habría que reducir el consumo de energía eléctrica un 23%.

A continuación se cuantifican los indicadores de las emisiones anuales de CO₂ y de las emisiones anuales por usuario de CO₂ asociadas al consumo de gas. La obtención de dichos valores se ha realizado utilizando los factores de emisión de CO₂ establecidos de manera oficial (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Ministerio de Fomento, 2016): 0,331 kg CO₂ /kWh E. final para electricidad peninsular.

	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
EMISIONES ANUALES CO ₂ (t)	6,3	7,2	7,3	7,8	7,7	7,3

EMISIONES ANUALES CO ₂ POR USUARIO (kg/usuario)	39,5	44,2	43,1	42,1	41,7	42,1
--	------	------	------	------	------	------

Tabla 5.62. Emisiones anuales de CO₂ y emisiones anuales de CO₂ por usuario asociadas al consumo de electricidad en el centro docente durante los años 2009 al 2013. Fuente: elaboración propia.

Se reflejan los indicadores de la factura anual del consumo de electricidad, factura anual del consumo de electricidad por usuario y precio de la electricidad por cantidad de energía consumida.

	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
FACTURA ANUAL ELECTRICIDAD (€)	4.204	4.729	4.274	4.054	3.943	4.241
FACTURA ANUAL ELECTRICIDAD POR USUARIO (€/usuario)	26,4	28,8	25,1	21,8	21,4	24,7
PRECIO ELECTRICIDAD POR ENERGÍA CONSUMIDA (€/kWh)	0,22	0,22	0,19	0,17	0,17	0,19

Tabla 5.63. Indicadores de factura anual de consumo de electricidad, factura anual de consumo de electricidad por usuario y precio de la electricidad por cantidad de energía consumida en el centro docente durante los años 2009 al 2013. Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5.63 podemos comprobar ha subido el precio pagado por el kWh consumido en un 29% en los años 2009 a 2013.

Por último se establece un reparto de consumos y de gasto económico entre los distintos usos del centro educativo.

Uso	Consumo (kWh)	Factura (€/año)	Porcentaje
COCINA INDUSTRIAL	6.836	2.982	31%
ALUMBRADO	11.816	601	54%
INFORMÁTICA	3.093	594	14%
OTROS APARATOS	334	64	2%
TOTAL	22.079	4.241	100%

Tabla 5.64. Consumos y gasto económico repartidos entre los distintos usos.

5.3.4.3. HÁBITOS DE CONSUMO

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.1.

Implantar un “Plan eléctrico en el centro escolar”.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El consumo de energía eléctrica depende, entre otros factores, de los hábitos de consumo que existen entre los usuarios del centro docente.

Por muchas medidas de eficiencia que se implanten en la instalación, un uso inadecuado o despilfarrador de los recursos disponibles, en este caso la electricidad, puede suponer un impacto reducido de las medidas adoptadas. Por ello se propone como primera medida para el uso racional de la electricidad implantar un Plan eléctrico en el centro escolar.

La finalidad del Plan eléctrico consiste en:

Obtener la información necesaria para abordar una apropiada planificación de la gestión integral de la electricidad.

Estimular el hábito de la participación en los procesos de toma de decisiones (¿cómo vamos a utilizar la electricidad?).

Concienciar a la comunidad educativa de la importancia del medio ambiente en el día a día de la vida escolar, familiar y social (el consumo de electricidad afecta al medio ambiente).

El Plan eléctrico en el centro escolar se convierte en un instrumento que permite realizar un proceso de evaluación de la práctica educativa y ambiental, que conducirá a la mejora de los procesos de aprendizaje y de la calidad ambiental tanto del centro como de su entorno, en este caso en relación con el uso eficiente de la electricidad.

El Plan eléctrico se organiza en cinco fases:

- Identificación y definición del problema.
- Establecimiento de un compromiso con el ahorro de electricidad.
- Realización de una auditoría inicial del uso que se hace de la electricidad en el centro, es decir, investigar y analizar el punto del que se parte.
- Elaboración, ejecución y seguimiento de un Plan de Acción para el uso eficiente de la electricidad.
- Comunicación y difusión de los resultados obtenidos.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Esta propuesta abarca la totalidad del consumo de electricidad del centro docente. El consumo medio es de 22.079 kWh al año.

El coste del consumo medio de electricidad a precios del 2013 es de $22.079 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 4.857,42 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se establece un objetivo no demasiado ambicioso de reducir el consumo medio en el centro educativo en un 10%, se dejarían de consumir $0,1 \times 22.079 \text{ kWh} = 2.208 \text{ kWh}$ al año.

Esto implicaría un ahorro a precios de 2013 de $2.208 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/ kWh} = 485,76 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $2.208 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh} = 0,7 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de un centro educativo, la implantación de esta medida está encuadrada dentro de la actividad propia del centro, por lo que no resulta necesario dedicar ningún recurso económico adicional.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.51. Análisis económico de la medida 2.1. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 4.858 €.

5.3.4.4. CONTRATACIÓN

Una de las posibilidades de ahorro económico se encuentra en la contratación del suministro eléctrico.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.2.

Instalar una batería de condensadores

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Debido a que la instalación genera muy poca energía reactiva no se factura por ello, por lo que no resulta necesario proponer la implantación de una batería de condensadores.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.3.

Ajustar la potencia eléctrica contratada

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Al estudiar la potencia eléctrica se observa que únicamente en el 28% de los periodos de facturación se demanda más potencia eléctrica que la potencia contratada. Demandar más potencia que la contratada tiene un sobrecoste en el precio que se paga por ella. Pero también contratar más potencia que la necesaria, lo que sucede en el 61% de las ocasiones también tiene el sobrecoste de pagar más de lo que se necesita. Únicamente en el 11% de los periodos facturados se ha demandado exactamente la potencia contratada.

Esta proporción lleva a considerar que la potencia contratada se ajusta a la opción más ventajosa desde el punto de vista económico ya que una variación de potencia contratada produciría pequeñas diferencias poco significativas.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.4.

Cambiar de compañía suministradora a Som Energía.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Desde la liberalización del mercado eléctrico existen distintas alternativas en cuanto a la contratación de la electricidad. Realizar un estudio periódico del mercado puede suponer importantes ahorros económicos.

La compañía que se propone supone un ahorro económico similar a otras compañías pequeñas que no tienen que pagar sueldos millonarios a consejeros delegados.

Se propone contratar el suministro eléctrico con una cooperativa que produce energía eléctrica únicamente mediante fuentes de energía renovables.

El cambio de compañía se realiza telemáticamente sin que sea necesario realizar ningún cambio en la instalación.

Esta medida supone apostar por un consumo responsable y de transformación del modelo energético actual.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Esta propuesta abarca la totalidad del consumo de electricidad del centro docente. El consumo medio es de 22.079 kWh al año.

El coste del consumo medio de electricidad a precios del 2013 es de $22.079 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 4.857,42 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

El cambio de tarifa eléctrica de la compañía actual a Som Energía no reduciría el consumo de electricidad, aunque sí que implicaría un ahorro anual a precios del 2013 de 242,87 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al contratar con una compañía cuyas fuentes de producción son exclusivamente energías renovables, se evitarían la totalidad de emisiones actuales de CO₂: 7,3 toneladas.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Para poder contratar con Som Energía hay que hacerse socio de la entidad, lo que supone abonar la cuota de 100 € que se realiza una sola vez. No hay cuota anual por ser socio. Una vez que se deja de ser socio se recupera el capital social aportado, por lo que se considera que la inversión económica para acometer la medida es de cero euros.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.52. Análisis económico de la medida 2.4. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 2.429 €.

5.3.4.5. ALUMBRADO

La instalación de alumbrado está compuesta por los equipos que se detallan a continuación:

Tecnología	Luminarias	Lámparas por luminaria	Total lámp.	Potencia lámpara (W)	Energía anual consumida (kWh)
Fluorescente lineal	80	2	160	36	5.981
Fluorescente lineal	50	1	50	36	1.869
Fluorescente lineal	4	2	8	18	177
Fluorescente lineal	17	1	17	18	376
Fluorescente compacto	16	2	32	18	707
Fluorescente compacto	4	1	4	18	88
Fluorescente compacto	5	1	5	11	81
Incandescente	24	1	24	60	1.223
Emergencia	75	1	75	2	1.314
TOTAL	275		375		11.816

Tabla 5.65. Equipos de la instalación de alumbrado. Fuente: elaboración propia.

Las aulas no cuentan con un sistema que permita regular el nivel de iluminación interior en función del nivel de iluminación exterior o del nivel de iluminación requerido en cada momento en función de la actividad a realizar.

El centro docente no cuenta con ningún sistema de apagado automático en locales no ocupados permanentemente. Los pasillos y aseos se ocupan de forma intermitente y es difícil establecer las responsabilidades para un encendido y apagado manual. En las aulas, despachos, biblioteca, etc. es más sencillo establecer responsabilidades de apagar las luces cuando no estén ocupadas. Sin embargo, no son infrecuentes los olvidos, y un sistema de detección de presencia evita que la iluminación permanezca encendida cuando la estancia no está ocupada.

Es difícil evaluar el ahorro de los sistemas de detección de presencia o movimiento o de regulación en función del aporte de luz natural, ya que dependen de la mejor o peor gestión de la iluminación por parte de los usuarios.

Se descarta estudiar la implantación de estos sistemas a favor de desarrollar la propuesta de mejora 2.1. Implantar un “Plan eléctrico en el centro escolar”. En el desarrollo de dicho plan se trabaja la responsabilidad tanto de aulas y despachos por parte de los adultos como de aseos y pasillos por parte también de los estudiantes. Estos últimos espacios están dotados de luz natural, por lo que únicamente resulta necesario utilizar del alumbrado cuando es de noche o cuando está nublado. Finalmente los olvidos son subsanados por parte del personal de limpieza que son los últimos en abandonar los espacios que puedan quedar iluminados innecesariamente.

El centro docente no cuenta con ningún sistema de control centralizado de la instalación de alumbrado. No obstante, el apagado al final de la jornada queda garantizado por el personal de limpieza.

No existe un programa de recambio de lámparas de manera que se sustituyan cuando los valores de iluminancia descienden al llegar al final de su vida útil.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.5.

Sustitución de las lámparas fluorescentes lineales T8 existentes por tubo Led T8.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Se estudia la sustitución de las lámparas fluorescentes lineales existentes por otras más eficientes. En concreto se estudia la sustitución del tubo fluorescente actual por un tubo de tecnología led del tipo T8 que se puede implantar sin cambiar la luminaria. La tecnología led es de mayor eficiencia energética y mayor vida útil.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de las lámparas fluorescentes lineales en el centro docente es de 8.403 kWh al año.

El coste del consumo de las lámparas fluorescentes lineales a precios del 2013 es de $8.403 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 1.848,66 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir el tubo fluorescente actual por un tubo LED T8 se dejarían de consumir 5.325 kWh al año. Esto implicaría un ahorro a precios de 2013 de $5.325 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/ kWh} = 1.171,50 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Al sustituir el tubo fluorescente actual por un tubo LED T8 se dejarían de emitir $5.325 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 1,8 \text{ toneladas de CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de una medida de sustitución de las lámparas, es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las lámparas.

En el centro docente se encuentran instaladas 25 lámparas fluorescentes lineales tipo T8 de 18 W y 210 unidades de 36 W.

El coste de sustitución de cada lámpara asciende a 5 € y 6 € respectivamente. La sustitución de todas las lámparas del centro docente supondría una inversión de $25 \text{ unidades} \times 5 \text{ €} + 210 \text{ unidades} \times 6 \text{ €} = 1.385 \text{ €}$.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $1.385 / 1.171,50 = 1,2$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.53. Análisis económico de la medida 2.5. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 10.330 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.6.

Sustitución de las lámparas fluorescentes compactas existentes por lámparas con tecnología LED para casquillo E27.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Se estudia la sustitución de las lámparas fluorescentes compactas existentes por otras más eficientes. Se plantea estudiar la conveniencia de su sustitución por lámparas con tecnología LED para casquillo E27.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de las lámparas fluorescentes compactas en el centro docente es de 876 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2013 es de 876 kWh x 0,22 €/kWh = 192,72 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir la lámpara fluorescente compacta actual por una lámpara LED para casquillo E27 se dejarían de consumir 575 kWh al año. Esto implicaría un ahorro a precios de 2013 de 575 kWh x 0,22 €/ kWh = 126,50 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al sustituir la lámpara fluorescente compacta actual por una lámpara LED para casquillo E27 se dejarían de emitir 575 kWh x 0,331 kg CO₂/kWh = 0,2 toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de una medida de sustitución de las lámparas, es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las lámparas.

En el centro docente se encuentran instaladas 5 lámparas fluorescentes compactas de 11 W y 36 unidades de 18 W.

El coste de sustitución de cada lámpara asciende a 4,00 € las lámparas de 9 W y a 3,50 € las lámparas de 6 W. La sustitución de todas las lámparas del centro docente supondría una inversión de 5 unidades x 3,50 € + 36 x 4 = 161,50 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $161,50 / 126,50 = 1,3$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.54. Análisis económico de la medida 2.6. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 1.104 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.7.

Sustituir las lámparas incandescentes por lámparas con tecnología LED para casquillo E27.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Las lámparas incandescentes funcionan mediante una tecnología que despilfarra energía. El 60 % de la energía eléctrica consumida por las bombillas incandescentes se transforma en calor indirecto, el 25 % en calor directo y tan solo el 15 % en luz. En la actualidad se ha prohibido su fabricación por este motivo aunque todavía se encuentran algunas lámparas en funcionamiento.

Se plantea estudiar la conveniencia de su sustitución por lámparas con tecnología LED para casquillo E27.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Esta propuesta abarca el consumo de electricidad de las lámparas incandescentes presentes en el centro docente.

El consumo de las lámparas incandescentes es de 1.223 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2013 es de 1.223 kWh x 0,22 €/ kWh = 296,06 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led se dejarían de consumir 1.039 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del 2013 de $1.039 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 228,58 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led se dejarían de emitir $1.039 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,3 \text{ toneladas de CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de una medida de sustitución de lámparas, es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las reactancias.

En el centro docente se encuentran instaladas 24 lámpara incandescente.

Una lámpara led de 9 W tiene un coste de 4,00 €.

Sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led conllevaría un coste de $24 \text{ unidades} \times 4,00 \text{ €} = 96,00 \text{ €}$.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión consistente en sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led es de $96,00 / 228,58 = 0,4$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.55. Análisis económico de la medida 2.7. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 2.190 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.8.

Sustituir las lámparas halógenas por lámparas con tecnología LED.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Dado que el centro docente no cuenta con lámparas halógenas no procede estudiar la presente propuesta.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.9.

Sustitución de las emergencias existentes por emergencias con tecnología LED.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Se estudia la sustitución de las emergencias existentes por emergencias con tecnología LED debido a la mayor eficiencia energética que conlleva.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de las emergencias en el centro docente es de 1.314 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios de 2013 es de 1.314 kWh x 0,22 €/ kWh = 289,08 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir las emergencias actuales por emergencias LED se dejarían de consumir 1.183 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro anual a precios de 2013 de 260,26 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al sustituir las emergencias actuales por emergencias LED se dejarían de emitir 1.183 kWh x 0,331 kg CO₂/kWh = 0,4 toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las luminarias.

En el centro docente se encuentran instaladas 75 emergencias. El coste de sustitución de cada lámpara asciende a 20 €. La sustitución de todas las lámparas del centro docente supondría una inversión de 75 unidades x 20 € = 1.500 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $1.500 / 289,08 = 5,8$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.56. Análisis económico de la medida 2.9. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 1.103 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.10.

Instalar un detector de presencia para apagar la iluminación de la cabina del ascensor.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Un 35% del consumo eléctrico del ascensor se produce en el motor al realizar los traslados y en las aperturas y cierres de las puertas, mientras que el 65% restante se produce en el alumbrado de la cabina que permanece encendido las 24 horas del día.

Al instalar un detector de presencia, la iluminación de la cabina se mantiene apagada cuando el ascensor está en desuso con el consiguiente ahorro energético y económico.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de la instalación de alumbrado del ascensor es de 1.051 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2013 es de $1.051 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/ kWh} = 231,22 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL AHORRO DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

El ahorro que supondría instalar un detector de presencia en la cabina del ascensor es de 995 kWh anuales.

Esto implicaría un ahorro anual a precios de 2013 de 218,90 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al instalar un detector de presencia en la cabina del ascensor se evitarían las emisiones de 995 kWh x 0,331 kg CO₂ / kWh = 0,3 toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Un detector de presencia en la cabina del ascensor supone una inversión de 120 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

La instalación de un detector de presencia en la cabina del ascensor tiene un período de retorno simple de la inversión de $120 / 218,90 = 0,5$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.57. Análisis económico de la medida 2.10. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 2.069 €.

5.3.4.6. COCINA INDUSTRIAL

La cocina industrial está compuesta por los equipos que se detallan a continuación:

	Número de equipos	Potencia (W)	Energía anual consumida (kWh)
Mesa caliente	1	2.500	1.328
Montaplatos	1	550	97
Peladora	1	500	89
Freidora	1	9.500	841
Campana	1	1.500	531
Cortafiambre	1	150	13
Microondas	1	1.200	106
Lavavajillas	1	1.400	124
Cámara	1	275	2.393
Arcón	1	150	1.314
TOTAL		17.800	6.836

Tabla 5.66. Equipos de la cocina industrial. Fuente: elaboración propia.

Se estudian las propuestas de mejora que afectan a los equipos que más energía consumen y que son susceptibles de mejora en cuanto a su eficiencia energética.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.11.

Desconectar los arcones y las cámaras durante el periodo no lectivo.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El centro educativo cuenta con una cámara frigorífica y con un arcón.

A pesar de que la potencia nominal de cada uno de dichos aparatos es pequeña frente a otros aparatos, como su uso se produce durante las 24 horas del día, finalmente el consumo de estos equipos supone un 17% del consumo total de electricidad.

Se propone desconectar la cámara frigorífica y el arcón durante los dos meses de verano.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo del arcón y de la cámara, si permanecen conectados todos los días del año, es de 3.707 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2013 es de 3.707 kWh x 0,22 €/ kWh = 815,54 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al tener desconectados el arcón y la cámara durante los meses de julio y de agosto se dejarían de consumir $62/365 \times 3.707 \text{ kWh} = 630 \text{ kWh}$ al año.

Esto implicaría un ahorro anual a precios del 2013 de 138,60 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al tener desconectados el arcón y la cámara durante los meses de julio y de agosto se evitarían las emisiones de $630 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh} = 0,2$ toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de una medida exclusivamente de gestión el coste de implantarla es gratuito.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.58. Análisis económico de la medida 2.11. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 1.386 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.12.

Cambiar la nevera por otra de bajo consumo energético.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Dado que el centro no cuenta con ninguna nevera, no procede el estudio de la presente propuesta.

5.3.4.7. INFORMÁTICA

La instalación informática del conjunto de edificios está compuesta por los equipos que se detallan a continuación:

	Número de equipos	Potencia unitaria ON (W)	Potencia unitaria stand by (W)	Potencia unitaria OFF (W)	Total energía anual consumida (kWh)
CPU	21	50	2,3	1,1	1.549
Monitor	21	18,8	0,2	0,2	539
Proyector	2	287	7,1	0,5	503
Impresora/ Escáner	4	19	2,4	0,8	239
Hub	2	80	-	-	1.402
TOTAL					4.231

Tabla 5.67. Equipos de informática. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar los equipos informáticos consumen energía, tanto en modo stand by como en modo apagado. Reducir el consumo en modo stand by depende del usuario. De ahí lo pertinente que resulta implantar un “Plan eléctrico en el centro escolar”.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.13.

Instalar regletas con interruptor de apagado en los equipos informáticos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Se trata de una medida encaminada a reducir el consumo energético de los equipos informáticos cuando están apagados. Para que el equipo informático deje de consumir electricidad cuando no se usa, hay que pulsar el interruptor de apagado de la regleta cuando se apaga dicho equipo.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo estimado de los equipos informáticos cuando están apagados es de 203 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2013 es de 209 kWh x 0,22 €/ kWh = 44,59 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al instalar regletas con interruptor de apagado en los equipos informáticos se dejarían de consumir 203 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro anual a precios del 2013 de 44,59 €

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al instalar regletas con interruptor de apagado en los equipos informáticos se evitarían las emisiones de 203 kWh x 0,331 kg CO₂/kWh = 0,1 toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La regleta con interruptor de apagado tiene un coste de 7,95 € por unidad. Su instalación puede ser llevada a cabo por el servicio de mantenimiento del centro, por lo que no supondría un incremento de coste.

Su implantación en el total de los 21 equipos supondría una inversión de 7,95 € x 21 ud = 166,95 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $166,95 / 44,59 = 3,7$ año.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.59. Análisis económico de la medida 2.13. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 280 €.

5.3.5. CONSUMO DE AGUA

5.3.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CONSUMO DE AGUA

Los puntos de consumo de agua del centro docente son los siguientes:

PABELLÓN 1					
	LAVABO	INODORO	FREGADERO	VERTEDERO	OTROS
ASEOS P. BAJA	1 grifo simple fregad.	3 tanque alto 1 cisterna doble pul.	-	-	-
COMEDOR	-	-	1 de 2 grifos simp. pared	-	1 lavavajillas
COCINA P. BAJA	-	-	1 grifo doble 1 grifo monomando	-	
OFICCE P. BAJA	-	-	1 grifo doble	1 grifo mon. fregadero	-
ASEO COCINA	1 grifo monom.	1 tanque alto	-	-	1 ducha 2 grifos simpl.
OFICCE P.1	-	-	1 grifo doble	-	1 lavavajillas
ASEOS P.1	1 de 2 grif. sim. antiguo	2 tanque alto	-	-	-
CUARTO LIMP. P.1	-	-	-	1 válvula bola	-
TOTAL PAB. 1	3	7	5	2	2 lavavajillas 1 ducha
PABELLÓN 2					
	LAVABO	INODORO	FREGADERO	VERTEDERO	OTROS
ASEOS F. P. BAJA	2 grifo tempor.	4 tanque alto	-	-	-
ASEOS M. P. BAJA	2 grifo tempor.	2 tanque alto	-	-	2 urinarios grifo temp. 6 duchas desuso

ASEOS F. P.1	3 grifo simple	4 tanque alto	-	-	-
ASEOS M. P.1	2 grifo simple antiguo	3 cisterna pulsador sencillo	-	-	8 urinarios descarga continua condenados
ASEOS P.2	3 grifo simple	4 tanque alto	-	-	-
TOTAL PAB. 2	12	17	-	-	10 urinarios 6 duchas
TOTAL					
	LAVABO	INODORO	FREGADERO	VERTEDERO	OTROS
TOTAL PAB. 1	3	7	5	2	2 lavavajillas 1 ducha
TOTAL PAB. 2	12	17	-	-	10 urinarios 6 duchas
TOTAL CENTRO EDUCAT.	15	24	5	2	2 lavavajillas 10 urinarios 7 duchas

Tabla 5.68. Puntos de consumo de agua de los distintos edificios. Fuente: elaboración propia.

5.3.5.2. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN

Se han recogido datos de facturación de los años 2009 al 2013.

Los datos de consumo de agua se pueden observar en la figura 5.60 y en la tabla 5.69:

Figura 5.60. Consumo de agua en el centro docente durante los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

	CONSUMO AGUA (m³)					
	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
1º TRIMESTRE	113	120	117	140	106	119
2º TRIMESTRE	103	125	129	116	118	118
3º TRIMESTRE	52	55	84	71	83	69
4º TRIMESTRE	191	171	146	208	239	191
TOTAL	460	470	477	535	545	497

Tabla 5.69. Consumo de agua en el centro docente durante los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

Para poder comparar los datos de consumo de agua con otros edificios de similares características se hallan los indicadores de consumo anual de agua por superficie, consumo anual de agua por usuario y el consumo diario de agua por usuario.

	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
CONSUMO ANUAL AGUA POR SUPERFICIE (m³/m²)	0,23	0,23	0,23	0,26	0,27	0,2
CONSUMO ANUAL AGUA POR USUARIO (m³/usuario)	2,9	2,9	2,8	2,9	3,0	2,9
CONSUMO DIARIO AGUA POR USUARIO (l/usuario)	7,9	7,9	7,7	7,9	8,1	7,9

Tabla 5.70. Indicadores de consumo anual de agua por superficie, consumo anual de agua por usuario y consumo diario de agua por usuario durante los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

Los datos de consumo medio de agua en centros docentes son similares en las distintas fuentes consultadas. El consumo medio de agua en los centros docentes es de 5 litros al día por usuario (Fundación Ecología y Desarrollo, 2015). El consumo medio de agua en los centros docentes es de 4,7 litros al día por usuario, oscilando entre 2 y 11 litros por usuario y día (Barón, 2013).

El centro docente consume un 37% más de agua que el valor de referencia más conservador.

A continuación se cuantifican los indicadores de las emisiones anuales de CO₂ (t) y las emisiones anuales por usuario de CO₂ asociadas al consumo de agua. Dichos valores se han obtenido utilizando los factores de emisión de CO₂ establecidos por la bibliografía consultada (Cabrera 2010, Martín 2014): $3 \text{ kWh/m}^3 \times 0,331 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$.

	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
EMISIONES ANUALES CO ₂ (t)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
EMISIONES ANUALES CO ₂ POR USUARIO (kg/usuario)	2,9	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9

Tabla 5.71. Emisiones anuales de CO₂ y emisiones anuales de CO₂ por usuario asociadas al consumo de agua durante los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

Se reflejan los indicadores de la factura anual del consumo de agua, factura anual del consumo de agua por usuario y precio del agua por volumen consumido.

	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
FACTURA ANUAL AGUA (€)	872	828	879	968	1.005	911
FACTURA ANUAL AGUA POR USUARIO (€/usuario)	5,5	5,0	5,2	5,2	5,5	5,3
PRECIO AGUA POR VOLUMEN CONSUMIDO (€/m ³)	1,90	1,76	1,84	1,81	1,84	1,8

Tabla 5.72. Indicadores de factura anual de consumo de agua, factura anual de consumo de agua por usuario y precio del agua por volumen consumido durante los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

Por último se establece un reparto de consumos y de gasto económico entre los distintos usos del centro educativo.

	CONSUMO ANUAL (m ³)	FACTURA ANUAL AGUA (€)	PORCENTAJE
Inodoros	311	570	63%
Lavabos	75	137	15%
Cocina	77	141	15%
Limpieza	23	43	5%
Urinarios	11	20	2%
TOTAL	497	911	

Tabla 5.73. Consumos y gasto económico repartidos entre los distintos usos. Fuente: elaboración propia.

Dado que los usos de limpieza y urinarios suponen juntos menos de la mitad del consumo del uso de cocina, no se estudiarán medidas de ahorro para dichos usos debido a la escasa repercusión que pudieran tener las mismas en el conjunto del consumo.

5.3.5.3. HÁBITOS DE CONSUMO

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.1.

Implantar una “ecoauditoría del agua” en el centro educativo.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El consumo de agua depende, entre otros factores, de los hábitos de consumo que adoptan los usuarios del centro docente.

Por muchas medidas de eficiencia que se implanten en la instalación, un uso inadecuado o despilfarrador de los recursos disponibles, en este caso el agua, puede suponer un impacto reducido de las medidas adoptadas. Por ello se propone como primera medida para el uso racional del agua implantar una ecoauditoría del agua en el centro docente.

La finalidad de la ecoauditoría consiste en:

- Obtener la información necesaria para abordar una apropiada planificación de la gestión integral del agua.
- Estimular el hábito de la participación en los procesos de toma de decisiones (¿cómo vamos a utilizar el agua?).
- Concienciar a la comunidad educativa de la importancia del medio ambiente en el día a día de la vida escolar, familiar y social (el agua es un recurso natural escaso y valioso).

- La ecoauditoría del agua en el centro educativo se convierte en un instrumento que permite realizar un proceso de evaluación de la práctica educativa y ambiental, que conducirá a la mejora de los procesos de aprendizaje y de la calidad ambiental tanto del centro como de su entorno, en este caso en relación con el uso eficiente del agua.

La ecoauditoría se organiza en cinco fases:

- Identificación y definición del problema.
- Establecimiento de un compromiso con el ahorro de agua.
- Realización de una auditoría inicial del uso que se hace del agua en el centro, es decir, investigar y analizar el punto del que se parte.
- Elaboración, ejecución y seguimiento de un Plan de Acción para el uso eficiente del agua.
- Comunicación y difusión de los resultados obtenidos.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Esta propuesta abarca la totalidad del consumo de agua del centro docente.

El consumo anual de agua es de 497 m^3 al año.

El coste de dicho consumo de agua a precios del 2013 es de $497 \text{ m}^3 \times 1,90 \text{ €/m}^3 = 945,06 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se establece un objetivo no demasiado ambicioso de una reducción del 20 % del consumo de agua. Se dejarían de consumir $0,20 \times 497 \text{ m}^3 = 99 \text{ m}^3$ de agua al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $99 \text{ m}^3 \times 1,90 \text{ €/m}^3 = 188,10 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $99 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2 / \text{m}^3 = 0,1 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de un centro educativo, la implantación de esta medida está encuadrada dentro de la actividad propia del centro, por lo que no resulta necesario dedicar ningún recurso económico adicional.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.61. Análisis económico de la medida 3.1. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 1.881 €.

5.3.5.4. CONSUMOS ANÓMALOS

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.2.

Evitar consumos anómalos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Los datos de consumo presentados se han elaborado para corregir el consumo anómalo que figura en las facturas.

La factura del cuarto trimestre de 2013 mostró un consumo de 921 m³ de agua, más de 2,5 veces lo habitual en dicha época del año.

Dicho consumo corresponde con una fuga de agua difícil de detectar a simple vista debido al recorrido enterrado que presenta la red de tuberías de alimentación a los distintos pabellones.

Para evitar estas situaciones conviene implantar un sistema de control de fugas de agua.

La medida que se propone consiste en llevar un registro en el que la persona encargada del mantenimiento, al comienzo de su jornada laboral apunta la lectura del contador y la compara con el consumo medio diario.

El consumo medio de cada día no supera los 3,2 m³ de agua. En el trimestre en el que se ha producido la pérdida de agua, se han registrado un consumo medio de 10 m³ de agua al día.

Por tanto, la medida consiste en la implantación de un sistema de control de fugas.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

La factura que registró pérdidas de agua en la instalación fue la del cuarto trimestre del año 2013. El consumo fue de 921 m³ de agua.

El coste de dicho consumo de agua a precios del 2013 es de $921 \text{ m}^3 \times 1,90 \text{ €/m}^3 = 1.749,90 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se hubieran detectado las fugas de agua al inicio de la avería, se dejarían de consumir $921 \text{ m}^3 - 357 \text{ m}^3 = 564 \text{ m}^3$ de agua.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $564 \text{ m}^3 \times 1,90 \text{ €/m}^3 = 1.071,60 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $564 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 = 0,6 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que el centro cuenta con servicio de mantenimiento, la implantación de esta medida está encuadrada dentro de la actividad propia del servicio, por lo que no resulta necesario dedicar ningún recurso económico adicional.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.62. Análisis económico de la medida 3.2. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 10.716 €.

5.3.5.5. INODOROS

A continuación se refleja un listado de los inodoros existentes en el edificio y sus tipos.

PABELLÓN 1						
INODOROS	Número	TIPO	Dimensiones (cm)			Volumen (l)
ASEOS P. BAJA	3	tanque alto	32	16	22	6,9
	1	cisterna pulsador doble				3/6
ASEO COCINA	1	tanque alto	32	16	26	8,2
ASEOS P.1	2	tanque alto	36	19	32	13,9
TOTAL PAB. 1	7					9,0
PABELLÓN 2						
INODOROS	Número	TIPO	Dimensiones (cm)			Volumen (l)
ASEOS F. P. BAJA	4	tanque alto	32	16	26	8,2
ASEOS M. P. BAJA	2	tanque alto	32	16	26	8,2

ASEOS F. P.1	4	tanque alto	32	16	26	8,2
ASEOS M. P.1	3	cisterna pulsador sencillo				6
ASEOS P.2	4	tanque alto	32	16	26	8,2
TOTAL PAB. 2	17					7,8
TOTAL CEN. EDUCAT.	24					8,1

Tabla 5.74. Inodoros. Fuente: elaboración propia.

El centro educativo cuenta con 20 inodoros de tanque alto, 3 de cisterna con simple pulsador y 1 con cisterna de doble pulsador.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.3.

Implantar un contrapeso en los inodoros con tanque alto.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El contrapeso, denominado comercialmente kit de rearme de cisternas "WC-Stop", es un mecanismo que provoca el cierre automático de la salida de agua a la cisterna del inodoro. Dichas cisternas se encuentran colocadas en la pared por encima de 1,5 metros, lo que en cuanto a tipología de inodoros se conoce como tanque alto. La descarga de agua se produce mediante una cadena. Una vez que se acciona, comienza el vaciado de la cisterna que no se detiene hasta que se vacía por completo.

En los aseos masculinos donde no hay urinarios operativos y en todos los aseos femeninos, la descarga de agua que necesita cada tipo de uso (micción y defecación) no se puede diferenciar en un tanque alto con sistemas de doble pulsador como ocurre en los inodoros con cisterna incorporada y doble pulsador.

Además, como se puede contemplar en la tabla 5.74, el volumen de las cisternas es mayor del que se coloca en la actualidad cuando se emplean criterios de uso eficiente del agua. Basta con cisternas de 6 litros.

En lugar de plantear la medida de sustituir todas las cisternas por otras de menor capacidad por lo costoso de la inversión inicial, se opta por proponer la inclusión en el mecanismo de la cisterna un contrapeso que hace que deje de salir agua por el inodoro cuando se deja de actuar sobre la cadena. De esta manera el usuario tiene la capacidad de regular el agua que se usa en función de la necesidad, con la ventaja de que cuando deja de actuar se detiene el consumo de agua.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo medio de los inodoros con tanque alto del centro educativo es de 8,6 litros por descarga. El consumo de agua en los inodoros de tanque alto del centro educativo es de $228 \text{ m}^3/\text{año}$.

El coste económico de dicho consumo asciende a $228 \text{ m}^3 \times 1,90 \text{ €/m}^3 = 433,20 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Se estima un consumo medio de los inodoros con tanque alto después de la implantación de la medida de 5 litros por descarga.

Con esta medida se dejarían de consumir $228 \times 3,6 / 8,6 = 95 \text{ m}^3$ de agua al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $95 \text{ m}^3 \times 1,90 \text{ €/m}^3 = 180,50 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $95 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 = 0,1 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El contrapeso RST1700KIT de TEHSA tiene un coste de 14,52 € por unidad. Su instalación puede ser llevada a cabo por el servicio de mantenimiento del centro, por lo que no supondría un incremento de coste.

Su implantación en el total de los 21 tanques altos supondría una inversión de $14,52 \text{ €} \times 21 \text{ ud} = 304,92 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $304,92 / 180,50 = 1,7$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.63. Análisis económico de la medida 3.3. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 1.500 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.4.

Implantar un mecanismo de descarga de doble pulsador en los inodoros con pulsador sencillo.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Las cisternas de los inodoros actuales tienen una capacidad cercana a los 6 litros.

El kit de mecanismo de descarga de doble pulsador, es un mecanismo que permite utilizar un botón para una descarga completa de 6 litros y otro para una descarga parcial de tan solo 3 litros. De esta manera permite discriminar los usos del inodoro que requieren descarga completa de los que requieren descarga parcial, ajustando el consumo de agua a lo estrictamente necesario.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de agua en los inodoros con pulsador sencillo del edificio es de 34 m³/año.

El coste económico de dicho consumo a precios del 2013 asciende a 34 m³ x 1,90 €/m³ = 64,60 €.

CÁLCULO DEL AHORRO DE CONSUMO DE AGUA Y ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Tras la implantación de la medida del 25% se conseguiría un ahorro del 25%.

Con esta medida se dejarían de consumir $34 \times 0,25 = 9 \text{ m}^3$ de agua al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $9 \text{ m}^3 \times 1,90 \text{ €/m}^3 = 17,10 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $9 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 = 0,0 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El kit de mecanismo de descarga de doble pulsador MEC2PKIT de TEHSA tiene un coste de 30,20 € por unidad. Su instalación cuesta 30 € por unidad.

Su implantación en el total de los 3 inodoros que no tienen doble pulsador supondría una inversión de $60,20 \text{ €} \times 3 \text{ ud} = 180,6 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $180,6 / 17,10 = 10,6$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.64. Análisis económico de la medida 3.4. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -10 €.

5.3.5.6. LAVABOS

A continuación se refleja un listado de los lavabos existentes en el edificio con las principales características de sus griferías.

PABELLÓN 1	Número	Tipo grifería	Caudal (l/min)	tiempo cerrado (s)
ASEOS P. BAJA	1	grifo simple fregad.	10,0	-
ASEO COCINA	1	grifo monomando	10,7	-
ASEOS P.1	1	2 grifo simple antiguo	9,5	-
TOTAL PAB. 1	3			
PABELLÓN 2	Número	Tipo grifería	Caudal (l/min)	tiempo cerrado (s)
Aseos femeninos P.B.	2	grifo temporizado	10,0	12
Aseos masculinos P.B.	2	grifo temporizado	10,0	12
Aseos femeninos P.1	3	grifo simple	5,3	-
Aseos masculinos P.1	2	2 grifo simple antiguo	5,3	-
Aseos P.2	3	grifo simple	5,0	-
TOTAL PAB. 2	12			
TOTAL CENTRO EDUCAT.	15		7,5	

Tabla 5.75. Lavabos. Fuente: elaboración propia.

El centro educativo cuenta con 15 lavabos. De ellos 4 cuentan con agua caliente: 1 con grifería monomando en el aseo del personal de cocina y 3 con dos grifos simples antiguos. El resto de 11 lavabos cuentan sólo con agua fría: 6 con grifo simple, 4 temporizados y 1 con grifo simple de fregadero.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.5.

Sustituir todos los grifos no temporizados del centro educativo por grifos temporizados, salvo el grifo del aseo de personal de cocina. Los 6 lavabos con un grifo sencillo dispondrán de un grifo temporizado modelo TEHEPTE15 de TEHSA. El lavabo con un grifo sencillo de fregadero dispondrán de un grifo temporizado modelo TEHEPTE53 de TEHSA. Los 3 lavabos con dos grifos sencillos antiguos dispondrán de un grifo temporizado modelo TEHEPTE18M de TEHSA.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Consiste en cambiar los grifos no temporizados que corren el riesgo de quedarse abiertos. Se excluyen de esta medida el grifo del aseo de

personal de cocina por considerarse que dichos grifos no corren el riesgo de quedarse abiertos debido al buen uso del mismo que se hace.

La cuantificación del ahorro que supone dicha situación pueda carecer de precisión, pues depende exclusivamente del buen uso que se haga de la instalación. Así que se considera que el tiempo en que permanecen abiertos los grifos en cada uso es de 20 segundos. Aunque basta con que un grifo se quedase abierto durante una noche para que supusiese el 10% del consumo anual de dicho grifo.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de agua en los lavabos sin grifos temporizados del centro educativo contemplados es de $56 \text{ m}^3/\text{año}$.

El coste económico de dicho consumo asciende a precios de 2013 a $56 \text{ m}^3 \times 1,90 \text{ €/m}^3 = 106,40 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Considerando que los grifos no temporizados están abiertos 20 segundos durante cada uso. Si los grifos se cierran a los 6 segundos, esto supondría una reducción del 70 % del consumo.

Adicionalmente los nuevos grifos incorporan los perlizadores que se describen en la siguiente medida disminuyendo el caudal medio de 6,1 litros por minuto a 2,5 litros por minuto, se produciría una reducción adicional del consumo del 59 %.

El efecto combinado de ambas medidas supondría una reducción del consumo del 88%.

Con esta medida se dejarían de consumir $56 \times 0,95 = 49 \text{ m}^3$ de agua al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $49 \times 1,90 \text{ €/m}^3 = 93,10 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $49 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 = 0,0 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El grifo temporizado TEHEPTE15 de TEHSA tiene un coste de 47,80 € por unidad. El grifo temporizado TEHEPTE53 de TEHSA tiene un coste de 53,85 € por unidad. El grifo temporizado TEHEPTE18M de TEHSA tiene un

coste de 107,69 € por unidad. La mano de obra para la sustitución de cada grifo supondría un coste de 14,50 €.

La sustitución de los 10 grifos no temporizados supondría una inversión de $(47,80 + 14,50) \times 6 + (53,85 + 14,50) \times 1 + (107,96 + 14,50) \times 3 = 808,72$ €

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $808,72 / 93,10 = 8,7$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.65. Análisis económico de la medida 3.5. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 122 €.

Independientemente de los resultados cuantificables se recomienda adoptar esta medida relativa a la sustitución de grifos para eliminar los efectos indeseables de que accidentalmente quede algún grifo abierto de manera accidental o intencionada. Si además el servicio de mantenimiento del centro es capaz de realizar la sustitución de los grifos sin coste adicional para el centro, tanto el periodo de retorno simple de la inversión como el ahorro total al cabo de 10 años se verían mejorados.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.6.

Incorporar un perlizador y sustituir el eje de todos los grifos temporizados por un eje que cierra el grifo en 6 segundos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

En el mercado existen muchos dispositivos para el ahorro de agua en los lavabos. Fundamentalmente aireadores y perlizadores. Un estudio reciente de la OCU muestra que alguno de estos productos que se comercializan como ahorradores de agua, no producen ninguna reducción en el consumo. Por este motivo se elige la marca recomendada por dicho organismo independiente: el perlizador MSPY2L de TEHSA. El modelo

escogido es mecanismo perlizador – limitador de caudal con función spray, que ofrece un suministro de agua tipo ducha con 20 chorritos de alta presión que permite el lavado sanitario, brinda un adecuado confort y reduce el caudal de agua hasta los 2,5 litros por minuto a una presión de 3,5 bares.

Los grifos temporizados instalados en la actualidad presentan un tiempo de apertura de 12 segundos.

La presente propuesta pretende sustituir el eje de todos los grifos temporizados existentes por el eje que se cierra a los 6 segundos.

De esta manera se reduce el consumo de agua debido al tiempo que transcurre desde que deja de utilizarse el grifo hasta que se cierra finalmente. Para eliminar totalmente dicho período se podrían instalar grifos electrónicos, pero el coste de la inversión inicial y del mantenimiento de dichos equipos desaconseja realizar dicha inversión para el centro docente.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de agua en los lavabos con grifos temporizados del centro educativo es de 23 m³/año.

El coste económico de dicho consumo asciende a precios de 2013 a 23 m³ x 1,90 €/m³ = 43,70 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

El tiempo de apertura de los grifos temporizados es de 12 segundos. Si los grifos se cierran a los 6 segundos, esto supondría una reducción del 50 % del consumo.

El caudal medio de la grifería temporizada del centro educativo de 10,1 litros por minuto. Con el perlizador dicho caudal se reduciría a 2,5 litros por minuto, lo que supone una reducción del 75% del consumo de agua.

El efecto combinado de ambas medidas supondría una reducción del consumo del 87,5%.

Con ambas medidas se dejarían de consumir 23 x 0,875 = 20,1 m³ de agua al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de 20,1 m³ x 1,90 €/m³ = 38,19 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $20,1 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2 / \text{m}^3 = 0,0 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El eje que cierra el grifo en 6 segundos tiene un coste de 20,50 € por unidad.

La mano de obra para la sustitución del eje de cada grifo temporizado supondría un coste de 20 €.

El perlizador RST24105 tiene un coste de 11,25 € por unidad. Su instalación puede ser llevada a cabo por el servicio de mantenimiento del centro, por lo que no supondría un incremento de coste.

La sustitución del eje de los 9 grifos temporizados supondría una inversión de $51,75 \text{ €} \times 4 \text{ ud} = 207,00 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $207,00 / 38,19 = 5,4$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.66. Análisis económico de la medida 3.6. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 175 €.

5.3.5.7. FREGADEROS

El centro docente cuenta con cuatro fregaderos.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.7.

Implantar un perlizador en los fregaderos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Los grifos de los fregaderos actualmente instalados tienen un caudal de agua 19,5 litros por minuto.

Se propone incorporar un perlizador con cabezal y flexo orientable que permite enfocar el chorro a cualquier parte del fregadero, lo que resulta muy cómodo de usar y práctico a la hora de limpiar los utensilios. Produce un suave y agradable chorro de agua gasificado con una sensación de que aparenta salir más agua con más presión que con la grifería actual, generando mucha espuma con los jabones líquidos.

El perlizador reduce el caudal de agua hasta los 4,6 litros por minuto.

El caudal de agua es mayor que para los grifos de los lavabos para no ralentizar en exceso el uso del agua para cocinar.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de agua en los fregaderos del centro docente estimado es de 77 m³/año.

El coste económico de dicho consumo asciende a $77 \text{ m}^3 \times 1,90 \text{ €/m}^3 = 146,29 \text{ €}$.

El consumo de gasóleo para calentar el agua consumida en los fregaderos del edificio es de 7.863 kWh anuales. El coste económico de dicho consumo asciende a precios del 2014 a $7.863 \text{ kWh} \times 0,09 \text{ €/kWh} = 709,11 \text{ €}$.

El coste económico total asciende a 855,40 €.

CÁLCULO DEL AHORRO DE CONSUMO DE AGUA Y DE GAS Y ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se realiza el mismo uso de la instalación, al disminuir el caudal de la grifería, obtendríamos un ahorro del 76 % del consumo de agua respecto al valor medio actual.

Con esta medida se dejarían de consumir $77 \times 0,76 = 59 \text{ m}^3$ de agua al año.

Con esta medida se dejarían de consumir $7.863 \times 0,76 = 5.976 \text{ kWh}$ de gasóleo para el calentamiento del agua al año.

Esto implicaría un ahorro de $709,11 \times 0,76 = 650,10 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $59 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 + 5.976 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg de CO}_2 / \text{kWh} = 0,1 + 1,8 = 1,9 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El eyector perlizador con flexo orientable RST1010X de TEHSA tiene un coste de 15,73 € por unidad. Su instalación no requiere mano de obra cualificada.

Su implantación en el total de los 4 fregaderos de la cocina supondría una inversión de $15,73 \text{ €} \times 4 \text{ ud} = 78,65 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $78,65 / 650,10 = 0,1$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.67. Análisis económico de la medida 3.7. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 6.438 €.

5.3.5.8. APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.8.

Aprovechar el agua de lluvia para usos que no requieran agua apta para el consumo humano dentro del edificio.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Las aguas pluviales recogidas, filtradas y almacenadas de forma adecuada, representan una fuente alternativa de agua de buena calidad que permite sustituir el agua potable en determinadas aplicaciones y de esta forma contribuyen en el ahorro de este recurso.

Las aguas de lluvia pueden ser empleadas para las cisternas de inodoros y el lavado de suelos.

Primero hay que valorar la capacidad de recogida de agua de lluvia que tiene el edificio. La cubierta de los distintos pabellones alcanza una superficie de 1.050 m^2 .

La precipitación anual en Cercedilla es de 508 litros por metro cuadrado.

El coeficiente de aprovechamiento para el tipo de cubierta existente es del 80%.

Así que tenemos una capacidad de recogida de agua de lluvia de $508 \text{ l/m}^2 \times 1.050 \text{ m}^2 \times 0,8 / 1.000 \text{ l/m}^3 = 427 \text{ m}^3$.

Como el consumo de agua para inodoros es de 311 m^3 al año, el agua de lluvia serviría para aportar el 100% de dicho consumo.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de agua en los inodoros del centro educativo que se puede aportar con el agua de lluvia recogida es de $311 \text{ m}^3/\text{año}$. El coste económico de dicho consumo asciende a $311 \text{ m}^3 \times 1,90 \text{ €/m}^3 = 590,90 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Con esta medida se dejarían de consumir 311 m^3 de agua al año de la red de agua potable que serían aportados por el agua de lluvia recogida.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $311 \text{ m}^3 \times 1,90 \text{ €/m}^3 = 590,90 \text{ €}$.

Dicho ahorro económico se ve mermado por el nuevo coste de explotación de 240 € al año repartidos entre los siguientes conceptos:

- Consumo eléctrico del sistema de bombeo: 40 €
- Mantenimiento del sistema: 200 €

Por lo que el ahorro anual de la medida asciende a $590,90 - 240 = 350,90 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $311 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2 / \text{m}^3 = 0,3 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Realizar esta medida tiene un coste de inversión de 42.000 € repartidos entre los siguientes conceptos:

Depósito de agua, filtro, equipo de bombeo y de control: 27.000 €

Red de saneamiento para recogida de aguas pluviales hasta el depósito: 9.000 €

Red de fontanería de agua no apta para el consumo humano: 6.000 €

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $42.000 / 350,90 = 119,7$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.68. Análisis económico de la medida 3.8. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -40.891 €.

5.3.5.9. REUTILIZACIÓN AGUAS GRISES

Otra posibilidad de reducir el consumo de agua en el edificio consiste en la reutilización de las aguas grises, aquellas provenientes de los lavabos, que una vez recogidas, tratadas y almacenadas de forma adecuada, representan una fuente alternativa de agua de calidad aceptable que permite sustituir el agua potable en determinadas aplicaciones y de esta forma contribuyen en el ahorro de este recurso.

Las aguas grises pueden ser empleadas para las cisternas de inodoros y el lavado de suelos.

La capacidad de producción de aguas grises del edificio es de 336 m³ al año, algo menos de las tres cuartas partes de la capacidad de acumulación de agua de lluvia.

El coste de la reforma de la instalación de fontanería sería idéntico al contemplado en la medida anterior. El coste de la reforma de la instalación de saneamiento para poder recoger de forma separada las aguas grises provenientes de los lavabos de las aguas fecales provenientes de los inodoros sería superior. También el coste del sistema de tratamiento que es más complejo que el sistema de filtrado y almacenamiento de agua de lluvia sería mayor.

El coste del consumo eléctrico del sistema y del mantenimiento también aumentaría.

Así que dado que los costes aumentan y el ahorro disminuye frente a la propuesta expuesta en el apartado anterior, no se desarrolla ninguna propuesta relativa a la reutilización de aguas grises debido a la falta de rentabilidad de la inversión a acometer.

5.3.6. CONCLUSIÓN

La auditoría energética realizada sirve como herramienta de ayuda en la toma de decisiones sobre las inversiones a realizar en el centro educativo.

Tras el análisis de la auditoría energética sería recomendable realizar un plan de acción en el que se fijase el calendario en el que se piensan implantar aquellas propuestas de mejora que se consideran oportunas.

Para ello habría que pedir presupuesto de las mismas a distintas empresas que pudieran implantar las propuestas, evaluar los presupuestos y decidir finalmente a quién se le adjudica la implantación de las propuestas y cuáles de ellas se llevan a cabo.

Este plan de acción puede ser plurianual y dividirse en distintas fases en función de la capacidad inversora prevista para cada anualidad.

Convendría a su vez realizar un seguimiento de los ahorros conseguidos con las propuestas implantadas y evaluar de esta manera la puesta en marcha del plan de acción llevado a cabo.

También sería deseable, reinvertir el ahorro conseguido en implantar las siguientes propuestas de mejora que no se han podido implementar en un primer momento debido al esfuerzo inversor que suponen. De esta manera se llegaría a optimizar el consumo energético del centro, dejando disponible el ahorro que se obtenga a partir de la finalización de la

implantación de las propuestas, para invertirlo en mejorar la calidad del servicio educativo que se presta.

5.4. CENTRO DE EDUCACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA CALASANZ

5.4.1. ANTECEDENTES

5.4.1.1. INFORMACIÓN GENERAL

ORGANIZACIÓN AUDITADA

El Centro de educación primaria y secundaria Calasanz, propiedad de la Fundación Escolapias Montal, con sede en la Plaza Santa Paula Montal nº3, 28.044 Madrid.

AUDITOR ENERGÉTICO

Jorge Gallego Sánchez-Torija, arquitecto.

METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA

La auditoría energética consta de las siguientes fases:

- Contacto preliminar.
- Toma de datos inicial (a facilitar por el centro docente).
- Análisis previo de los datos recibidos.
- Visita al centro educativo para la toma de datos in situ y realizar una entrevista con la persona encargada del funcionamiento de las instalaciones.
- Redacción de la Auditoría Energética:
 - o Evaluación y análisis de los datos recogidos.
 - o Proposición de medidas de ahorro y eficiencia energética.
 - o Estudio del coste económico, del ahorro esperado y del periodo de amortización de cada medida por separado.
 - o Resumen y clasificación de las propuestas de mejora.
 - o Conclusiones.
- Reunión final.

5.4.1.2. TOMA DE DATOS

Los datos para elaborar la presente auditoría energética han sido facilitados por la dirección del centro y han sido tomados in situ por el redactor de la auditoría con fecha 3 de junio de 2014.

5.4.1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

El Colegio Calasanz está formado por 5 pabellones:

1.- Pabellón de Educación Infantil. Fue construido en 1968.

2.- Edificio antiguo que cuenta con Educación Infantil y 1º ciclo de Educación Primaria. Fue construido en 1890. En 1986 se hizo una reforma importante.

3.- Pabellón de Educación Primaria (2º y 3º ciclo) e informática. Fue construido en 1968. En 2010 se amplió la cubierta para aulas informáticas.

4.- Pabellón Educación Secundaria y Bachillerato. Fue construido en 1970.

5.- Pabellón de zonas comunes y Ciclos Formativos de Grado Medio. Fue construido en 1970.

5.4.1.4. UBICACIÓN

El Centro de educación primaria y secundaria Calasanz está ubicado en la Calle Santiago 29, Alcalá de Henares, 28.801 Madrid.

El clima es cálido y templado. La temperatura media anual es de 13,8°C. La precipitación es de 425 mm al año. El mes más seco es agosto, con 10 mm. El mes más lluvioso es noviembre, con 58 mm.

Figura 5.69. Climograma de Alcalá de Henares. Fuente: <http://es.climate-data.org>

El mes más caluroso es julio con una temperatura media de 24,1°C. El mes más frío es enero con una temperatura media de 5.1°C. Las temperaturas medias varían durante el año en un 19 °C.

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	36	42	34	39	41	27	10	10	31	50	58	47
°C	5.1	6.7	9.5	12	16	20.3	24.1	23.6	19.9	14.1	8.7	5.5
°C (min)	1.3	2	4.3	6.8	9.8	13.8	17	16.5	13.7	9.2	4.6	1.7
°C (max)	9	11.4	14.8	17.2	22.3	26.8	31.3	30.7	26.2	19.1	12.9	9.4

Figura 5.70. Tabla climática de Alcalá de Henares. Fuente: <http://es.climate-data.org>

5.4.1.5. OCUPACIÓN

OCUPACIÓN DEL CENTRO DOCENTE

DURANTE LOS DÍAS LECTIVOS DEL CALENDARIO ESCOLAR

Número de	2009	2010	2011	2012	2013
Alumnos/as	1.003	1.016	1.021	1.065	1.054
Profesores/as	71	70	69	67	68
Resto de personal	20	22	21	19	19

Tabla 5.76. Ocupación del centro docente durante los días lectivos del calendario escolar. Fuente: Elaboración propia.

DURANTE LOS DÍAS LABORABLES NO LECTIVOS DE VACACIONES DE NAVIDAD Y SEMANA SANTA

Número de	2.009	2.010	2.011	2.012	2.013
Resto de personal	13	12	11	9	9

Tabla 5.77. Ocupación del centro docente durante los días no lectivos de vacaciones de Navidad y Semana Santa. Fuente: Elaboración propia.

DURANTE LOS DÍAS LABORABLES NO LECTIVOS DE JULIO

Número de	2.009	2.010	2.011	2.012	2.013
Alumnos/as	110	98	99	104	90
Resto de personal	18	16	15	13	13

Tabla 5.78. Ocupación del centro docente durante los días no lectivos de julio. Fuente: Elaboración propia.

Períodos de ocupación nula: AGOSTO

HORARIOS DEL CENTRO DOCENTE

	Lunes- viernes	Sábado	Domingo
Días lectivos del calendario escolar	7.45- 19.30	9-14 *	-
Días no lectivos vacaciones Navidad y Semana Santa	7-14	-	-
Días no lectivos Julio: Campamento	9-16	-	-
Días no lectivos Julio: Secretaría	8-14	-	-
Días no lectivos Julio: Limpieza y mantenimiento	7-14	-	-

Tabla 5.79. Horarios del centro docente. Fuente: Elaboración propia.

* Campos de deportes y servicios

HORARIO DE LAS DISTINTAS ÁREAS DEL CENTRO DOCENTE:

- Aulas: 8.00-14.30
- Comedor: 14.30-15.30
- Polideportivo: 8.00-14.30 y 16.30-19.30
- Capilla: 10.00-13.00
- Administración: 9.00-14.30 y 16.30-19.30
- Cocina: 11.00-16.00

5.4.2. RESUMEN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

5.4.2.1. COMUNICACIÓN RELATIVA A LA REALIZACIÓN DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA

Actividad/es auditada/s	X Edificios
	☐ Procesos
	☐ Transporte
Ahorro energético estimado (kWh/año)	114.308
Emisiones de CO ₂ evitadas (tCO ₂ e)	60,5
Inversión estimada para acometer las mejoras	31.791

señaladas en la auditoría (euros)	
Consumo energético (kWh/año)	327.828
Periodo de retorno de la inversión (años)	1,3

Tabla 5.80. Comunicación relativa a la realización de una auditoría energética. Fuente: elaboración propia.

5.4.2.2. CONSUMO ENERGÉTICO

Se han estudiado los datos de consumo del centro docente durante los años 2009 a 2013.

El consumo de gasóleo ha sido de 247.269 kWh/año.

El consumo de electricidad ha sido de 72.890 kWh/año.

El consumo medio de agua ha sido de 2.556 m³.

Si al consumo energético realizado en el proceso de depuración de las aguas residuales, se le añade la energía consumida en el transporte de dichas aguas, en la distribución de agua sanitaria desde la captación hasta el consumo y en su captación, el consumo energético que se realiza es de 3 kWh/m³ (Martín, 2014).

Por tanto el consumo de agua ha supuesto un consumo energético de 7.668 kWh/año.

El consumo energético total del edificio es de 327.828 kWh/año.

5.4.2.3. PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE CALEFACCIÓN

PROPUESTAS DE MEJORA CALEFACCIÓN		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
1.1	Aumentar el aislamiento térmico de los muros	40.563	12,6	172.227	3.536	48,7
1.2	Sustituir las ventanas	36.543	11,4	309.300	1.342	97,1

1.3	Aumentar el aislamiento térmico de la cubierta	31.392	9,8	126.988	2.737	46,4
1.4	Aumentar el aislamiento térmico de los forjados exteriores	6.620	2,1	25.521	577	44,2
1.5	Disminuir las infiltraciones con burletes y sellado	9.460	2,9	3.000	825	3,6
1.6	Implantar un plan energético	32.145	10,0	0	2.802	0,0
1.7	Realizar la compra de combustible centralizada	0	0,0	0	2.156	0,0
1.8	Sustituir la caldera	35.324	11,0	36.500	3.079	11,9
1.9	Válvulas de regulación termostática	19.782	6,2	7.691	1.724	4,5
1.10	Actualizar centralita de regulación	12.363	3,8	4.300	1.078	4,0
1.11	Aislar depósitos acumulación ACS	-	-	-	-	-

Tabla 5.81. Propuestas de mejora relativas al consumo de calefacción. Fuente: elaboración propia.

5.4.2.4. PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

PROPUESTAS DE MEJORA ELECTRICIDAD		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
2.1	Implantar un plan eléctrico	3.645	1,2	0	802	0,0
2.2	Instalar una batería de condensadores	-	-	-	-	-
2.3	Ajustar la potencia eléctrica contratada	0	0	242,2	104	2,3

2.4	Cambiar de compañía suministradora	0	24,1	0	1.010	0,0
2.5	Sustituir lámparas fluorescentes lineales por led	6.415	2,1	6.050	1.411	4,3
2.6	Sustituir lámparas fluorescentes compactas por led	540	0,2	518	119	4,4
2.7	Sustituir lámparas incandescentes por led	2.149	0,7	476	473	1,0
2.8	Sustituir lámparas halógenas por led	248	0,1	1.200	55	22,0
2.9	Sustituir emergencias por emergencias led	2.759	0,9	3.500	607	5,8
2.10	Instalar un detector de presencia para apagar la iluminación de la cabina del ascensor	-	-	-	-	-
2.11	Desconectar arcones y cámaras durante el periodo no lectivo	1.711	0,6	0	376	0,0
2.12	Cambiar la nevera por otra de bajo consumo energético	1.890	0,6	700	416	1,7
2.13	Instalar regletas con interruptor de apagado en equipos informáticos	1.687	0,6	1.256	371	3,4
2.14	Instalar un temporizador digital con reloj diario y semanal en termos	5.256	1,7	110	1.156	0,1

Tabla 5.82. Propuestas de mejora relativas al consumo de energía eléctrica. Fuente: elaboración propia.

5.4.2.5. PROPUESTAS DE MEJORA RELATIVAS AL CONSUMO DE AGUA

PROPUESTAS DE MEJORA AGUA		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
3.1	Ecoauditoría del agua	1.533	0,5	0	1.099	0,0
3.2.	Evitar consumos anómalos	5.226	1,7	0	3.745	0,0
3.3.	Contrapeso en inodoros con tanque alto	2.448	0,8	958	1.754	0,5
3.4.	Descarga de doble pulsador en inodoros con pulsador sencillo	-	-	-	-	-
3.5.	Sustitución de grifos no temporizados por grifos temporizados	237	0,1	685	170	4,0
3.6.	Perlizador y eje que cierra el grifo en 6 segundos en grifos temporizados	873	0,3	2.225	626	3,6
3.7.	Perlizador en fregaderos	4.189	1,4	79	972	0,1
3.8.	Recuperar agua de lluvia	2.577	0,9	70.000	1.547	45,2

Tabla 5.83. Propuestas de mejora relativas al consumo de agua. Fuente: elaboración propia.

5.4.2.6. ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

Todas las propuestas de mejora estudiadas suponen una o varias de las siguientes ventajas: un ahorro energético, una reducción de las emisiones de CO₂, un ahorro económico. No obstante, tanto la inversión que se necesita para acometerlas, como el periodo de retorno de dicha inversión difieren significativamente entre unas y otras.

En un primer momento, se desaconseja adoptar aquellas medidas cuyo periodo de retorno de la inversión es superior a 10 años. Cuando se implanten las primeras medidas y se empiece a conseguir un ahorro económico, sería el momento en el que se podría decidir invertir aquellos

ahorros logrados en medidas con mayor plazo de recuperación de las inversiones.

Las medidas con un periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años se ordenan en base a dos criterios:

- Primer criterio: en función del periodo de retorno simple de la inversión. Se trata del criterio óptimo de implantación de las medidas, puesto que empieza por aquellas que suponen una mayor rentabilidad desde el punto de vista económico.
- Segundo criterio: en función del importe a invertir. Se trata de un criterio que tiene en cuenta la capacidad inversora del centro docente. Se empiezan a implantar las medidas más económicas y, con el ahorro obtenido, se pueden acometer las siguientes medidas.

En función del criterio que adopte la dirección del centro se podrán implementar las medidas propuestas en el orden que se estime oportuno.

Cabe tener en cuenta que los criterios expuestos no tienen en cuenta en su orden la reducción de emisiones de CO₂. Si el centro tuviera como criterio principal para la implantación de las medidas la reducción de dichas emisiones, habría que poner en marcha las medidas en un orden diferente.

A continuación, se muestran en la tabla 5.84 las medidas que se aconseja adoptar debido a que tienen un periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años.

PROPUESTAS DE MEJORA CON PERIODO DE RETORNO INFERIOR A 10 AÑOS		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
1.5	Disminuir las infiltraciones con burletes y sellado	9.460	2,9	3.000	825	3,6
1.6	Implantar un plan energético	32.145	10,0	0	2.802	0,0
1.7	Realizar la compra de combustible centralizada	0	0,0	0	2.156	0,0
1.9	Válvulas de regulación termostática	19.782	6,2	7.691	1.724	4,5

1.10	Actualizar centralita de regulación	12.363	3,8	4.300	1.078	4,0
2.1	Implantar un plan eléctrico	3.645	1,2	0	802	0,0
2.3	Ajustar la potencia eléctrica contratada	0	0,0	242	104	2,3
2.4	Cambiar de compañía suministradora	0	24,1	0	1.010	0,0
2.5	Sustituir lámparas fluorescentes lineales por led	6.415	2,1	6.050	1.411	4,3
2.6	Sustituir lámparas fluorescentes compactas por led	540	0,2	518	119	4,4
2.7	Sustituir lámparas incandescentes por led	2.149	0,7	476	473	1,0
2.9	Sustituir emergencias por emergencias led	2.759	0,9	3.500	607	5,8
2.11	Desconectar arcones y cámaras durante el período no lectivo	1.711	0,6	0	376	0,0
2.12	Cambiar la nevera por otra de bajo consumo energético	1.890	0,6	700	416	1,7
2.13	Instalar regletas con interruptor de apagado en equipos informáticos	1.687	0,6	1.256	371	3,4
2.14	Instalar un temporizador digital con reloj diario y semanal en termos	5.256	1,7	110	1.156	0,1
3.1	Ecoauditoría del agua	1.533	0,5	0	1.099	0,0
3.2.	Evitar consumos anómalos	5.226	1,7	0	3.745	0,0
3.3.	Contrapeso en inodoros con tanque alto	2.448	0,8	958	1.754	0,5
3.5.	Sustitución de grifos no temporizados por grifos temporizados	237	0,1	685	170	4,0
3.6.	Perlizador y eje que cierra el grifo en 6 segundos en grifos temporizados	873	0,3	2.225	626	3,6

3.7.	Perlizador en fregaderos	4.189	1,4	79	972	0,1
	TOTAL	114.308	60,5	31.791	23.795	1,3

Tabla 5.84. Medidas que se aconseja adoptar. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran en la tabla 5.85 las medidas con periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años ordenadas en función del periodo de retorno de la inversión. Si se prioriza el criterio mencionado, sería el orden de implantación de las propuestas de mejora. Dado que el criterio más favorable para la entidad auditada se considera el de menor retorno simple de la inversión, únicamente se muestra el orden de las medidas en función de dicho criterio. Aunque, como se ha dicho anteriormente, en función del criterio que adopte la dirección del centro se podrán implementar las medidas propuestas en el orden que se estime oportuno.

PROPUESTAS DE MEJORA CON PERIODO DE RETORNO INFERIOR A 10 AÑOS		Ahorro energético (kWh/año)	Emisiones evitadas CO ₂ (t/año)	Inversión (€)	Ahorro económico (€)	Periodo de retorno de la inversión (años)
3.2.	Evitar consumos anómalos	5.226	1,7	0	3.745	0,0
1.6	Implantar un plan energético	32.145	10,0	0	2.802	0,0
1.7	Realizar la compra de combustible centralizada	0	0,0	0	2.156	0,0
3.1	Ecoauditoria del agua	1.533	0,5	0	1.099	0,0
2.4	Cambiar de compañía suministradora	0	24,1	0	1.010	0,0
2.1	Implantar un plan eléctrico	3.645	1,2	0	802	0,0
2.11	Desconectar arcones y cámaras durante el periodo no lectivo	1.711	0,6	0	376	0,0
2.14	Instalar un temporizador digital con reloj diario y semanal en termos	5.256	1,7	110	1.156	0,1
3.7.	Perlizador en fregaderos	4.189	1,4	79	972	0,1

3.3.	Contrapeso en inodoros con tanque alto	2.448	0,8	958	1.754	0,5
2.7	Sustituir lámparas incandescentes por led	2.149	0,7	476	473	1,0
2.12	Cambiar la nevera por otra de bajo consumo energético	1.890	0,6	700	416	1,7
2.3	Ajustar la potencia eléctrica contratada	0	0,0	242	104	2,3
2.13	Instalar regletas con interruptor de apagado en equipos informáticos	1.687	0,6	1.256	371	3,4
1.5	Disminuir las infiltraciones con burletes y sellado	9.460	2,9	3.000	825	3,6
3.6.	Perlizador y eje que cierra el grifo en 6 segundos en grifos temporizados	873	0,3	2.225	626	3,6
1.10	Actualizar centralita de regulación	12.363	3,8	4.300	1.078	4,0
3.5.	Sustitución de grifos no temporizados por grifos temporizados	237	0,1	685	170	4,0
2.5	Sustituir lámparas fluorescentes lineales por led	6.415	2,1	6.050	1.411	4,3
2.6	Sustituir lámparas fluorescentes compactas por led	540	0,2	518	119	4,4
1.9	Válvulas de regulación termostática	19.782	6,2	7.691	1.724	4,5
2.9	Sustituir emergencias por emergencias led	2.759	0,9	3.500	607	5,8

Tabla 5.85. Medidas con periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años ordenadas en función del periodo de retorno de la inversión. Fuente: elaboración propia.

Figura 5.71. Propuestas de mejora con periodo de retorno de la inversión inferior a 10 años ordenadas en función del periodo de retorno de la inversión. En el eje de las abscisas se refleja la inversión necesaria acumulada y en el eje de las ordenadas el ahorro que se obtiene con dicha inversión acumulado para cada medida. Fuente: Elaboración propia.

5.4.3. CONSUMO DE CALEFACCIÓN

5.4.3.1. ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO

El Centro de educación primaria y secundaria Calasanz está formado por 5 pabellones que fueron construidos entre los años 1968 y 2010.

La primera normativa española en cuanto al aislamiento térmico en los edificios es de 1979. Los edificios construidos con anterioridad a dicha fecha presentan unas elevadas pérdidas de energía a través de su envolvente térmica. Por eso resulta pertinente realizar un estudio técnico económico de lo que supone mejorar los cerramientos del edificio desde el punto de vista térmico.

En la actualidad la normativa que trata de esta materia es la Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el

Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

Dicha normativa exige limitar la demanda energética cuando se realice una obra de reforma, entendiendo por tal cualquier trabajo u obra en un edificio existente distinto del que se lleve a cabo para el exclusivo mantenimiento del edificio.

Es previsible que, al igual que sucede con la Inspección Técnica de los Edificios que obliga a realizar obras, en un futuro la normativa obligue a los edificios existentes a cumplir con un determinado nivel de aislamiento en aras a reducir el consumo energético.

5.4.3.2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

La instalación de calefacción está formada por los siguientes sistemas:

- Sistema de producción de calor: Dos calderas estándar marca Calinter, modelo SCP, potencia nominal: 300.000 kcal/h (350 kW) cada una, instaladas en 1987. Rendimiento nominal: 90%.
- Combustible: gasóleo.
- Chimenea de evacuación de humos compartida por ambas calderas, de reciente implantación.
- Dos vasos de expansión cerrados de 400 litros cada uno, marca Ibaiondo, modelo 400 CMF, instalados en 2012.
- Sistema de distribución de calor: Las calderas alimentan a un colector de distribución del que parten 5 circuitos, uno por edificio, movidos por tres bombas de circulación. Dos bombas de circulación impulsan agua a dos circuitos y la tercera bomba a un único circuito. El control de temperatura de agua es único para todos los circuitos y se efectúa mediante una válvula de tres vías colocada en la entrada al colector.
- Las tuberías son de acero y están aisladas en la sala de calderas. Los circuitos de distribución discurren empotrados en algunos tramos y vistos en otros tramos. Los tramos vistos no llevan aislamiento térmico.
- Sistema de emisión de calor: Radiadores de acero de elementos con válvula de regulación manual.
- Sistema de regulación: Puesta en marcha y paro de la instalación mediante programador horario, operado por el personal de mantenimiento del centro.

5.4.3.3. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN

Se han recogido datos de facturación del consumo de gasóleo de los años 2009 a 2013. Los datos se han elaborado para estimar el reparto de los consumos a lo largo de los distintos meses, en función de los datos climáticos de Alcalá de Henares.

Los datos de consumo de gasóleo se pueden observar se pueden observar en la figura 5.72 y en la tabla 5.86:

Figura 5.72. Gráfico de consumo de gasóleo durante los años 2009 a 2013. Fuente: elaboración propia.

CONSUMO GASÓLEO (I)						
MES	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
Enero	4.363	4.899	4.899	5.354	5.076	4.918
Febrero	4.167	4.679	4.679	5.114	4.848	4.698
Marzo	2.475	2.779	2.779	3.037	2.880	2.790
Abril	2.417	2.715	2.715	2.967	2.813	2.725
Mayo	852	957	957	1.045	991	960
Junio	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0

Octubre	1.426	1.393	1.564	1.564	1.709	1.531
Noviembre	2.699	2.636	2.960	2.960	3.235	2.898
Diciembre	4.149	4.052	4.550	4.550	4.973	4.455
TOTAL	22.547	24.109	25.103	26.592	26.525	24.975

Tabla 5.86. Datos de consumo de gasóleo durante los años 2009 a 2013.

Para poder comparar los datos de consumo de gasóleo con otros edificios de similares características se hallan los indicadores del consumo anual de gasóleo por superficie, del consumo anual de gasóleo por usuario y del índice energético normalizado que mide el consumo anual por unidad de superficie y que se normaliza en función de los datos climáticos de la localidad para que se puedan comparar entre distintas localidades.

AÑO	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
CONSUMO ANUAL GASÓLEO POR SUPERFICIE (l/m ²)	3,5	3,9	4,0	4,3	4,2	4,0
CONSUMO ANUAL GASÓLEO POR USUARIO (l/usuario)	20	21	23	24	24	22,3
ÍNDICE ENERGÉTICO NORMALIZADO (kWh/m ²)	49,5	55,3	57,6	61,0	60,9	56,9

Tabla 5.87. Indicadores del consumo anual de gasóleo por superficie, del consumo anual de gasóleo por usuario y del índice energético normalizado durante los años 2009 a 2013.

Según el Manual de eficiencia energética en centros docentes (Alonso, 2013), el valor de referencia para el índice energético normalizado de los centros docentes estudiados es de 65,0 kWh/m², mientras que el valor de buenas prácticas es de 43,2 kWh/m².

El centro docente tiene un índice energético normalizado un 13% por debajo del valor de referencia, por lo que se encuentra mejor que la media. Aunque todavía cuenta con un potencial de ahorro del 24%, en cuanto al consumo de calefacción se refiere, para alcanzar el valor de buenas prácticas.

A continuación se cuantifican los indicadores de las emisiones anuales de CO₂ y de las emisiones anuales por usuario de CO₂ asociadas al consumo de gasóleo. La obtención de dichos valores se ha realizado utilizando los factores de emisión de CO₂ establecidos de manera oficial (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Ministerio de Fomento, 2016): 0,311 kg CO₂ /kWh E. final para gasóleo de calefacción.

AÑO	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
EMISIONES ANUALES CO ₂ (t)	74	79	83	88	87	82
EMISIONES ANUALES CO ₂ POR USUARIO (kg/usuario)	65	69	74	80	80	74

Tabla 5.88. Indicadores de las emisiones anuales de CO₂ y de las emisiones anuales por usuario de CO₂ asociadas al consumo de gasóleo durante los años 2009 a 2013.

A continuación se reflejan los indicadores de la factura anual del consumo de gasóleo, factura anual del consumo de gasóleo por usuario y precio del gasóleo por volumen consumido.

AÑO	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
FACTURA ANUAL GASÓLEO (€)	19.672	20.744	20.848	17.820	13.853	18.587
FACTURA ANUAL GASÓLEO POR USUARIO (€/usuario)	17,2	17,9	18,8	16,2	12,7	16,6
PRECIO GASÓLEO POR VOLUMEN CONSUMIDO (€/l)	0,87	0,86	0,83	0,67	0,52	0,8

Tabla 5.89. Indicadores de la factura anual del consumo de gasóleo, factura anual del consumo de gasóleo por usuario y precio del gasóleo por volumen consumido durante los años 2009 a 2013.

De los datos aportados puede observarse que el consumo de litros de gasóleo en el año 2013 es inferior al resto de años. No obstante, debido al aumento del precio pagado por el gasóleo, el importe facturado no repercute en su totalidad el descenso del gasto de combustible producido.

Por último se establece un reparto de la energía final empujada en el calentamiento del edificio.

A continuación se muestran los datos de partida:

- Transmitancia térmica de los muros: 1,64 W/m²K
- Superficie de muros: 3.212 m²
- Transmitancia térmica de los huecos: 5,50 W/m²K
- Superficie de huecos: 1.031 m²
- Transmitancia térmica de la cubierta: 1,65 W/m²K

- Superficie de la cubierta: 2.396 m²
- Transmitancia térmica de los forjados exteriores: 1,67 W/m²K
- Superficie de los forjados exteriores: 543 m²
- Grados hora de calefacción: 9.166 °C
- Volumen del edificio: 20.140 m³
- Tasa de ventilación: 0,95 renovaciones por hora
- Rendimiento de la instalación: 84%

Con estos datos, se obtienen los siguientes valores:

	Elemento	Cargas por transmisión (kWh)	Porcentaje respecto del total de cargas (%)
Envolvente	Muros	48.205	23%
	Huecos	51.934	25%
	Cubierta	36.221	17%
	Forjados exteriores	8.312	4%
Total cargas por transmisión (kWh)		24.330	144.671
Cargas por ventilación (kWh)		63.035	30%
Total energía entregada (kWh)		207.706	100%
Rendimiento (%)		84%	
Energía consumida (kWh)		247.269	

Tabla 5.90. Reparto de la energía final empujada en el calentamiento del edificio. Fuente: elaboración propia.

5.4.3.4. MEJORAS EN LA ENVOLVENTE

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.1.

Aumentar el aislamiento térmico de los muros.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Debido a que el colegio consta de varios edificios construidos en distintos momentos, el coeficiente de transmisión de calor de los muros tiene diversos valores que varían entre 3,05 W/m²K del cerramiento del pabellón 1, hasta 1,15 W/m²K de los pabellones 4 y 5. El coeficiente de transmisión medio es de 1,64 W/m²K.

La normativa actual es más restrictiva en esta materia. Para alcanzar los valores de consumo energético del edificio que exige en el caso de que se reforme, el Anejo E del DB HE 0 fija unos valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica que, en el caso de los muros sería de $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La solución que más ventajas presenta es la aplicación del aislamiento térmico por el exterior ya que aprovecha mejor la inercia térmica del muro y permite realizar las obras sin interrumpir la actividad interior del centro.

Consiste en adherir placas de poliestireno expandido con mortero y ancladas mecánicamente con fijaciones de percusión para posteriormente revestirlas mediante mortero armado con fibra de vidrio.

Para alcanzar los valores exigidos serían necesarios espesores de aislamiento de 14 cm para el pabellón 1 y 12 cm para el resto de edificios.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas de transmisión de los muros es de 48.205 kWh al año.

El coste de dicho consumo de gasóleo de calefacción a precios de 2013 es de $48.205 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 4.202 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al aumentar el aislamiento térmico de los muros desde sus valores actuales hasta que alcancen un coeficiente de transmisión térmica de $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$, se dejarían de consumir 40.563 kWh.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $40.563 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 3.536 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $40.563 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 12,6 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Aumentar el aislamiento térmico del muro supondría una inversión de $3.212 \text{ m}^2 \times 53,62 \text{ €/m}^2 = 172.227 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $172.227 / 3.536 = 48,7$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.73. Análisis económico de la medida 1.1. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -136.865 €. (Cuando la cifra de ahorro se expresa mediante un número negativo, significa que no se produce tal ahorro. El número indica la cantidad de dinero invertida que todavía está pendiente de amortizar).

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.2.

Sustituir las ventanas antiguas por ventanas de altas prestaciones térmicas.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El coeficiente de transmisión de calor de las carpinterías tiene un valor de $5,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La normativa actual es más restrictiva en esta materia. Para alcanzar los valores de consumo energético del edificio que exige en el caso de que se reforme, haría falta llegar a valores cercanos a $1,63 \text{ W/m}^2\text{K}$.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas de transmisión de las carpinterías es de 51.934 kWh al año.

El coste de dicho consumo de gas de calefacción a precios de 2013 es de $51.934 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 4.527 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al aumentar el aislamiento térmico de las carpinterías antiguas desde sus valores actuales hasta que alcancen un coeficiente de transmisión térmica de $1,63 \text{ W/m}^2\text{K}$, se dejarían de consumir 43.701 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $36.543 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 3.185 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $36.543 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 11,4 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Sustituir las carpinterías supondría una inversión de $1.031 \text{ m}^2 \times 300 \text{ €/m}^2 = 309.300 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $309.300 / 3.185 = 97,1$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.74. Análisis económico de la medida 1.2. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -277.447 € .

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.3.

Aumentar el aislamiento térmico de la cubierta.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El coeficiente de transmisión de calor de la cubierta tiene un valor de $1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La normativa actual es más restrictiva en esta materia. Para alcanzar los valores de consumo energético del edificio que exige en el caso de que se reforme, haría falta llegar a $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La solución más económica consiste en realizar un trasdosado de placa de yeso con aislamiento por debajo del techo existente.

Para alcanzar los valores exigidos serían necesarios espesores de aislamiento de 13 cm.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas de transmisión de la cubierta es de 36.221 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo de calefacción a precios de 2013 es de $36.221 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 3.158 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al aumentar el aislamiento térmico de las cubiertas desde sus valores actuales hasta que alcancen un coeficiente de transmisión térmica de $0,22 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, se dejarían de consumir 3.392 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $31.392 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 2.737 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $31.392 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 9,8 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Aumentar el aislamiento térmico de la cubierta supondría una inversión de $2.396 \text{ m}^2 \times 53 \text{ €/m}^2 = 126.988 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $126.988 / 2.737 = 46,4$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.75. Análisis económico de la medida 1.3. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -99.618 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.4.

Aumentar el aislamiento térmico de los forjados exteriores.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El coeficiente de transmisión de calor del forjado en contacto con el exterior existente en el pabellón 5 sobre el patio tiene un valor de 1,67 W/m²K.

La normativa actual es más restrictiva en esta materia. Para alcanzar los valores de consumo energético del edificio que exige en el caso de que se reforme, el Anejo E del DB HE 0 fija unos valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica que, en el caso de los forjados en contacto con el exterior sería de 0,34 W/m²K.

La solución más económica consiste en aplicar una capa de espuma rígida de poliuretano bajo el forjado y proyectar mortero para su protección.

Para alcanzar los valores exigidos serían necesarios espesores de aislamiento de 8 cm.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas de transmisión de los forjados exteriores es de 8.312 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo de calefacción a precios de 2013 es de 8.312 kWh x 0,087 €/kWh = 725 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al aumentar el aislamiento térmico del forjado en contacto con el exterior desde su valor actual hasta que alcance un coeficiente de transmisión térmica de $0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$, se dejarían de consumir 6.620 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $6.620 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 577 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción $6.620 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 2,1 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La aplicación del aislamiento con su posterior protección tiene un coste de 47 €/m^2 .

Su implantación en el total de los 543 m^2 del forjado exterior supondría una inversión de $543 \text{ m}^2 \times 47 \text{ €/m}^2 = 25.521 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $25.521 / 725 = 44,2$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.76. Análisis económico de la propuesta de mejora 1.4. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -19.751 € .

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.5.

Disminuir las infiltraciones colocando burletes en las ventanas y sellando las juntas y capialzados.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Una forma de perder calor de los edificios es a través de las infiltraciones no deseadas que se producen a través de las rendijas que dejan las ventanas tanto en sus juntas como en las hojas.

Para evitarlo se pueden colocar burletes que aseguren una mayor estanqueidad y sellar las juntas de las ventanas que se encuentren en mal estado así como los cajones donde se alojan las persianas llamados capialzados.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas de ventilación es de 63.065 kWh al año.

El coste del consumo de gas de calefacción a precios de 2013 es de $63.065 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 5.498 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al disminuir las infiltraciones colocando burletes en las ventanas y sellando las juntas y capialzados, se dejarían de consumir 9.460 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $9.460 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 825 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $9.460 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 2,9 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El coste de los burletes y de la silicona para el sellado de todas las ventanas asciende a 1.500 €. La durabilidad de este material es de 5 años, por lo que pasado dicho período de tiempo habría que volver a colocarlo.

El servicio de mantenimiento se podría encargar de su aplicación, por lo que el coste de instalación sería gratuito.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $3.000 / 825 = 3,6$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.77. Análisis económico de la propuesta de mejora 1.5. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 5.247 €.

5.4.3.5. HÁBITOS DE CONSUMO

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.6.

Implantar un "Plan energético en el centro escolar".

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para calentar el edificio depende, entre otros factores, del uso tanto de la envolvente como del sistema de calefacción que realizan los usuarios del centro docente y la persona encargada de operar la instalación.

Por muchas medidas de eficiencia que se implanten en la instalación, un uso inadecuado o despilfarrador de los recursos disponibles, en este caso la calefacción, puede suponer un impacto reducido de las medidas adoptadas. Por ello se propone como medida para el uso racional de la calefacción implantar un Plan energético en el centro escolar.

La finalidad del Plan energético consiste en:

- Obtener la información necesaria para abordar una apropiada planificación de la gestión integral de la calefacción.
- Estimular el hábito de la participación en los procesos de toma de decisiones (¿cómo vamos a utilizar la calefacción?).
- Concienciar a la comunidad educativa de la importancia del medio ambiente en el día a día de la vida escolar, familiar y social (el consumo de calefacción afecta al medio ambiente).

El Plan energético en el centro escolar se convierte en un instrumento que permite realizar un proceso de evaluación de la práctica educativa y ambiental, que conducirá a la mejora de los procesos de aprendizaje y de la calidad ambiental tanto del centro como de su entorno, en este caso en relación con el uso eficiente de la calefacción.

El Plan energético se organiza en cinco fases:

- Identificación y definición del problema.
- Establecimiento de un compromiso con el ahorro de calefacción.
- Realización de una auditoría inicial del uso que se hace de la calefacción en el centro, es decir, investigar y analizar el punto del que se parte.
- Elaboración, ejecución y seguimiento de un Plan de Acción para el uso eficiente de la calefacción.
- Comunicación y difusión de los resultados obtenidos.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas térmicas en la temporada fría es de 247.269 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo de calefacción a precios de 2013 es de $247.269 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 21.556 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se establece un objetivo de rebajar el consumo medio en el centro educativo en un 13% para alcanzar el valor de referencia para el índice energético normalizado, se dejarían de consumir $0,13 \times 247.269 \text{ kWh} = 32.145 \text{ kWh}$ al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del año 2013 de $32.145 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 2.802,22 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $32.145 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 10,0 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de un centro educativo, la implantación de esta medida está encuadrada dentro de la actividad propia del centro, por lo que no resulta necesario dedicar ningún recurso económico adicional.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.78. Análisis económico de la propuesta de mejora 1.6. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 28.022 €.

5.4.3.6. CONTRATACIÓN

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.7.

Realizar la compra de combustible de manera centralizada para todos los centros educativos de la Fundación, pidiendo ofertas a distintas compañías y negociando la rebaja del precio por el volumen de la compra.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

La compra por parte de cada centro educativo del gasóleo de calefacción supone una pérdida de la capacidad negociadora que se podría adquirir al acudir al mercado con una demanda superior al agrupar todos los centros.

Esta medida supone una gestión centralizada de la compra de combustible, pidiendo oferta a diversas compañías y negociando con ellas.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas térmicas en la temporada fría es de 247.269 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo de calefacción a precios de 2013 es de $247.269 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 21.556 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Las diferencias de precio del gasóleo de calefacción entre el precio más caro y el más barato entre distintos suministradores es del 20%. Suponiendo que se compra a precio medio en la actualidad y que se logra el precio más barato con la gestión centralizada de la compra, obtendríamos un ahorro del 10%.

Esto implicaría un ahorro anual a precios del año 2013 de 2.156 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al negociar el precio de compra del combustible se evitarían las emisiones de 0 toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Si la gestión de compra centralizada se llevase a cabo por personal de la fundación, esta medida no tendría ningún coste de implantación.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.79. Análisis económico de la propuesta de mejora 1.7. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 21.556 €.

5.4.3.7. PRODUCCIÓN DE CALOR

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.8.

Sustituir la caldera.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El rendimiento de la caldera nos informa de la cantidad de combustible que utiliza para suministrar la energía térmica que la instalación necesita. Para mantener el rendimiento a lo largo de la vida útil es necesario realizar un correcto mantenimiento.

La caldera existente es una caldera estándar. En la actualidad existen una tecnología cuyo rendimiento es mayor: la caldera de condensación.

Como primera alternativa, se estudia la repercusión económica de la sustitución de la caldera actual por otra de mayor rendimiento.

Como segunda alternativa, se estudia la repercusión económica de la sustitución de la caldera actual por otra de biomasa.

Los sistemas de calefacción alimentados con biomasa son respetuosos con el medioambiente y no generan olores como el gasóleo. Su operación y mantenimiento son sencillos ya que incorporan sistemas de control electrónico para el manejo de la instalación. La limpieza del equipo es automática. La única operación a realizar por el usuario es la retirada de las cenizas. Las cenizas pueden suponer hasta el 1% de la biomasa consumida, lo cual hace de la retirada de las cenizas una tarea poco frecuente.

Estas calderas oponen gran resistencia al desgaste, tienen una larga vida útil y son prácticamente silenciosas debido a que no necesitan un quemador que insufla aire a presión para pulverizar el combustible, como las calderas de gasóleo.

Como inconvenientes cabe destacar la necesidad de espacio para el combustible, como en el caso del gasóleo, y una disponibilidad de suministro de combustible equivalente al gasóleo.

La biomasa contribuye a la conservación del medioambiente, debido a que sus emisiones a la atmósfera son inferiores que las de los combustibles sólidos por su bajo contenido en azufre, nitrógeno y cloro. La mayor ventaja es el balance neutro de CO₂, al cerrar el ciclo de carbono que comenzaron las plantas en su crecimiento. Por tanto, se puede decir que las emisiones de la biomasa no son contaminantes, ya que su composición es básicamente parte del CO₂ captado por la planta origen de la biomasa, y vapor de agua.

La ventaja económica principal de la biomasa sobre el gas radica en el menor coste del combustible y en una mayor estabilidad del precio de éste, al no depender de los precios del petróleo. Esta ventaja tiene que equilibrar y prevalecer frente al mayor coste de inversión inicial.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas térmicas en la temporada fría es de 247.269 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo de calefacción a precios de 2013 es de $247.269 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 21.556 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Una caldera de condensación dejaría de consumir 35.324 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del año 2013 de $35.324 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 3.079 \text{ €}$.

Para producir la misma cantidad de energía térmica, sería necesario quemar 60.758 kg de biomasa al año. El precio de la biomasa en 2016 está a 0,28 €/kg. El sistema de calefacción alimentado con biomasa supone un coste en combustible de $60.758 \text{ kg} \times 0,28 \text{ €/kg} = 17.012 \text{ €}$.

El ahorro que se obtendría con una caldera de biomasa es de $21.556 - 17.012 = 4.543 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Una caldera de condensación supondría la reducción de $35.324 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 11,0 \text{ t CO}_2$.

Una caldera de biomasa generaría unas emisiones de $247.269 \text{ kWh} \times 0,018 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 4,5 \text{ t CO}_2$. La caldera existente genera unas emisiones de $247.269 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 76,9 \text{ t CO}_2$.

Una caldera de biomasa supondría la reducción de $76,9 \text{ t CO}_2 - 4,5 \text{ t CO}_2 = 72,4 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La inversión necesaria se desglosa en las tablas 5.91 y 5.92:

	Coste unitario (€/ud)	unidades	Precio total (€)
Calera de condensación	17.500	2	35.000
Montaje	750	2	1.500

TOTAL			36.500
-------	--	--	--------

Tabla 5.91. Inversión necesaria para la instalación de una caldera de condensación. Fuente: elaboración propia.

	Coste unitario (€/ud)	unidades	Precio total (€)
Calera de biomasa	70.000	2	140.000
Montaje	750	2	1.500
Accesorios	2.000	2	4.000
Silo 20 m ³	4.800	1	4.800
TOTAL			193.954

Tabla 5.92. Inversión necesaria para la instalación de una caldera de biomasa. Fuente: elaboración propia.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $36.500 / 3.079 = 11,9$ años para la caldera de condensación.

El periodo de retorno simple de la inversión es de $193.954 / 5.172 = 42,7$ años para la caldera de condensación.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.80. Análisis económico de la propuesta de mejora 1.8. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -5.706 € para la caldera de condensación.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -148.520 € para la caldera de biomasa.

5.4.3.8. EMISORES

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.9.

Instalar válvulas de regulación termostática en los radiadores.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Algunos de los actuales radiadores cuentan con una válvula de regulación manual que permite que el radiador emita más o menos calor en función del accionamiento manual que se le aplica. Se opera dando varias vueltas a la llave, lo que supone un periodo de tiempo para un docente mayor que abrir la ventana. Esta segunda alternativa para reducir el exceso de temperatura que alcanza el aula resulta más rápido tanto en su operación como en la consecución de resultados. También resulta menos eficiente energéticamente y más caro en la factura de gasóleo.

Las válvulas de regulación termostáticas cierran o abren el paso de agua caliente al radiador según se alcance o se pierda la temperatura deseada en el aula. De este modo, no se calientan las estancias más allá de lo deseado, puesto que aunque la caldera esté funcionando, si en una estancia se alcanza la temperatura requerida la propia válvula procede al cierre del paso de agua caliente sin que el docente tenga que girarla para abrir o cerrar cada vez que desea hacerlo. De esta manera se automatiza el control de la temperatura en cada habitación sin que sea necesaria la intervención de nadie, con lo que sólo se emite el calor que se necesita.

La instalación de las válvulas termostáticas permite el aprovechamiento de las aportaciones de calor gratuitas como la radiación solar que pueda entrar por la ventana o el calor que desprenden las personas que ocupan un aula. Este aprovechamiento se consigue gracias a que el radiador deja de emitir energía térmica al ambiente al detectar un aumento de la temperatura en la sala. Cierra el paso de agua caliente y es necesario consumir menos gas para mantener la temperatura que se desea.

En la actualidad existen tres tipos de válvulas de regulación termostáticas:

Estándar: no es preciso cambiar la válvula del radiador.

Remota: permite regular la válvula desde un punto distinto del radiador. Implica hacer obra para llevar el cableado de interconexión con el radiador. Aumenta el control de la válvula por parte del profesor.

Electrónico: es programable, con lo que para salas con horario de uso distinto al horario de funcionamiento de la caldera, permite no

calefactarlas cuando no se utilizan. También constan de la función ventana abierta que ayuda a evitar derroches de energía, cerrando la válvula automáticamente cuando se ventila la sala.

Se propone sustituir las válvulas de regulación actuales manuales por válvulas de regulación termostática estándar en todos los radiadores salvo en los que están ubicados en salas de uso esporádico en los que se propone válvulas de regulación termostática electrónicas: comedor, capilla, salón de actos y despacho del Ampa.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas térmicas en la temporada fría es de 247.269 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo de calefacción a precios de 2013 es de $247.269 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 21.556 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Con las válvulas de regulación termostática se dejarían de consumir 19.782 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del año 2013 de $19.782 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 1.724 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $19.782 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 6,2 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La inversión necesaria para sustituir las válvulas de regulación manuales por otras de regulación termostática es de $25,48 \text{ €/ud} \times 109 \text{ válvulas estándar} + 72,72 \text{ €/ud} \times 16 \text{ válvulas electrónicas} = 3.941 \text{ €}$.

La sustitución de cada válvula tiene un coste de 30 €/ud de mano de obra, lo que multiplicado por las 125 válvulas a sustituir, supone una inversión de 3.750 € en mano de obra.

El total de la inversión necesaria asciende a 7.691 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $7.691 / 1.724 = 4,5$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.81. Análisis económico de la propuesta de mejora 1.9. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 9.554 €.

Para que esta medida sea efectiva es preciso implantar un plan energético en el colegio para que los usuarios operen adecuadamente las nuevas válvulas de los radiadores. Sin un uso adecuado del nuevo equipamiento no se lograrán los ahorros previstos.

5.4.3.9. SISTEMA DE REGULACIÓN

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 1.10.

Actualizar la centralita de regulación de la caldera y del cuarto de calderas.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Las calderas se instalaron hace 27 años. El aprovechamiento energético de la instalación de calefacción depende, entre otros factores, de cómo se realice su operación. Utilizando un símil automovilístico, depende de cómo se conduzca. La centralita de regulación es muy básica, acorde a la tecnología existente en el momento en el que se instaló la caldera. La operación del sistema tiene la función de programación horaria del encendido y apagado de las calderas.

La instalación funciona de una manera ineficiente. Tiene poca capacidad de adaptarse a distintas situaciones de manera que aproveche los potenciales ahorros de energía que le ofrecerían unas capacidades de ahorro energético mayores.

Se propone sustituir la centralita de regulación existente por una centralita de regulación electrónica que disponga de las siguientes funciones:

- Orden de encendido/apagado en función de reloj programable (horarios) y de temperatura exterior (sonda).
- Regulación de la temperatura de impulsión en función de la temperatura exterior, ajustable según las necesidades.
- Regulación de la secuencia de arranque de las calderas en función de la demanda del edificio de manera que en temporadas intermedias sólo sea necesario el arranque de una de ellas. De esta manera se prolonga el tiempo en el que permanecen encendidas ahorrando las pérdidas de energía que se producen en las calderas debidas a los ciclos de arranque-parada.
- Alternancia en el arranque de la primera caldera que se pone en funcionamiento de manera que cada vez sea una distinta. Junto con la medida anterior se consigue prolongar la vida útil de ambas calderas.

Para sacar mejor rendimiento a la centralita y aprovechar las posibilidades de ahorro energético que ofrece sería aconsejable realizar las siguientes modificaciones en el cuarto de calderas:

- Independizar los circuitos que alimentan a los radiadores en cada edificio. En la actualidad hay 2 circuitos con agua impulsada por sendas bombas, uno para calefacción y otro para ACS. Sería necesaria la colocación de 1 bomba de circulación adicional de manera que cada circuito disponga de una bomba de circulación independiente.
- Colocar una válvula mezcladora de regulación proporcional en cada circuito. Ofrecen la posibilidad de ajustar la temperatura del agua de calefacción que se impulsa a cada edificio en función de las necesidades de cada uno de ellos de manera independiente. Esta regulación de la temperatura se consigue mezclando el agua caliente que sale de la caldera con agua más enfriada que retorna a la caldera. En la actualidad la temperatura a la que se impulsa el agua es la misma para el conjunto de edificios, con lo que es posible que la energía que se entrega a algún edificio sea excesiva. Si se dota al sistema de distribución de esta capacidad de ajustar la energía que se entrega a la necesidad real de cada edificio se logra un ahorro en el consumo de combustible. La nueva centralita es capaz de actuar estas válvulas para conseguir este ahorro.

Además también se recomienda medir el rendimiento estacional y reflejarlo en el certificado anual de mantenimiento. Para ello es preciso instalar contadores que permitan realizar la contabilización de los

siguientes parámetros de cara a poder controlar cómo se está realizando el consumo y poder operar para ajustarlo según se pretenda:

- Contador de combustible consumido
- Contador de energía térmica entregada
- Contador de horas de funcionamiento de la caldera

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de energía para vencer las cargas térmicas en la temporada fría es de 247.269 kWh al año.

El coste del consumo de gasóleo de calefacción a precios de 2013 es de $247.269 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 21.556 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CALEFACCIÓN Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Con la nueva centralita se dejarían de consumir 12.363 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del año 2013 de $12.363 \text{ kWh} \times 0,087 \text{ €/kWh} = 1.078 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $12.363 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 3,8 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La inversión necesaria para realizar la actualización de la centralita de regulación de la caldera y del cuarto de calderas con los equipos descritos en la descripción técnica, incluyendo el material y la mano de obra es de 4.300 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $4.300 / 1.078 = 4,0$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.82. Análisis económico de la propuesta de mejora 1.10. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 6.477 €.

Para que esta medida sea efectiva es preciso que la persona encargada de maniobrar la caldera se familiarice con las nuevas funcionalidades que le va a ofrecer la instalación de regulación.

5.4.4. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

5.4.4.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Los aparatos consumidores de energía eléctrica del centro docente se pueden resumir en función de su uso y su potencia eléctrica instalada en los que figuran en la tabla 5.93:

Uso	Potencia (W)
COCINA INDUSTRIAL	69.350
ALUMBRADO	53.442
INFORMÁTICA	24.540
OTROS APARATOS	21.400
TERMO ELÉCTRICO	16.300
TOTAL	185.032

Tabla 5.93. Potencia eléctrica de aparatos consumidores de energía eléctrica del edificio. Fuente: elaboración propia.

A continuación cada uso de la tabla 5.93 se desglosa para detallar los distintos aparatos consumidores de energía:

COCINA INDUSTRIAL	Número de equipos	Potencia unitaria (W)	Total potencia (W)
Arcón	2	350	700
Cámara	1	450	450
Fry-Top	1	8.400	8.400
Campana	1	1.800	1.800
Freidora	2	17.400	34.800
Cocina	1	16.400	16.400
Placa Eléctrica	1	1.500	1.500
Mesa Caliente	1	450	450
Lavavajillas	1	3.400	3.400
Microondas	1	1.200	1.200
Nevera	1	250	250
TOTAL			69.350

Tabla 5.94. Aparatos consumidores de energía eléctrica de la cocina industrial. Fuente: elaboración propia.

ALUMBRADO	Luminarias	Lámparas por luminaria	Total lámparas	Potencia lámpara (W)	Total potencia (W)
Fluorescente lineal	395	1	395	36	14.220
Fluorescente lineal	115	2	230	36	8.280
Fluorescente lineal	115	4	460	18	8.280
Fluorescente compacto	5	2	10	21	210
Fluorescente compacto	16	1	16	18	288
Fluorescente compacto	55	2	110	18	1.980
Fluorescente compacto	4	1	4	11	44
Incandescente	119	1	119	60	7.140
Halógenas	13	1	13	50	650
Halógenas	12	1	12	1.000	12.000
Emergencia	175	1	175	2	350

TOTAL	1.024		1.544		53.442
-------	-------	--	-------	--	--------

Tabla 5.95. Aparatos consumidores de energía eléctrica del alumbrado. Fuente: elaboración propia.

INFORMÁTICA	Número de equipos	Potencia unitaria (W)	Total potencia (W)
CPU	158	50	7.900
Monitor	158	18,8	2.970
Proyector	46	287	13.202
Impresora / Escáner	12	19	228
Hub	3	80	240
TOTAL			24.540

Tabla 5.96. Aparatos consumidores de energía eléctrica de informática. Fuente: elaboración propia.

OTROS APARATOS	Número de equipos	Potencia unitaria (W)	Total potencia (W)
Radiadores eléctricos	8	1.500	12.000
Lavadora	1	1.000	1.000
televisor	2	300	600
megafonía	3	1.000	3.000
fotocopiadora	2	1.200	2.400
cafetera	2	1.200	2.400
TOTAL			21.400

Tabla 5.97. Aparatos consumidores de energía eléctrica de otros aparatos. Fuente: elaboración propia.

TERMO ELÉCTRICO	Número de equipos	Capacidad (l)	Potencia unitaria (W)	Total potencia (W)
Pabellón 1, planta baja	1	50	1.000	1.000
Edificio 2, planta 1	1	75	1.800	1.800
Edificio 2, planta 2	1	50	1.600	1.600
Pabellón 3, planta baja	1	50	1.200	1.200

Pabellón 4, planta baja	1	50	1.500	1.500
Pabellón 4, planta 1	1	50	1.200	1.200
Pabellón 4, planta 2	1	50	1.200	1.200
Pabellón 4, planta 3	1	50	1.200	1.200
Pabellón 5, planta baja	1	80	1.200	1.200
Pabellón 5, planta 1	1	30	1.200	1.200
Pabellón 5, planta 2	1	50	1.600	1.600
Pabellón 5, planta 3	1	50	1.600	1.600
TOTAL	12			16.300

Tabla 5.98. Aparatos consumidores de energía eléctrica de termos eléctricos. Fuente: elaboración propia.

5.4.4.2. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN

Se han recogido datos de facturación de los años 2009 al 2013.

Los datos de consumo de electricidad se pueden observar en la figura 5.83 y en la tabla 5.99:

Figura 5.83. Consumo de electricidad de los años 2009 al 2013. Fuente: elaboración propia.

CONSUMO ELECTRICIDAD kWh						
MES	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
Enero	7.360	7.328	7.095	4.506	6.030	6.464
Febrero	7.319	8.018	7.151	7.785	5.666	7.188
Marzo	5.714	5.726	7.658	5.703	5.251	6.010
Abril	4.931	5.309	4.379	5.206	4.767	4.918
Mayo	5.710	5.653	5.443	5.157	5.710	5.534
Junio	4.066	4.030	4.557	3.730	3.795	4.036
Julio	2.698	2.608	2.141	2.868	2.856	2.634
Agosto	1.342	1.323	1.498	1.583	1.035	1.356
Septiembre	4.614	3.935	3.860	5.015	4.053	4.296
Octubre	7.535	6.292	5.871	5.171	4.707	5.915
Noviembre	7.222	7.178	7.037	7.095	6.840	7.074
Diciembre	7.566	4.989	5.217	5.745	5.627	5.829
TOTAL	66.075	62.389	61.908	59.564	56.337	61.255

Tabla 5.99. Consumo de electricidad de los años 2009 al 2013.

Durante el verano del 2010 se realizó la ampliación del pabellón 3, instalando nuevas aulas informáticas y en el verano del 2013 se instaló la nueva cocina industrial eléctrica. Dichos incrementos significativos en el consumo eléctrico se pueden contemplar en la diferencias de consumo entre los distintos años. En el 2009 el consumo es más bajo. Durante los tres años siguientes se nota el incremento de consumo producido, en gran medida, por las aulas informáticas. En el año 2013 se puede notar el incremento de consumo debido a la cocina eléctrica, aunque se instaló durante el verano.

Por este motivo, el valor de consumo medio no es significativo de cara a predecir los futuros consumos si no se toma ninguna medida sobre los hábitos de consumo y la instalación existente. Es necesario realizar una interpolación de los incrementos de consumo que ambas actuaciones han producido y generar los datos de consumo de un año tipo completo funcionando el centro como lo está haciendo en el momento de la toma de datos. De esta manera se genera la tabla 5.100 con los datos de consumo eléctrico y se tomarán los valores interpolados para el AÑO MODELO para realizar el estudio del impacto que tengan las medidas que se propongan sobre el consumo.

Como puede observarse en la tabla 5.100, el consumo del año modelo es superior al resto de años debido al incremento que supone la cocina eléctrica cuyo valor no ha podido quedar reflejada en la tabla 5.99 de

consumos medidos ofrecida anteriormente ya que los datos se han tomado con anterioridad al final del año 2014.

CONSUMO ELECTRICIDAD kWh						
MES	AÑO MODELO	2013	2012	2011	2010	2009
Enero	8.618	7.360	7.328	7.095	4.506	6.030
Febrero	7.999	7.319	8.018	7.151	7.785	5.666
Marzo	7.722	5.714	5.726	7.658	5.703	5.251
Abril	5.703	4.931	5.309	4.379	5.206	4.767
Mayo	7.018	5.710	5.653	5.443	5.157	5.710
Junio	5.122	4.066	4.030	4.557	3.730	3.795
Julio	2.669	2.698	2.608	2.141	2.868	2.856
Agosto	1.335	1.342	1.323	1.498	1.583	1.035
Septiembre	5.278	4.614	3.935	3.860	5.015	4.053
Octubre	6.729	7.535	6.292	5.871	5.171	4.707
Noviembre	8.506	7.222	7.178	7.037	7.095	6.840
Diciembre	6.191	7.566	4.989	5.217	5.745	5.627
TOTAL	72.890	66.075	62.389	61.908	59.564	56.337

Tabla 5.100. Consumo de electricidad de los últimos 5 años y año modelo con el consumo estimado que tendrá el centro si se mantiene el uso y la instalación actual.

Para poder comparar los datos de consumo de electricidad con otros edificios de similares características se hayan los indicadores de consumo anual de electricidad por superficie, consumo anual de electricidad por usuario y consumo diario de electricidad por usuario.

	AÑO MODELO	2013	2012	2011	2010	2009
ÍNDICE ELÉCTRICO (CONSUMO ANUAL ELECTRICIDAD POR SUPERFICIE) (kWh/m ²)	10,7	10,1	10,0	9,9	9,5	9,0
CONSUMO ANUAL ELECTRICIDAD POR USUARIO (kWh/usuario)	63	58	54	56	54	52

CONSUMO DIARIO ELECTRICIDAD POR USUARIO (kWh/usuario)	0,17	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14
--	------	------	------	------	------	------

Tabla 5.101. Indicadores de índice eléctrico (consumo anual de electricidad por superficie), consumo anual de electricidad por usuario y consumo diario de electricidad por usuario en el centro docente durante los años 2009 al 2013.

Según el Manual de eficiencia energética en centros docentes (Alonso, 2013), el índice energético medio de electricidad en los centros docentes es de 15,2 kWh/m², el valor que más se repite es el de 12 kWh/m² y el valor de buenas prácticas es de 8,3 kWh/m².

El centro docente tiene un índice eléctrico un 30% por debajo del valor de la media, por lo que se encuentra ligeramente mejor que los centros educativos.

No obstante, todavía hay margen para la reducción del consumo eléctrico. En concreto para llegar a alcanzar la consideración de buenas prácticas en cuanto al consumo eléctrico, habría que reducir el consumo de energía eléctrica un 29%.

A continuación se cuantifican los indicadores de las emisiones anuales de CO₂ y de las emisiones anuales por usuario de CO₂ asociadas al consumo de gas. La obtención de dichos valores se ha realizado utilizando los factores de emisión de CO₂ establecidos de manera oficial (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Ministerio de Fomento, 2016): 0,331 kg CO₂ /kWh E. final para electricidad peninsular.

	AÑO MODELO	2013	2012	2011	2010	2009
EMISIONES ANUALES CO ₂ (t)	24	22	21	20	20	19
EMISIONES ANUALES CO ₂ POR USUARIO (kg/usuario)	21,0	19,1	17,8	18,4	17,9	17,1

Tabla 5.102. Emisiones anuales de CO₂ y emisiones anuales de CO₂ por usuario asociadas al consumo de electricidad en el centro docente durante los años 2009 al 2013. Fuente: elaboración propia.

Se reflejan los indicadores de la factura anual del consumo de electricidad, factura anual del consumo de electricidad por usuario y precio de la electricidad por cantidad de energía consumida.

	AÑO MODELO	2013	2012	2011	2010	2009
FACTURA ANUAL ELECTRICIDAD (€)	16.765	15.831	14.867	11.389	11.389	9.911

FACTURA ANUAL ELECTRICIDAD POR USUARIO (€/usuario)	14,6	13,8	12,8	10,3	10,3	9,1
PRECIO ELECTRICIDAD POR ENERGÍA CONSUMIDA (€/kWh)	0,23	0,24	0,24	0,18	0,19	0,18

Tabla 5.103. Indicadores de factura anual de consumo de electricidad, factura anual de consumo de electricidad por usuario y precio de la electricidad por cantidad de energía consumida en el centro docente durante los años 2009 al 2013. Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5.103 se puede comprobar que ha subido el precio pagado por el kWh consumido en un 33% en los años 2009 a 2013.

Por último se establece un reparto de consumos y de gasto económico entre los distintos usos del centro educativo.

Uso	Consumo (kWh)	Factura (€/año)	Porcentaje
COCINA INDUSTRIAL	20.804	4.785	29%
ALUMBRADO	18.548	4.266	25%
INFORMÁTICA	17.819	4.098	24%
TERMO ELÉCTRICO	9.616	2.212	13%
OTROS APARATOS	6.103	1.404	8%
TOTAL	72.890	16.765	100%

Tabla 5.104. Consumos y gasto económico repartidos entre los distintos usos.

5.4.4.3. HÁBITOS DE CONSUMO

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.1.

Implantar un “Plan eléctrico en el centro escolar”.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El consumo de energía eléctrica depende, entre otros factores, de los hábitos de consumo que existen entre los usuarios del centro docente.

Por muchas medidas de eficiencia que se implanten en la instalación, un uso inadecuado o despilfarrador de los recursos disponibles, en este caso la electricidad, puede suponer un impacto reducido de las medidas adoptadas. Por ello se propone como primera medida para el uso racional de la electricidad implantar un Plan eléctrico en el centro escolar.

La finalidad del Plan eléctrico consiste en:

Obtener la información necesaria para abordar una apropiada planificación de la gestión integral de la electricidad.

Estimular el hábito de la participación en los procesos de toma de decisiones (¿cómo vamos a utilizar la electricidad?).

Concienciar a la comunidad educativa de la importancia del medio ambiente en el día a día de la vida escolar, familiar y social (el consumo de electricidad afecta al medio ambiente).

El Plan eléctrico en el centro escolar se convierte en un instrumento que permite realizar un proceso de evaluación de la práctica educativa y ambiental, que conducirá a la mejora de los procesos de aprendizaje y de la calidad ambiental tanto del centro como de su entorno, en este caso en relación con el uso eficiente de la electricidad.

El Plan eléctrico se organiza en cinco fases:

- Identificación y definición del problema.
- Establecimiento de un compromiso con el ahorro de electricidad.
- Realización de una auditoría inicial del uso que se hace de la electricidad en el centro, es decir, investigar y analizar el punto del que se parte.
- Elaboración, ejecución y seguimiento de un Plan de Acción para el uso eficiente de la electricidad.
- Comunicación y difusión de los resultados obtenidos.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Esta propuesta abarca la totalidad del consumo de electricidad del centro docente. El consumo del año modelo es de 72.890 kWh al año.

El coste del consumo medio de electricidad a precios del 2013 es de $72.890 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 16.035,80 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se establece un objetivo no demasiado ambicioso de reducir el consumo medio en el centro educativo en un 5%, se dejarían de consumir $0,05 \times 72.890 \text{ kWh} = 3.645 \text{ kWh}$ al año.

Esto implicaría un ahorro a precios de 2013 de $3.645 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/ kWh} = 801,90 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $3.645 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh} = 1,2 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de un centro educativo, la implantación de esta medida está encuadrada dentro de la actividad propia del centro, por lo que no resulta necesario dedicar ningún recurso económico adicional.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.84. Análisis económico de la medida 2.1. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 8.019 €.

5.4.4.4. CONTRATACIÓN

Una de las posibilidades de ahorro económico se encuentra en la contratación del suministro eléctrico.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.2.

Instalar una batería de condensadores

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Debido a que la instalación cuenta con una batería de condensadores, la energía reactiva generada es muy baja y no se factura por ello, por lo que no resulta necesario proponer la implantación de dicho equipo o su modificación para ajustarlo a la potencia reactiva que genera el centro docente.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.3.

Ajustar la potencia eléctrica contratada

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

La potencia contratada es de 39,6 kW. Antes de la instalación de la cocina la potencia demandada por el centro apenas superaba dicha potencia en alguna ocasión aislada. En la actualidad se supera dicha potencia en el período de uso de la cocina.

Como el exceso de potencia registrada sobre la potencia contratada se paga al doble no conviene tener contratada menos potencia de la que se va a utilizar.

Cuando se utiliza menos de la potencia contratada se paga únicamente el 85% de la potencia contratada, por lo que tampoco conviene tener una potencia contratada muy elevada. Además en los meses de verano, la potencia demandada disminuye.

Con los parámetros anteriores se realiza un estudio económico del coste a pagar por la potencia registrada durante todo un año, en función de los datos que figuran en las facturas. Se obtiene que la potencia óptima a contratar es de 45 kW.

CÁLCULO DEL COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El coste de la potencia contratada con precios del año 2014 es de 4.114 €.

CÁLCULO DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Tener contratados 45 kW implicaría un ahorro anual a precios del 2.014 de 103,51 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

El cambio en la contratación del término de potencia no implica ninguna modificación directa en cuanto a las emisiones emitidas.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Los derechos de extensión y los derechos de enganche que cobraría la compañía por realizar esta modificación ascienden a 242,22 €.

Adicionalmente, para poder realizar la ampliación de potencia la compañía solicita el boletín eléctrico. Se sobreentiende que el centro educativo cuenta con boletín eléctrico en vigor. En caso contrario sería necesario solicitar uno, lo que incrementaría el coste de la inversión necesaria. Fruto de la solicitud del boletín podría resultar necesario

actualizar la instalación eléctrica, lo que aumentaría adicionalmente el coste de la inversión.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $242,22 / 103,51 = 2,3$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.85. Análisis económico de la propuesta de mejora 2.3. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 793 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.4.

Cambiar de compañía suministradora a Som Energía.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Desde la liberalización del mercado eléctrico existen distintas alternativas en cuanto a la contratación de la electricidad. Realizar un estudio periódico del mercado puede suponer importantes ahorros económicos.

La compañía que se propone supone un ahorro económico similar a otras compañías pequeñas que no tienen que pagar sueldos millonarios a consejeros delegados.

Se propone contratar el suministro eléctrico con una cooperativa que produce energía eléctrica únicamente mediante fuentes de energía renovables.

El cambio de compañía se realiza telemáticamente sin que sea necesario realizar ningún cambio en la instalación.

Esta medida supone apostar por un consumo responsable y de transformación del modelo energético actual.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Esta propuesta abarca la totalidad del consumo de electricidad del centro docente. El consumo del año modelo es de 72.890 kWh al año.

El coste del consumo medio de electricidad a precios del 2013 es de $72.890 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 16.035,80 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

El cambio de tarifa eléctrica de la compañía actual a Som Energía no reduciría el consumo de electricidad, aunque sí que implicaría un ahorro anual a precios del 2013 de 1.009,70 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al contratar con una compañía cuyas fuentes de producción son exclusivamente energías renovables, se evitarían la totalidad de emisiones actuales de CO₂: 24,1 toneladas.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Para poder contratar con Som Energía hay que hacerse socio de la entidad, lo que supone abonar la cuota de 100 € que se realiza una sola vez. No hay cuota anual por ser socio. Una vez que se deja de ser socio se recupera el capital social aportado, por lo que se considera que la inversión económica para acometer la medida es de cero euros.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.86. Análisis económico de la propuesta de mejora 2.4. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 10.097 €.

5.4.4.5. ALUMBRADO

La instalación de alumbrado está compuesta por los equipos que se detallan a continuación:

Tecnología	Luminarias	Lámparas por luminaria	Total lámparas	Potencia lámpara (W)	Energía anual consumida (kWh)
Fluorescente lineal	395	1	395	36	5.314
Fluorescente lineal	115	2	230	36	3.094
Fluorescente lineal	115	4	460	18	3.257
Fluorescente compacto	5	2	10	21	81
Fluorescente compacto	16	1	16	18	113
Fluorescente compacto	55	2	110	18	779
Fluorescente compacto	4	1	4	11	18
Incandescente	119	1	119	60	2.528
Halógenas	13	1	13	50	173
Halógenas	12	1	12	1.000	125
Emergencia	175	1	175	2	3.066
TOTAL	1.024		1.544		18.548

Tabla 5.105. Equipos de la instalación de alumbrado. Fuente: elaboración propia.

Las aulas no cuentan con un sistema que permita regular el nivel de iluminación interior en función del nivel de iluminación exterior o del nivel de iluminación requerido en cada momento en función de la actividad a realizar.

El centro docente no cuenta con ningún sistema de apagado automático en locales no ocupados permanentemente. Los pasillos y aseos se ocupan de forma intermitente y es difícil establecer las responsabilidades para un encendido y apagado manual. En las aulas, despachos, biblioteca, etc. es más sencillo establecer responsabilidades de apagar las luces cuando no estén ocupadas. Sin embargo, no son infrecuentes los olvidos, y un sistema de detección de presencia evita que la iluminación permanezca encendida cuando la estancia no está ocupada.

Es difícil evaluar el ahorro de los sistemas de detección de presencia o movimiento o de regulación en función del aporte de luz natural, ya que

dependen de la mejor o peor gestión de la iluminación por parte de los usuarios.

Se descarta estudiar la implantación de estos sistemas a favor de desarrollar la propuesta de mejora 2.1. Implantar un “Plan eléctrico en el centro escolar”. En el desarrollo de dicho plan se trabaja la responsabilidad tanto de aulas y despachos por parte de los adultos como de aseos y pasillos por parte también de los estudiantes. Estos últimos espacios están dotados de luz natural, por lo que únicamente resulta necesario utilizar del alumbrado cuando es de noche o cuando está nublado. Finalmente los olvidos son subsanados por parte del personal de limpieza que son los últimos en abandonar los espacios que puedan quedar iluminados innecesariamente.

El centro docente no cuenta con ningún sistema de control centralizado de la instalación de alumbrado. No obstante, el apagado al final de la jornada queda garantizado por el personal de limpieza.

No existe un programa de recambio de lámparas de manera que se sustituyan cuando los valores de iluminancia descienden al llegar al final de su vida útil.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.5.

Sustitución de las lámparas fluorescentes lineales T8 existentes por tubo Led T8.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Se estudia la sustitución de las lámparas fluorescentes lineales existentes por otras más eficientes. En concreto se estudia la sustitución del tubo fluorescente actual por un tubo de tecnología led del tipo T8 que se puede implantar sin cambiar la luminaria. La tecnología led es de mayor eficiencia energética y mayor vida útil.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de las lámparas fluorescentes lineales en el centro docente es de 11.665 kWh al año.

El coste del consumo de las lámparas fluorescentes lineales a precios del 2013 es de $11.665 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 2.566,30 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir el tubo fluorescente actual por un tubo LED T8 se dejarían de consumir 6.415 kWh al año. Esto implicaría un ahorro a precios de 2013 de $6.415 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/ kWh} = 1.411,30 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al sustituir el tubo fluorescente actual por un tubo LED T8 se dejarían de emitir $6.415 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 2,1$ toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de una medida de sustitución de las lámparas, es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las lámparas.

En el centro docente se encuentran instaladas 460 lámparas fluorescentes lineales tipo T8 de 18 W y 625 unidades de 36 W.

El coste de sustitución de cada lámpara asciende a 5 € y 6 € respectivamente. La sustitución de todas las lámparas del centro docente supondría una inversión de $460 \text{ unidades} \times 5 \text{ €} + 625 \text{ unidades} \times 6 \text{ €} = 6.050 \text{ €}$.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $6.050 / 1.411,30 = 4,3$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.87. Análisis económico de la propuesta de mejora 2.5. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 8.063 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.6.

Sustitución de las lámparas fluorescentes compactas existentes por lámparas con tecnología LED para casquillo E27.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Se estudia la sustitución de las lámparas fluorescentes compactas existentes por otras más eficientes. Se plantea estudiar la conveniencia de su sustitución por lámparas con tecnología LED para casquillo E27.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de las lámparas fluorescentes compactas en el centro docente es de 991 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2013 es de $991 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 218,02 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir la lámpara fluorescente compacta actual por una lámpara LED para casquillo E27 se dejarían de consumir 540 kWh al año. Esto implicaría un ahorro a precios de 2013 de $540 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/ kWh} = 118,80 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al sustituir la lámpara fluorescente compacta actual por una lámpara LED para casquillo E27 se dejarían de emitir $540 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,2 \text{ toneladas de CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de una medida de sustitución de las lámparas, es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las lámparas.

En el centro docente se encuentran instaladas 4 lámparas fluorescentes compactas de 11 W, 126 unidades de 18 W y 10 unidades de 21 W.

El coste de sustitución de cada lámpara asciende a 4,50 € las lámparas de 12 W, a 4,00 € las lámparas de 9 W y a 3,50 € las lámparas de 6 W. La sustitución de todas las lámparas del centro docente supondría una inversión de $4 \text{ unidades} \times 3,50 \text{ €} + 126 \times 4 + 10 \times 4,5 = 518,00 \text{ €}$.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $518,00 / 118,80 = 4,4$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.88. Análisis económico de la propuesta de mejora 2.6. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 670 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.7.

Sustituir las lámparas incandescentes por lámparas con tecnología LED para casquillo E27.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Las lámparas incandescentes funcionan mediante una tecnología que desperdicia energía. El 60 % de la energía eléctrica consumida por las bombillas incandescentes se transforma en calor indirecto, el 25 % en calor directo y tan solo el 15 % en luz. En la actualidad se ha prohibido su fabricación por este motivo aunque todavía se encuentran algunas lámparas en funcionamiento.

Se plantea estudiar la conveniencia de su sustitución por lámparas con tecnología LED para casquillo E27.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Esta propuesta abarca el consumo de electricidad de las lámparas incandescentes presentes en el centro docente.

El consumo de las lámparas incandescentes es de 2.528 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2013 es de 2.528 kWh x 0,22 €/ kWh = 556,16 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led se dejarían de consumir 2.149 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del 2013 de $2.149 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 472,78 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led se dejarían de emitir $2.149 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,7$ toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de una medida de sustitución de lámparas, es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las reactancias.

En el centro docente se encuentran instaladas 119 lámpara incandescente.

Una lámpara led de 9 W tiene un coste de 4,00 €.

Sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led conllevaría un coste de $119 \text{ unidades} \times 4,00 \text{ €} = 476,00 \text{ €}$.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión consistente en sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led es de $476,00 / 472,78 = 1,0$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.89. Análisis económico de la propuesta de mejora 2.7. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 4.252 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.8.

Sustituir las lámparas halógenas por lámparas con tecnología LED.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Las lámparas halógenas funcionan mediante una tecnología que despilfarra energía. Su clasificación energética varía entre las letras D y E en función de su tecnología. Su comportamiento es mejor que el de las lámparas incandescentes, cuya clasificación energética es E. Aunque dista del comportamiento energético de las lámparas LED cuya clasificación energética es A. En septiembre de 2018 se prohibirá su fabricación.

Se plantea estudiar la conveniencia de su sustitución por lámparas con tecnología LED.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de las lámparas halógenas es de 298 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2013 es de 298 kWh $0,22 \text{ €/kWh} = 65,56 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led se dejarían de consumir 248 kWh al año. Esto implicaría un ahorro anual a precios del 2013 de $248 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 54,56 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led se dejarían de emitir $248 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,1 \text{ toneladas de CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de una medida de sustitución de lámparas, es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las reactancias.

En el centro docente se encuentran instaladas 13 lámparas halógenas de 50 W con casquillo GU5.3 y 12 lámparas halógenas de 1.000 W con casquillo R7s.

Una lámpara led de 9 W para sustituir a una lámpara halógena tiene un coste de 6,00 €. Una lámpara led de 150 W para sustituir a una lámpara halógena tiene un coste de 100,00 €.

Sustituir las lámparas halógenas por lámparas led conllevaría un coste de $13 \text{ unidades} \times 6,00 \text{ €} + 12 \text{ unidades} \times 100,00 \text{ €} = 1.200,00 \text{ €}$.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión consistente en sustituir las lámparas incandescentes por lámparas led es de $1.200,00 / 54,56 = 22,0$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.90. Análisis económico de la propuesta de mejora 2.8. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -654 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.9.

Sustitución de las emergencias existentes por emergencias con tecnología LED.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Se estudia la sustitución de las emergencias existentes por emergencias con tecnología LED debido a la mayor eficiencia energética que conlleva.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de las emergencias en el centro docente es de 3.066 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios de 2013 es de $3.066 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/ kWh} = 674,52 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al sustituir las emergencias actuales por emergencias LED se dejarían de consumir 2.759 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro anual a precios de 2013 de $2.759 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/ kWh} = 606,98 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al sustituir las emergencias actuales por emergencias LED se dejarían de emitir $2.759 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,9 \text{ toneladas de CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Es una operación que puede ser realizada por el servicio de mantenimiento del centro por lo que el coste de implantarla es exclusivamente el precio de las luminarias.

En el centro docente se encuentran instaladas 175 emergencias. El coste de sustitución de cada lámpara asciende a 20 €. La sustitución de todas las lámparas del centro docente supondría una inversión de $175 \text{ unidades} \times 20 \text{ €} = 3.500 \text{ €}$.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $3.500 / 674,52 = 5,8$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.91. Análisis económico de la propuesta de mejora 2.9. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 2.570 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.10.

Instalar un detector de presencia para apagar la iluminación de la cabina del ascensor.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Dado que el centro educativo no tiene ningún ascensor, no procede el estudio de la presente medida.

5.4.4.6. COCINA INDUSTRIAL

La cocina industrial está compuesta por los equipos que se detallan a continuación:

	Número de equipos	Total potencia (W)	Energía anual consumida (kWh)
Arcón	2	700	6.132
Cámara	1	450	3.942
Fry-Top	1	8.400	1.487
Campana	1	1.800	319
Freidora	2	34.800	3.080
Cocina	1	16.400	2.903
Placa Eléctrica	1	1.500	266
Mesa Caliente	1	450	80
Lavavajillas	1	3.400	301
Microondas	1	1.200	106
Nevera	1	250	2.190
TOTAL		69.350	20.804

Tabla 5.106. Equipos de la cocina industrial. Fuente: elaboración propia.

Se estudian las propuestas de mejora que afectan a los equipos que más energía consumen y que son susceptibles de mejora en cuanto a su eficiencia energética.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.11.

Desconectar los arcones y la cámara durante el periodo no lectivo.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El centro educativo cuenta con una cámara frigorífica y con dos arcones.

A pesar de que la potencia nominal de cada uno de dichos aparatos es pequeña frente a otros aparatos, como su uso se produce durante las 24 horas del día, finalmente el consumo de estos equipos supone un 12% del consumo total de electricidad.

Se propone desconectar la cámara frigorífica y los arcones durante los dos meses de verano.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de los arcones y la cámara, si permanecen conectados todos los días del año, es de 10.074 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2013 es de 10.074 kWh x 0,22 €/ kWh = 2.216,28 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al tener desconectados el arcón y las cámara durante los meses de julio y de agosto se dejarían de consumir $62/365 \times 10.074 \text{ kWh} = 1.711 \text{ kWh}$ al año.

Esto implicaría un ahorro anual a precios del 2013 de 376,46 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al tener desconectados el arcón y las cámara durante los meses de julio y de agosto se evitarían las emisiones de $1.711 \text{ kWh} \times 0,311 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh} = 0,6$ toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de una medida exclusivamente de gestión el coste de implantarla es gratuito.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.92. Análisis económico de la propuesta de mejora 2.11. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 3.765 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.12.

Cambiar la nevera por otra de bajo consumo energético.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El centro educativo cuenta con una nevera. A pesar de que su potencia nominal es pequeña frente a otros aparatos, como su uso se produce durante las 24 horas del día, finalmente el consumo de este equipo es significativo.

En la actualidad hay aparatos que presentan un menor consumo energético.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de la nevera es de 2.190 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad a precios del 2013 es de 2.190 kWh x 0,22 €/ kWh = 481,80 €.

CÁLCULO DEL AHORRO DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Una nevera clase A+++ tiene un consumo de 300 kWh anuales. El ahorro que supondría su instalación es de 1.890 kWh anuales.

Esto implicaría un ahorro anual a precios de 2013 de 415,80 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al instalar una nevera clase A+++ se evitarían las emisiones de 1.890 kWh x 0,331 kg CO₂ / kWh = 0,6 toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Una nevera clase A+++ supone una inversión de 700 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Una nevera clase A+++ tiene un período de retorno simple de la inversión de $700 / 415,80 = 1,7$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.93. Análisis económico de la propuesta de mejora 2.12. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 3.458 €.

5.4.4.7. INFORMÁTICA

La instalación informática del conjunto de edificios está compuesta por los equipos que se detallan a continuación:

	Número de equipos	Potencia unitaria ON (W)	Potencia unitaria stand by (W)	Potencia unitaria OFF (W)	Total energía anual consumida (kWh)
CPU	158	50	2,3	1,1	6.977
Monitor	158	18,8	0,2	0,2	2.294

Proyector	46	287	7,1	0,5	6.052
Impresora	12	19	2,4	0,8	393
Hub	3	80	-	-	2.102
TOTAL					17.819

Tabla 5.107. Equipos de informática. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar los equipos informáticos consumen energía, tanto en modo stand by como en modo apagado. Reducir el consumo en modo stand by depende del usuario. De ahí lo pertinente que resulta implantar un "Plan eléctrico en el centro escolar".

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.13.

Instalar regletas con interruptor de apagado en los equipos informáticos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Se trata de una medida encaminada a reducir el consumo energético de los equipos informáticos cuando están apagados. Para que el equipo informático deje de consumir electricidad cuando no se usa, hay que pulsar el interruptor de apagado de la regleta cuando se apaga dicho equipo.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo estimado de los equipos informáticos cuando están apagados es de 1.687 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad previsto para el 2013 es de 1.687 kWh x 0,22 €/ kWh = 371,14 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al instalar regletas con interruptor de apagado en los equipos informáticos se dejarían de consumir 1.687 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro anual a precios del 2013 de 371,14 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al instalar regletas con interruptor de apagado en los equipos informáticos se evitarían las emisiones de 1.687 kWh x 0,331 kg CO₂/kWh = 0,6 toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

La regleta con interruptor de apagado tiene un coste de 7,95 € por unidad. Su instalación puede ser llevada a cabo por el servicio de mantenimiento del centro, por lo que no supondría un incremento de coste.

Su implantación en el total de los 158 equipos supondría una inversión de $7,95 \text{ €} \times 158 \text{ ud} = 1.256,10 \text{ €}$.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $1.256,10 / 371,14 = 3,4$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.94. Análisis económico de la propuesta de mejora 2.13. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 2.455 €.

5.4.4.8. PRODUCCIÓN DE ACS

En la actualidad el centro docente cuenta con 12 termos eléctricos de diferentes capacidades de agua y potencias eléctricas. La mayoría tienen una capacidad de 50 litros, aunque los hay de 30 litros y de 75/80 litros. La potencia eléctrica oscila entre 1 kW y 1,8 kW.

El consumo energético que realiza en la producción de agua caliente sanitaria asciende a 5.256 kWh al año.

El agua caliente se utiliza exclusivamente para el servicio de limpieza del centro que tiene lugar por la tarde cuando ha terminado la jornada escolar.

No se estudia la sustitución de los termos eléctricos por calentadores de gas debido a que el edificio no cuenta con suministro de gas. Habría que

ejecutar una acometida y pagar los términos fijos del nuevo suministro durante todo el año, incluso en los meses de vacaciones. Además implicaría la instalación de una red de distribución de un nuevo combustible a lo largo del edificio aumentando el riesgo de accidentes y el encarecimiento del mantenimiento que necesitan los nuevos equipos.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.14.

Instalar un temporizador digital con reloj diario y semanal en cada termo eléctrico.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Cada termo eléctrico que permanece conectado durante todo el día a la red eléctrica está consumiendo energía constantemente. Cada vez que se consume agua caliente entra agua fría al termo y se conectan las resistencias para volver a calentar el agua. Adicionalmente cuando no hay consumo de agua caliente también entran en funcionamiento las resistencias cuando desciende la temperatura del agua caliente almacenada de un determinado valor. Las resistencias no se apagan hasta que no vuelve a alcanzar dicho valor de temperatura.

El agua contenida en cada termo tarda en calentarse un tiempo que depende de la temperatura de entrada del agua fría, de la temperatura de consigna del agua caliente, del volumen de agua y de la potencia eléctrica de las resistencias.

Para cada termo instalado en el centro docente se puede considerar que el tiempo de preparación del agua caliente es de dos horas.

Si se coloca un temporizador digital en la toma eléctrica de cada termo, habría que programarlo para que se encienda exclusivamente dos horas antes del comienzo de su utilización y se apague cuando empieza dicha utilización.

De esta manera el agua que entra fría en cada termo para reemplazar al agua consumida se mantendrá a la temperatura de la mezcla de agua, sin calentarla hasta el día siguiente, cuando sea precisa su utilización. Al almacenarse el agua más fría, las pérdidas de calor del agua se disminuyen. Al dejar apagado el termo, se elimina el consumo energético para mantener la temperatura de consigna en el horario que no se utiliza y durante los fines de semana y el mes de vacaciones.

Se optimiza así el consumo energético al momento estricto en el que resulta necesario.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo estimado de los termos eléctricos es de 9.616 kWh al año.

El coste del consumo de electricidad previsto para el 2013 es de 9.616 kWh x 0,22 €/ kWh = 2.115,55 €.

CÁLCULO DEL AHORRO DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Al instalar un temporizador digital con reloj diario y semanal en cada termo eléctrico se dejaría de consumir toda la energía empleada en el mantenimiento de la temperatura del agua caliente cuando no resulta necesario, lo que suponen 5.256 kWh al año.

Esto implicaría un ahorro anual a precios de 2013 de 1.156,32 €.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Al instalar un temporizador digital con reloj diario y semanal en el termo eléctrico se evitarían las emisiones de 5.256 kWh x 0,331 kg CO₂ / kWh = 1,7 toneladas de CO₂.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Un temporizador digital con reloj diario y semanal tiene un coste de 9,18 € por unidad. Su instalación puede ser llevada a cabo por el servicio de mantenimiento del centro, por lo que no supondría un incremento de coste.

Su implantación en el total de los 12 equipos supondría una inversión de 9,18 € x 12 ud = 110,16 €.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de 110,16 / 2.115,55 = 0,1 años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.95. Análisis económico de la propuesta de mejora 2.14. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 11.453 €.

5.4.5. CONSUMO DE AGUA

5.4.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CONSUMO DE AGUA

Los puntos de consumo de agua del centro docente son los siguientes:

	LAVABO	INODORO	FREGADERO	VERTEDERO	OTROS
PABELLÓN 1					
P. BAJA	4 (simple)	4 (t.alto)	-	1	-
PABELLÓN 2					
P. BAJA	-	-	-	-	1 lavad.
P. 1	3 (simple)	5 (fluxor)	-	1	-
P. 2	2 (simple)	4 (fluxor)	-	1	-
PABELLÓN 3					
P. BAJA	3 (temp.)	6 (t.alto)	-	1	-
PABELLÓN 4					
P. BAJA	-	-	2	-	1 lavapl.
P. 1	4 (temp.)	6 (t.alto)	-	1	-
P. 2	5 (temp.)	7 (t.alto)	-	1	-
P. 3	5 (temp.)	7 (t.alto)	-	1	-
PABELLÓN 5					
P. BAJA	4 (temp.) 2 (mono.)	8 (t.alto)		1	1 lavapl.
P. 1	9 (temp.)	11 (t.alto)	2	2	20 pilet.
P. 2	9 (temp.)	11 (t.alto)	1	2	-
P. 3	4 (temp.)	6 (t.alto)	-	1	-
TOTAL	54	75	5	13	

Tabla 5.108. Listado de puntos de consumo de agua en el centro docente. Fuente: Elaboración propia.

5.4.5.2. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN

Se han recogido datos de facturación de los años 2009 al 2013.

Los datos de consumo de agua se pueden observar en la figura 5.96 y en la tabla 5.109:

Figura 5.96. Consumo de agua de los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

MES	CONSUMO AGUA (m ³)					
	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
Febrero	700	499	562	454	579	559
Abril	321	672	547	511	502	511
Junio	338	695	502	530	420	497
Agosto	231	231	242	242	239	237
Octubre	500	390	322	305	112	326
Diciembre	312	534	402	500	388	427
TOTAL	2.402	3.021	2.577	2.542	2.240	2.556

Tabla 5.109. Consumo de agua de los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

Para poder comparar los datos de consumo de agua con otros edificios de similares características se hallan los indicadores de consumo anual de agua por superficie, consumo anual de agua por usuario y el consumo diario de agua por usuario.

	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
CONSUMO ANUAL AGUA POR SUPERFICIE (m ³ /m ²)	0,37	0,48	0,41	0,41	0,36	0,4
CONSUMO ANUAL AGUA POR USUARIO (m ³ /usuario)	2,1	2,6	2,3	2,3	2,1	2,3
CONSUMO DIARIO AGUA POR USUARIO (l/usuario)	5,7	7,2	6,4	6,3	5,6	6,2

Tabla 5.110. Indicadores de consumo anual de agua por superficie, consumo anual de agua por usuario y consumo diario de agua por usuario durante los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

Los datos de consumo medio de agua en centros docentes son similares en las distintas fuentes consultadas. El consumo medio de agua en los centros docentes es de 5 litros al día por usuario (Fundación Ecología y Desarrollo, 2015). El consumo medio de agua en los centros docentes es de 4,7 litros al día por usuario, oscilando entre 2 y 11 litros por usuario y día (Barón, 2013).

El centro docente consume un 24% más de agua que el valor de referencia más conservador.

A continuación se cuantifican los indicadores de las emisiones anuales de CO₂ (t) y las emisiones anuales por usuario de CO₂ asociadas al consumo de agua. La obtención de dichos valores se ha realizado utilizando los factores de emisión de CO₂ establecidos por la bibliografía consultada (Cabrera 2010, Martín 2014): 3 kWh/m³ x 0,331 kg CO₂/kWh = 0,993 kg CO₂/m³.

	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
EMISIONES ANUALES CO ₂ (t)	2,4	3,0	2,6	2,5	2,2	2,5
EMISIONES ANUALES CO ₂ POR USUARIO (kg/usuario)	2,1	2,6	2,3	2,3	2,0	2,3

Tabla 5.111. Emisiones anuales de CO₂ y emisiones anuales de CO₂ por usuario asociadas al consumo de agua durante los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

Se reflejan los indicadores de la factura anual del consumo de agua, factura anual del consumo de agua por usuario y precio del agua por volumen consumido.

	2013	2012	2011	2010	2009	MEDIA
FACTURA ANUAL AGUA (€)	5.199	6.476	5.387	5.249	5.168	5.496

FACTURA ANUAL AGUA POR USUARIO (€/usuario)	4,5	5,6	4,8	4,8	4,7	4,9
PRECIO AGUA POR VOLUMEN CONSUMIDO (€/m ³)	2,16	2,14	2,09	2,07	2,31	2,15

Tabla 5.112. Indicadores de factura anual de consumo de agua, factura anual de consumo de agua por usuario y precio del agua por volumen consumido durante los últimos 5 años. Fuente: elaboración propia.

Por último se establece un reparto de consumos y de gasto económico entre los distintos usos del centro educativo.

	CONSUMO ANUAL (m ³)	FACTURA ANUAL AGUA (€)	PORCENTAJE
Inodoros	1.937	4.165	76%
Lavabos	406	872	16%
Cocina	80	171	3%
Limpieza	72	155	3%
Otros	61	132	2%
TOTAL	2.556	5.495	100%

Tabla 5.113. Consumos y gasto económico repartidos entre los distintos usos. Fuente: elaboración propia.

Dado que los usos de cocina, limpieza y otros suponen juntos la mitad del consumo del uso de lavabos, no se estudiarán medidas de ahorro para dichos usos debido a la escasa repercusión que pudieran tener las mismas en el conjunto del consumo.

5.4.5.3. HÁBITOS DE CONSUMO

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.1.

Implantar una “ecoauditoría del agua” en el centro educativo.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El consumo de agua depende, entre otros factores, de los hábitos de consumo que adoptan los usuarios del centro docente.

Por muchas medidas de eficiencia que se implanten en la instalación, un uso inadecuado o despilfarrador de los recursos disponibles, en este caso el agua, puede suponer un impacto reducido de las medidas adoptadas. Por ello se propone como primera medida para el uso racional del agua implantar una ecoauditoría del agua en el centro docente.

La finalidad de la ecoauditoría consiste en:

- Obtener la información necesaria para abordar una apropiada planificación de la gestión integral del agua.
- Estimular el hábito de la participación en los procesos de toma de decisiones (¿cómo vamos a utilizar el agua?).
- Concienciar a la comunidad educativa de la importancia del medio ambiente en el día a día de la vida escolar, familiar y social (el agua es un recurso natural escaso y valioso).
- La ecoauditoría del agua en el centro educativo se convierte en un instrumento que permite realizar un proceso de evaluación de la práctica educativa y ambiental, que conducirá a la mejora de los procesos de aprendizaje y de la calidad ambiental tanto del centro como de su entorno, en este caso en relación con el uso eficiente del agua.

La ecoauditoría se organiza en cinco fases:

- Identificación y definición del problema.
- Establecimiento de un compromiso con el ahorro de agua.
- Realización de una auditoría inicial del uso que se hace del agua en el centro, es decir, investigar y analizar el punto del que se parte.
- Elaboración, ejecución y seguimiento de un Plan de Acción para el uso eficiente del agua.
- Comunicación y difusión de los resultados obtenidos.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Esta propuesta abarca la totalidad del consumo de agua del centro docente.

El consumo anual de agua es de 2.556 m^3 al año.

El coste de dicho consumo de agua a precios del 2013 es de $2.556 \text{ m}^3 \times 2,15 \text{ €/m}^3 = 5.495,40 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se establece un objetivo no demasiado ambicioso de una reducción del 20 % del consumo de agua. Se dejarían de consumir $0,20 \times 2.556 \text{ m}^3 = 511 \text{ m}^3$ de agua al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $511 \text{ m}^3 \times 2,15 \text{ €/m}^3 = 1.098,65 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $511 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2 / \text{m}^3 = 0,5 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que se trata de un centro educativo, la implantación de esta medida está encuadrada dentro de la actividad propia del centro, por lo que no resulta necesario dedicar ningún recurso económico adicional.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.97. Análisis económico de la medida 3.1. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 10.987 €.

5.4.5.4. CONSUMOS ANÓMALOS

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.2.

Evitar consumos anómalos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Los datos de consumo presentados se han elaborado para corregir el consumo anómalo que figura en las facturas.

La factura de febrero de 2013 mostró un consumo de 1.591 m^3 de agua, alrededor del triple de lo habitual en dicha época del año.

Dicho consumo corresponde con una fuga de agua difícil de detectar a simple vista debido al recorrido enterrado que presenta la tubería de alimentación a los distintos pabellones.

Para evitar estas situaciones conviene implantar un sistema de control de fugas de agua. La persona encargada del mantenimiento del edificio afirma durante la visita al centro educativo que en la actualidad observa el contador cuando el edificio está vacío para observar si se mueve, lo que indicaría que existe una fuga de agua.

Lo cierto es que la factura de octubre de 2013 mostró un consumo de 1.351 m^3 de agua, alrededor del cuádruplo de lo habitual en dicha época del año.

La medida que se propone consiste en llevar un registro en el que la persona encargada del mantenimiento, al comienzo de su jornada laboral apunta la lectura del contador y la compara con el consumo medio diario.

El consumo medio de cada día laborable no supera los $12,5 \text{ m}^3$ de agua. Se observan unos picos de $15,5 \text{ m}^3$ que pueden atribuirse a haber dejado algún punto de agua sin cerrar o pequeñas fugas en cisternas. En los momentos en los que se ha producido la mayor pérdida de agua, se han registrado unos consumos medios de entre 30 y 37 m^3 de agua al día.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

Las facturas que registraron pérdidas de agua en la instalación fueron en el año 2013. En febrero el consumo fue de 1.591 m^3 de agua. En octubre fue de 1.351 m^3 de agua.

El coste de dicho consumo de agua a precios del 2013 es de $(1.591 + 1.351) \text{ m}^3 \times 2,15 \text{ €/m}^3 = 6.325,30 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se hubieran detectado las fugas de agua al inicio de la avería, se dejarían de consumir $1.591 \text{ m}^3 - 700 \text{ m}^3 = 891 \text{ m}^3$ de agua en febrero y $1.351 \text{ m}^3 - 500 \text{ m}^3 = 851 \text{ m}^3$ en octubre.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $(891 + 851) \times 2,15 \text{ €/m}^3 = 3.745,30 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $(891 + 851) \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 = 1,7 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Dado que el centro cuenta con servicio de mantenimiento, la implantación de esta medida está encuadrada dentro de la actividad propia del servicio, por lo que no resulta necesario dedicar ningún recurso económico adicional.

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

Ninguno.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.98. Análisis económico de la medida 3.2. Fuente: elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 37.453 €.

5.4.5.5. INODOROS

A continuación se refleja un listado de los inodoros existentes en el edificio y tipos. Cabe destacar que la mayoría son de tanque alto, para evitar los problemas derivados del acceso de los usuarios a las cisternas. Los existentes en el edificio 2 producen la descarga de agua mediante un fluxor. En estos equipos se consume agua únicamente mientras se mantiene pulsado, lo que resulta positivo desde el punto de vista del consumo de agua. Sólo gastan el agua que se necesita y se cierra cuando el usuario no actúa sobre ellos.

INODOROS		Número	TIPO	Dimensiones (cm)			Volumen descarga (l)
PABELLÓN 1	P. BAJA	4	tanque alto	34	16	26	8,7
EDIFICIO 2	P. 1	5	fluxor	-	-	-	4,8
	P. 2	4	fluxor	-	-	-	4,8
PABELLÓN 3	P. BAJA	6	tanque alto	33	16	23	7,5
PABELLÓN 4	P. 1	6	tanque alto	36	19	34	14,7
	P. 2	7	tanque alto	36	19	34	14,7
	P. 3	7	tanque alto	36	19	34	14,7
PABELLÓN 5	P. BAJA	8	tanque alto	34	16	26	8,7
	P. 1	11	tanque alto	34	16	26	8,7
	P. 2	11	tanque alto	34	16	26	8,7
	P. 3	6	tanque alto	34	16	26	8,7
TOTAL		75					9,8

Tabla 5.114. Listado de inodoros en el centro docente. Fuente: Elaboración propia.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 2.3.

Implantar un contrapeso en los inodoros con tanque alto.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

El contrapeso, denominado comercialmente kit de rearme de cisternas "WC-Stop", es un mecanismo que provoca el cierre automático de la salida de agua a la cisterna del inodoro. Dichas cisternas se encuentran colocadas en la pared por encima de 1,5 metros, lo que en cuanto a tipología de inodoros se conoce como tanque alto. La descarga de agua se produce mediante una cadena. Una vez que se acciona, comienza el vaciado de la cisterna que no se detiene hasta que se vacía por completo.

Al no disponer de urinarios en los aseos masculinos y en todos los aseos femeninos, la descarga de agua que necesita cada tipo de uso (micción y defecación) no se puede diferenciar en un tanque alto con sistemas de doble pulsador, como ocurre en los inodoros con cisterna incorporada.

Además, como se puede contemplar en la tabla 5.114, el volumen de las cisternas es mayor del que se coloca en la actualidad cuando se emplean criterios de uso eficiente del agua. Basta con cisternas de 6 litros.

En lugar de plantear la medida de sustituir todas las cisternas por otras de menor capacidad por lo costoso de la inversión inicial, se opta por proponer la inclusión en el mecanismo de la cisterna un contrapeso que hace que deje de salir agua por el inodoro cuando se deja de actuar

sobre la cadena. De esta manera el usuario tiene la capacidad de regular el agua que se usa en función de la necesidad, con la ventaja de que cuando deja de actuar se detiene el consumo de agua.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo medio de los inodoros con tanque alto es de 10,4 litros por descarga. El consumo de agua en los inodoros de tanque alto del centro educativo estimado es de 1.705 m³/año.

El coste económico de dicho consumo a precios de 2013 asciende a 1.705 m³ x 2,15 €/m³ = 3.665,75 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Se estima un consumo medio de los inodoros con tanque alto después de la implantación de la medida de 5 litros por descarga.

Con esta medida se dejarían de consumir $1.705 \times 5 / 10,4 = 816$ m³ de agua al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $816 \text{ m}^3 \times 2,15 \text{ €/m}^3 = 1.754,40 \text{ €}$

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $816 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 = 0,8 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El contrapeso RST1700KIT de TEHSA tiene un coste de 14,52 € por unidad. Su instalación puede ser llevada a cabo por el servicio de mantenimiento del centro, por lo que no supondría un incremento de coste.

Su implantación en el total de los 66 tanques altos supondría una inversión de $14,52 \text{ €} \times 66 \text{ ud} = 958,32 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $958,32 / 1.754,40 = 0,5$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.99. Análisis económico de la propuesta de mejora 3.3. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 16.586 €.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.4.

Implantar un mecanismo de descarga de doble pulsador en los inodoros con pulsador sencillo.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Debido a que el centro educativo no cuenta con inodoros con pulsador sencillo, no procede el estudio de la presente propuesta.

5.4.5.6. LAVABOS

A continuación se refleja un listado de los lavabos existentes en el edificio con las principales características de sus griferías. Cabe destacar que los lavabos están destinados exclusivamente para el consumo de agua fría.

LAVABOS		Número	Tipo grifería	Caudal (l/min)	tiempo cerrado (s)
PABELLÓN 1	P. BAJA	4	simple	7,6	-
EDIFICIO 2	P. 1	3	simple	20,0	-
	P. 2	2	simple	12,5	-
PABELLÓN 3	P. BAJA	3	temporizado	10,3	8
PABELLÓN 4	P. 1	4	temporizado	5,8	8
	P. 2	5	temporizado	1,7	12

	P. 3	5	temporizado	7,1	12
PABELLÓN 5	P. BAJA	4	temporizado	4,7	12
		2	monomando	19,4	-
	P. 1	9	temporizado	5,9	12
	P. 2	9	temporizado	7,4	10
	P. 3	4	temporizado	6,0	12
TOTAL		54		7,7	

Tabla 5.115. Puntos de consumo de agua del edificio. Fuente: elaboración propia.

De los datos que se observan en la tabla 5.115, cabe destacar que el reducido consumo que ofrecen los grifos de la planta 2 del pabellón 4 se debe a que las tuberías de distribución en dicha planta probablemente se encuentren obstruidas, siendo recomendable su sustitución para alcanzar el adecuado confort en dicha instalación.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.5.

Sustituir todos los grifos no temporizados por grifos temporizados.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Consiste en cambiar los grifos no temporizados que corren el riesgo de quedarse abiertos. La cuantificación del ahorro que supone dicha situación pueda carecer de precisión, pues depende exclusivamente del buen uso que se haga de la instalación. Así que se considera que el tiempo en que permanecen abiertos los grifos en cada uso es de 20 segundos. Aunque basta con que un grifo se quedase abierto durante una noche para que supusiese el 10% del consumo anual de dicho grifo.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de agua en los lavabos sin grifos temporizados del centro educativo es de 83 m³/año.

El coste económico de dicho consumo asciende a precios del 2013 a 83 m³ x 2,15 €/m³ = 178,45 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Considerando que los grifos no temporizados están abiertos 20 segundos durante cada uso. Si los grifos se cierran a los 6 segundos, esto supondría una reducción del 70 % del consumo.

Adicionalmente los nuevos grifos incorporan los perlizadores que se describen en la siguiente medida disminuyendo el caudal medio de 14

litros por minuto a 2,5 litros por minuto, se produciría una reducción adicional del consumo del 82 %.

El efecto combinado de ambas medidas supondría una reducción del consumo del 95%.

Con esta medida se dejarían de consumir $83 \times 0,95 = 79 \text{ m}^3$ de agua al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $79 \times 2,15 \text{ €/m}^3 = 169,85 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $79 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 = 0,1 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El grifo temporizado TEHEPTE15 de TEHSA tiene un coste de 47,80 € por unidad. La mano de obra para la sustitución de cada grifo supondría un coste de 14,50 €.

La sustitución de los 11 grifos no temporizados supondría una inversión de $(47,80\text{€} + 14,50\text{€}) \times 11\text{ud} = 685,3 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $685,3 / 169,85 = 4,0$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.100. Análisis económico de la propuesta de mejora 3.5. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 1.013 €.

Independientemente de los resultados cuantificables se recomienda adoptar esta medida relativa a la sustitución de grifos no temporizados por grifos temporizados, para eliminar los efectos indeseables de que accidentalmente quede algún grifo abierto de manera accidental o intencionada. Si además el servicio de mantenimiento del centro es capaz de realizar la sustitución de los grifos sin coste adicional para el centro, tanto el periodo de retorno simple de la inversión como el ahorro total al cabo de 10 años, se verían mejorados.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.6.

Incorporar un perlizador y sustituir el eje de todos los grifos temporizados por un eje que cierra el grifo en 6 segundos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

En el mercado existen muchos dispositivos para el ahorro de agua en los lavabos. Fundamentalmente aireadores y perlizadores. Un estudio reciente de la OCU muestra que alguno de estos productos que se comercializan como ahorradores de agua, no producen ninguna reducción en el consumo. Por este motivo se elige la marca recomendada por dicho organismo independiente: el perlizador MSPY2L de TEHSA. El modelo escogido es mecanismo perlizador – limitador de caudal con función spray, que ofrece un suministro de agua tipo ducha con 20 chorritos de alta presión que permite el lavado sanitario, brinda un adecuado confort y reduce el caudal de agua hasta los 2,5 litros por minuto a una presión de 3,5 bares.

Los grifos temporizados instalados en la actualidad presentan un tiempo de apertura de 12 segundos.

La presente propuesta pretende sustituir el eje de todos los grifos temporizados existentes por el eje que se cierra a los 6 segundos.

De esta manera se reduce el consumo de agua debido al tiempo que transcurre desde que deja de utilizarse el grifo hasta que se cierra finalmente. Para eliminar totalmente dicho período se podrían instalar grifos electrónicos, pero el coste de la inversión inicial y del mantenimiento de dichos equipos desaconseja realizar dicha inversión para el centro docente.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de agua en los lavabos con grifos temporizados del centro educativo es de 323 m³/año.

El coste económico de dicho consumo a precios de 2013 asciende a 323 m³ x 2,15 €/m³ = 694,45 €.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

El tiempo de apertura de los grifos temporizados es de 10,9 segundos. Si los grifos se cierran a los 6 segundos, esto supondría una reducción del 45 % del consumo.

El caudal medio de la grifería temporizada del centro educativo de 14 litros por minuto. Con el perlizador dicho caudal se reduciría a 2,5 litros por minuto, lo que supone una reducción del 82% del consumo de agua.

El efecto combinado de ambas medidas supondría una reducción del consumo del 90%.

Con ambas medidas se dejarían de consumir $323 \times 0,90 = 291 \text{ m}^3$ de agua al año.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $291 \text{ m}^3 \times 2,15 \text{ €/m}^3 = 625,65 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO₂)

Esta medida supondría la reducción de $291 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2 / \text{m}^3 = 0,3 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El eje que cierra el grifo en 6 segundos tiene un coste de 20,50 € por unidad.

La mano de obra para la sustitución del eje de cada grifo temporizado supondría un coste de 20 €.

El perlizador RST24105 tiene un coste de 11,25 € por unidad. Su instalación puede ser llevada a cabo por el servicio de mantenimiento del centro, por lo que no supondría un incremento de coste.

La sustitución del eje de los 9 grifos temporizados supondría una inversión de $51,75 \text{ €} \times 43 \text{ ud} = 2.225,25 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $2.225,25 / 625,65 = 3,6$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.101. Análisis económico de la propuesta de mejora 3.6. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 4.031 €.

5.4.5.7. FREGADEROS

El centro docente cuenta con cinco fregaderos.

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.7.

Implantar un perlizador en los fregaderos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Los grifos de los fregaderos actualmente instalados tienen un caudal de agua 8,0 litros por minuto.

Se propone incorporar un perlizador con cabezal y flexo orientable que permite enfocar el chorro a cualquier parte del fregadero, lo que resulta muy cómodo de usar y práctico a la hora de limpiar los utensilios. Produce un suave y agradable chorro de agua gasificado con una sensación de que aparenta salir más agua con más presión que con la grifería actual, generando mucha espuma con los jabones líquidos.

El perlizador reduce el caudal de agua hasta los 4,6 litros por minuto.

El caudal de agua es mayor que para los grifos de los lavabos para no ralentizar en exceso el uso del agua para cocinar.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de agua en los fregaderos del centro docente estimado es de $80 \text{ m}^3/\text{año}$.

El coste económico de dicho consumo a precios de 2013 asciende a $80 \text{ m}^3 \times 2,15 \text{ €/m}^3 = 171,25 \text{ €}$.

El consumo de electricidad para calentar el agua consumida en los fregaderos del edificio es de 9.616 kWh anuales. El coste económico de dicho consumo asciende a precios del 2013 a $9.616 \text{ kWh} \times 0,22 \text{ €/kWh} = 2.115,55 \text{ €}$.

El coste económico total asciende a $2.286,80 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL AHORRO DE CONSUMO DE AGUA Y DE GAS Y ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Si se realiza el mismo uso de la instalación, al disminuir el caudal de la grifería, obtendríamos un ahorro del $42,5 \%$ del consumo de agua respecto al valor medio actual.

Con esta medida se dejarían de consumir $80 \times 0,425 = 34 \text{ m}^3$ de agua al año.

Con esta medida se dejarían de consumir $9.616 \times 0,425 = 4.087 \text{ kWh}$ de gasóleo para el calentamiento del agua al año.

Esto implicaría un ahorro de $2.286,80 \times 0,425 = 671,89 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $34 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 + 4.087 \text{ kWh} \times 0,331 \text{ kg de CO}_2 / \text{kWh} = 0,0 + 1,4 = 1,4 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

El eyector perlizador con flexo orientable RST1010X de TEHSA tiene un coste de $15,73 \text{ €}$ por unidad. Su instalación no requiere mano de obra cualificada.

Su implantación en el total de los 5 fregaderos de la cocina supondría una inversión de $15,73 \text{ €} \times 5 \text{ ud} = 78,65 \text{ €}$

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $78,65 / 671,89 = 0,1$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.102. Análisis económico de la propuesta de mejora 3.7. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a 9.640 €.

5.4.5.8. APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

PROPUESTA DE MEJORA NÚMERO 3.8.

Aprovechar el agua de lluvia para usos que no requieran agua apta para el consumo humano dentro del edificio.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Las aguas pluviales recogidas, filtradas y almacenadas de forma adecuada, representan una fuente alternativa de agua de buena calidad que permite sustituir el agua potable en determinadas aplicaciones y de esta forma contribuyen en el ahorro de este recurso.

Las aguas de lluvia pueden ser empleadas para las cisternas de inodoros y el lavado de suelos.

Primero hay que valorar la capacidad de recogida de agua de lluvia que tiene el edificio. La cubierta de los distintos pabellones alcanza una superficie de 2.526 m².

La precipitación anual en Alcalá de Henares es de 425 litros por metro cuadrado.

El coeficiente de aprovechamiento para el tipo de cubierta existente es del 80%.

Así que tenemos una capacidad de recogida de agua de lluvia de $425 \text{ l/m}^2 \times 2.526 \text{ m}^2 \times 0,8 / 1.000 \text{ l/m}^3 = 859 \text{ m}^3$.

Como el consumo de agua para inodoros es de 1.937 m^3 al año, el agua de lluvia serviría para aportar un 44% de dicho consumo.

CÁLCULO DEL CONSUMO Y COSTE ANTERIOR A LA IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

El consumo de agua en los inodoros del centro educativo es de $1.937 \text{ m}^3/\text{año}$. El coste económico de dicho consumo asciende a $1.937 \text{ m}^3 \times 2,15 \text{ €/m}^3 = 4.165,51 \text{ €}$.

CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA Y DEL AHORRO ECONÓMICO QUE SUPONE LA PROPUESTA

Con esta medida se dejarían de consumir 859 m^3 de agua al año de la red de agua potable que serían aportados por el agua de lluvia recogida.

Esto implicaría un ahorro a precios del 2013 de $859 \text{ m}^3 \times 2,15 \text{ €/m}^3 = 1.847,06 \text{ €}$.

Dicho ahorro económico se ve mermado por el nuevo coste de explotación de 300 € al año repartidos entre los siguientes conceptos:

- Consumo eléctrico del sistema de bombeo: 50 €
- Mantenimiento del sistema: 250 €

Por lo que el ahorro anual de la medida asciende a $1.847,06 - 300 = 1.547,06 \text{ €}$.

CÁLCULO DEL BENEFICIO AMBIENTAL DE LA MISMA (EMISIONES DE CO_2)

Esta medida supondría la reducción de $859 \text{ m}^3 \times 0,993 \text{ kg CO}_2 / \text{m}^3 = 0,9 \text{ t CO}_2$.

INVERSIÓN ECONÓMICA NECESARIA PARA ACOMETERLA

Realizar esta medida tiene un coste de inversión de 70.000 € repartidos entre los siguientes conceptos:

Depósito de agua, filtro, equipo de bombeo y de control: 45.000 €

Red de saneamiento para recogida de aguas pluviales hasta el depósito: 15.000 €

Red de fontanería de agua no apta para el consumo humano: 10.000 €

PERIODO DE RETORNO SIMPLE DE LA INVERSIÓN

El periodo de retorno simple de la inversión es de $70.000 / 1.547,06 = 45,2$ años.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA

Figura 5.103. Análisis económico de la propuesta de mejora 3.8. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro total al cabo de 10 años asciende a -57.527 €.

5.4.5.9. REUTILIZACIÓN AGUAS GRISES

Otra posibilidad de reducir el consumo de agua en el edificio consiste en la reutilización de las aguas grises, aquellas provenientes de los lavabos, que una vez recogidas, tratadas y almacenadas de forma adecuada, representan una fuente alternativa de agua de calidad aceptable que permite sustituir el agua potable en determinadas aplicaciones y de esta forma contribuyen en el ahorro de este recurso.

Las aguas grises pueden ser empleadas para las cisternas de inodoros y el lavado de suelos.

La capacidad de producción de aguas grises del edificio es de 336 m^3 al año, algo menos de las tres cuartas partes de la capacidad de acumulación de agua de lluvia.

El coste de la reforma de la instalación de fontanería sería idéntico al contemplado en la medida anterior. El coste de la reforma de la instalación de saneamiento para poder recoger de forma separada las aguas grises provenientes de los lavabos de las aguas fecales provenientes de los inodoros sería superior. También el coste del sistema de tratamiento que es más complejo que el sistema de filtrado y almacenamiento de agua de lluvia sería mayor.

El coste del consumo eléctrico del sistema y del mantenimiento también aumentaría.

Así que dado que los costes aumentan y el ahorro disminuye frente a la propuesta expuesta en el apartado anterior, no se desarrolla ninguna propuesta relativa a la reutilización de aguas grises debido a la falta de rentabilidad de la inversión a acometer.

5.4.6. CONCLUSIÓN

La auditoría energética realizada sirve como herramienta de ayuda en la toma de decisiones sobre las inversiones a realizar en el centro educativo.

Tras el análisis de la auditoría energética sería recomendable realizar un plan de acción en el que se fijase el calendario en el que se piensan implantar aquellas propuestas de mejora que se consideran oportunas.

Para ello habría que pedir presupuesto de las mismas a distintas empresas que pudieran implantar las propuestas, evaluar los presupuestos y decidir finalmente a quién se le adjudica la implantación de las propuestas y cuáles de ellas se llevan a cabo.

Este plan de acción puede ser plurianual y dividirse en distintas fases en función de la capacidad inversora prevista para cada anualidad.

Convendría a su vez realizar un seguimiento de los ahorros conseguidos con las propuestas implantadas y evaluar de esta manera la puesta en marcha del plan de acción llevado a cabo.

También sería deseable, reinvertir el ahorro conseguido en implantar las siguientes propuestas de mejora que no se han podido implementar en un primer momento debido al esfuerzo inversor que suponen. De esta manera se llegaría a optimizar el consumo energético del centro, dejando disponible el ahorro que se obtenga a partir de la finalización de la implantación de las propuestas, para invertirlo en mejorar la calidad del servicio educativo que se presta.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

“La sofisticación no es necesariamente el producto de una maquinaria altamente desarrollada, ni de una inversión de capital intensiva. Es más bien una forma de utilizar el equipo y los recursos disponibles con lucidez e inteligencia.”

(Buckminster Fuller, 1963)

En este capítulo se recogen las conclusiones de cada parte de la investigación y se exponen las conclusiones finales del conjunto de la investigación.

A continuación, se proponen futuras líneas de investigación.

Por último, se presentan los resultados científicos y tecnológicos que arroja la presente investigación.

6.1. CONCLUSIONES DEL ESTADO DEL ARTE

La preocupación por el consumo de energía y por la reducción de los gases que producen el efecto invernadero, con la intención de mitigar el cambio climático, es creciente. Una de las herramientas cuya normativa se ha ido desarrollando en la última década para incidir en dichos factores es la auditoría energética. Se trata, por tanto, de una herramienta que, aunque empezó a gestarse hace cuatro décadas, recientemente se está comenzando a regular.

Otras herramientas de reciente implantación, como la certificación energética, la limitación de la demanda energética y la limitación del consumo energético, vienen acompañadas de aplicaciones informáticas reconocidas oficialmente que permiten homogeneizar el modo de llevarlas a cabo. Mientras que en las auditorías energéticas, la normativa únicamente establece la definición de los conceptos fundamentales y los criterios que deben seguir. No establece de manera clara los procedimientos a emplear, ni genera ninguna aplicación informática para llevarla a cabo de manera homogénea.

Acudiendo al mercado, se observa un esfuerzo de las empresas de servicios energéticos por definir el alcance de los distintos tipos de auditorías energéticas que ofertan. Esto nos da cuenta de la dispersión de métodos empleados habitualmente.

Ante esta situación, cabe preguntarse si los tipos de auditorías energéticas que se manejan comercialmente en un mercado con falta de regulación, responden a las necesidades de las organizaciones a auditar o si, por el contrario, es posible realizar una auditoría energética con una

metodología y un alcance que permita optimizar sus costes para hacerla más asequible a organizaciones cuyo consumo energético sea más reducido.

6.2. CONCLUSIONES DE LA FUNDAMENTACIÓN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA

Para lograr el pretendido ahorro y eficiencia energética y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero para mitigar el cambio climático, es preciso que las organizaciones con menor consumo energético encuentren en la auditoría energética una herramienta que les resulte suficientemente atractiva como para contratarla.

Uno de los elementos que incrementan el coste de las auditorías es el uso de la diversa instrumentación para la toma de datos puntuales en las auditorías energéticas estándar o a lo largo de un periodo de tiempo en las auditorías energéticas operativas. Con los datos obtenidos de esta manera se pretende alcanzar una elevada precisión en el cálculo del reparto del consumo de energía entre los diversos sistemas consumidores englobados en el edificio.

La auditoría energética operativa se fundamenta en priorizar, para efectuar dicho cálculo, los criterios de asequibilidad y eficiencia.

Al analizar un estudio energético que ha priorizado el carácter preciso de los procedimientos de cálculo empleados, se concluye que la pretendida precisión presenta ciertas carencias debido a las limitaciones presupuestarias del estudio, a los condicionantes externos que varían a lo largo del tiempo y al uso que se hace del edificio que tampoco es el mismo todos los años.

Al analizar un libro en el que se explica cómo realizar una auditoría energética desde el punto de vista de la práctica profesional, se observa que ni se describe en su totalidad el proceso seguido para que otra persona pueda reproducirlo, ni se cuestiona acerca de los motivos por los que se escoge el procedimiento de cálculo empleado. Simplemente se limita a mencionar algunos fragmentos de dicho procedimiento, obviando distintos pasos intermedios, como si fuera la manera única de realizar una auditoría energética.

Dado que no hay una manera normativa de realizar las auditorías energéticas, sino únicamente un listado de requisitos, es posible realizar una auditoría energética con metodologías distintas, siempre que se encuadren dentro del marco prescrito por la normativa.

6.3. CONCLUSIONES DE LA METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA

La metodología de la auditoría energética operativa desarrolla y concreta el proceso de auditoría energética descrito, de una manera más genérica, en la norma UNE-EN 16247-1:2012 Auditorías energéticas. Parte 1 Requisitos generales.

El procedimiento de cálculo empleado es un método de cálculo simplificado. Enfatiza el aspecto de calidad y el aspecto de resultar asequible y eficiente, frente a otros procedimientos que procuran maximizar la precisión dando menor relevancia al coste económico que supone llevarlo a cabo.

La limitación de cara a conseguir una mayor exactitud, viene dada por los datos de entrada más que por el grado de simplificación de los métodos de cálculo empleados.

Incluso para los cálculos más precisos, es necesario suponer ciertas variables que se desconocen a priori. Para algunas variables esta selección es, hasta cierto punto, arbitraria.

La obtención de los datos de entrada debe presentar un equilibrio entre la exactitud de los mismos y el coste que supone obtenerlos. Máxime cuando la incertidumbre que presentan no puede ser anulada en su totalidad.

Se han detectado numerosas incertidumbres que pueden presentar los valores que se obtienen para la toma de datos del cálculo necesario para realizar una auditoría energética. Por lo que la pretendida precisión de los métodos de cálculo de las auditorías energéticas al uso resulta, hasta cierto punto, imprecisa.

La auditoría energética muestra el comportamiento energético que ha tenido el edificio. Éste depende en gran medida del comportamiento, conductas, hábitos y costumbres de las personas que operan o utilizan el edificio, además de unas condiciones climáticas externas cambiantes. La evolución de los costes de los suministros también presenta un elevado nivel de incertidumbre.

Por tanto, la auditoría energética no puede garantizar la exactitud a futuro de sus resultados. En cualquier caso, no estamos más que ante una aproximación a un fenómeno complejo.

Ante esta situación, se escogen unos procedimientos de cálculo que priorizan los aspectos de asequibilidad y eficiencia, frente a la precisión.

6.4. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE CASOS

La auditoría energética sirve como herramienta cuyos resultados ofrecen una información que facilita la toma de decisiones sobre las inversiones a realizar en los centros docentes, de cara a mejorar el ahorro y la eficiencia energética y a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las medidas encaminadas a que los propios usuarios estudien los consumos que se producen, sensibilicen al resto de usuarios de los resultados obtenidos y adopten medidas acerca del uso que se da a los recursos energéticos en el centro docente, cobran mayor relevancia dado que cumplen el doble objetivo de reducir el consumo energético y de educar a los propios alumnos. Se trata de medidas que se pueden llevar a cabo como una actividad más de los centros docentes y que no suponen un coste económico.

Cualquier intervención en la envolvente del edificio encaminada a mejorar el aislamiento térmico de la misma, conlleva unos elevados costes de inversión debido a la extensa superficie sobre la que sería necesario actuar. Esta característica, junto con las reducidas horas de utilización del edificio en comparación con otras tipologías, hace que los períodos de retorno simple de la inversión esperados sean excesivamente largos, superando en casi todos los casos los 40 años y llegando incluso a 100 años.

Sin embargo, la medida de disminuir infiltraciones con burletes en las ventanas y sellando las juntas y capialzados sí que resultan atractivas desde el punto de vista económico presentando unos períodos de retorno simple de la inversión de entre 2 y 4 años.

La sustitución de las calderas por otras de mayor eficiencia energética presenta unos periodos de retorno simple de la inversión cercanos a los 10 años en dos de los casos estudiados. En el caso de la caldera de más reciente instalación, dicho valor se aumenta hasta los 40 años.

En las salas de calderas más antiguas, también resulta ventajoso actualizar el sistema de regulación, con períodos de retorno de la inversión entre 4 y 5 años.

La instalación de válvulas de regulación termostática es una medida bastante atractiva debida a su menor inversión en comparación con las medidas anteriores y a que presenta períodos de retorno de la inversión entre 3 y 5 años.

En lo concerniente a las propuestas de mejora relativas al consumo de energía eléctrica resultan todas medidas atractivas por su reducido coste de inversión inicial y su corto período de retorno simple de la inversión, que es inferior a los 6 años.

Únicamente la sustitución de unos focos halógenos no resulta atractiva debido a su escasa utilización.

En lo concerniente a las propuestas de mejora relativas al consumo de agua, éstas presentan un reducido coste de inversión y un período de retorno simple de la inversión inferior a los 10 años.

Únicamente la recuperación del agua de lluvia no resulta atractiva desde el punto de vista económico, presentando un largo período de retorno simple de la inversión y un elevado coste de inversión.

6.5. CONCLUSIONES DEL CONJUNTO DE LA INVESTIGACIÓN

6.5.1. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

El tiempo de trabajo necesario para la realización de la auditoría energética operativa en los distintos estudios de caso ha sido:

Superficie centro docente	1.000 m ²		2.000 m ²		6.500 m ²	
Jornada técnico / arquitecto	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq
Trabajos previos	0	1	0	1	0,5	1,5
Toma de datos	0,5	0,5	0,5	1	2	1,5
Elaboración de informes	0,5	0,5	1	1,5	1	2
Total	1	2	1,5	3,5	3,5	5

Tabla 6.1. Tiempo de trabajo necesario para los estudios de caso. Fuente: elaboración propia.

Donde Jtec quiere decir jornada de 8 horas de técnico y Jarq jornada de 8 horas de arquitecto.

El coste que el titular del centro docente tendría que pagar por hora de trabajo de arquitecto o ingeniero es de 60,19 €/h. El coste que el titular del centro docente tendría que pagar por hora de trabajo de técnico es de 42,13 €/h.

	Diagnóstico energético		Auditoría energética general		Auditoría energética de inversión	
	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq	Jtec	Jarq
Horas (h)	12	24	40	40	72	64

Honora- rios (€/h)	42,13	60,19	42,13	60,19	42,13	60,19
Honora- rios (€)	505,56	1.444,56	1.685,20	2.407,60	3.033,36	3.852,16
Total honora- rios (€)	1.950,12		4.092,80		6.885,52	

Tabla 6.2. Coste de los servicios de los profesionales necesarios para la elaboración de las auditorías energéticas operativas. Fuente: elaboración propia.

El coste total, teniendo en cuenta los servicios de los profesionales y los equipos de medida necesarios de la auditoría energética operativa, es el que se refleja en la tabla 6.3:

Superficie centro docente	1.000 m ²	2.000 m ²	6.500 m ²
Servicios profesionales	1.950,12	4.092,80	6.885,52
Equipos de medida	0,00	0,00	0,00
Total	1.950,12	4.092,80	6.885,52

Tabla 6.3. Coste total de los distintos tipos de auditorías energéticas. Fuente: elaboración propia.

Los costes de los distintos tipos de auditorías energéticas ofrecidas por el mercado junto con los costes de las auditorías energéticas operativas para los centros docentes con las superficies estudiadas, se resumen en la tabla 6.4. y en la figura 6.1, para poder establecer una comparación entre ellos:

Superfi- cie (m ²)	Facturación energética	Diagnóstico energético	Auditoría energética general	Auditoría energética de inversión	Auditoría energética operativa
1.000	9.500 €	1.300 €	3.200 €	5.000 €	2.000 €
		14%	34%	53%	21%
2.000	24.500 €	2.500 €	6.300 €	9.900 €	4.100 €
		10%	26%	40%	17%

6.500	44.000 €	4.400 €	11.100 €	17.400 €	6.900 €
		10%	25%	40%	16%

Tabla 6.4. Coste total de los distintos tipos de auditorías energéticas que ofrece el mercado y de la auditoría energética operativa. Fuente: elaboración propia.

Figura 6.1. Coste total de los distintos tipos de auditorías energéticas. Fuente: elaboración propia.

El coste de los distintos tipos de auditorías energéticas en relación con la factura energética del centro docente es:

- Diagnóstico energético: entre un 10% y un 14% del consumo energético anual.
- Auditoría energética operativa: entre un 16% y un 21% del consumo energético anual.
- Auditoría energética general: entre un 25% y un 34% del consumo energético anual.
- Auditoría energética de inversión: entre un 40% y un 53% del consumo energético anual.

El coste de la auditoría energética operativa se encuentra a mitad de camino entre el coste de un diagnóstico energético y una auditoría energética general.

6.5.2. INCORPORACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

En los centros docentes estudiados el consumo de agua supone entre un 1% y un 5 % tal y como puede verse en la tabla 6.5:

	Consumo energético (kWh/año)					
	C.E.I. La Inmaculada		C.E.P. Regina Assumpta		C.E.P.S. Calasanz	
Calefacción	45.905	68%	206.475	87%	247.269	75%
Electricidad	17.311	26%	22.079	9%	63.274	19%
ACS	1.125	2%	8.395	4%	9.616	3%
AFS	3.039	5%	1.491	1%	7.668	2%
TOTAL	67.380	100%	238.440	100%	327.827	100%

Tabla 6.5. Consumo energético en los distintos centros docentes estudiados. Fuente: elaboración propia.

El coste económico asociado a dicho consumo en los centros docentes estudiados cobra mayor relevancia. Supone entre un 4% y un 16 % tal de la factura energética tal y como puede verse en la tabla 6.6:

	Coste económico (€/año)					
	C.E.I. La Inmaculada		C.E.P. Regina Assumpta		C.E.P.S. Calasanz	
Calefacción	3.672	38%	18.583	76%	21.512	49%
Electricidad	4.116	43%	4.241	17%	14.553	33%
ACS	267	3%	756	3%	2.212	5%
AFS	1.590	16%	911	4%	5.496	13%
TOTAL	9.646	100%	24.490	100%	43.773	100%

Tabla 6.6. Coste asociado al consumo energético en los distintos centros docentes estudiados. Fuente: elaboración propia.

Se han articulado los procedimientos necesarios para cuantificar la huella energética asociada al consumo de agua en los edificios de manera que el alcance de la auditoría energética operativa incorpora la gestión del agua como parte integrante de la misma.

6.5.3. DIMENSIÓN SOCIAL Y POTENCIAL EDUCATIVO

La dimensión social y el potencial educativo de una auditoría energética desarrollada en un centro docente ha quedado manifestado en las medidas: 1.6. Implantar un plan energético, 2.1. Implantar un plan eléctrico y 3.1. Ecoauditoría del agua.

El consumo de energía en los edificios depende, entre otros factores, de la utilización que realizan los usuarios tanto del edificio como de sus instalaciones. Por muchas medidas de eficiencia energética que se implanten en cualquier instalación, un uso inadecuado o despilfarrador de los recursos disponibles, puede suponer un impacto reducido de las medidas adoptadas.

Los planes energético y eléctrico y la ecoauditoría del agua son herramientas que pueden involucrar a toda la comunidad educativa en su diseño, gestión, puesta en marcha, visibilización y análisis de resultados.

Su implantación implica la adquisición de diversas competencias, tanto curriculares como relativas a la participación en la toma de decisiones.

Las tareas de difusión asociadas a su puesta en marcha inciden en la concienciación de la comunidad educativa acerca de la importancia del medio ambiente en el día a día de la vida escolar, familiar y social.

6.5.4. CONCLUSIONES GENERALES

Se ha desarrollado una herramienta que permite estudiar el consumo de energía en centros docentes. Se ha explicado cómo se implementa dicha herramienta paso a paso. Además, se ha aplicado la herramienta a tres casos, de manera que ha quedado reflejado con mayor claridad cómo es su aplicación.

Se ha desarrollado una herramienta que ofrece resultados que facilitan la toma de decisiones para mejorar el ahorro y la eficiencia energética. El resumen de la auditoría energética se detalla en los primeros apartados del informe de manera que se pueden observar los resultados más relevantes sin necesidad de leer toda la información que recoge dicho informe. Se descartan las medidas de mejora estudiadas cuya rentabilidad es peor. Las medidas de mejora propuestas se ordenan según su rentabilidad, de manera que se facilita su orden de implantación. Además, con la información proporcionada, se permite establecer otros criterios de prioridades para elaborar un orden de implantación acorde con las necesidades del centro.

Se ha desarrollado una herramienta que utiliza el criterio de optimización de coste para la selección del método de cálculo, de manera que es una herramienta que resulta atractiva, por su reducida inversión inicial, para los gestores de los edificios. La auditoría energética operativa no maneja los valores medios que se utilizan en los diagnósticos energéticos y que están alejados de la realidad de cada edificio. Simplifica algunos procedimientos de cálculo empleados en las auditorías energéticas generales. Aborda otras cuestiones con mayor profundidad como el período de facturas estudiado y el consumo de agua. Las decisiones de simplificar o profundizar más se adoptan desde la óptica de la optimización de coste para facilitar su utilización.

Se concluye, por tanto, que se puede mejorar el ahorro y la eficiencia energética de los centros docentes a través de una auditoría energética denominada “operativa”, realizada con un método de cálculo elegido mediante el criterio de optimización del coste, frente a otros criterios como la precisión, dado que dicha herramienta resulta más atractiva a los gestores de los centros docentes que las herramientas al uso, lo que facilita su contratación.

6.6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Todo trabajo de investigación debe encuadrarse dentro de unos límites para poderse desarrollar. Durante el proceso de investigación surgen diversas cuestiones que suscitan el interés del investigador pero que no se pueden abordar o, al menos temporalmente, hay que descartar. Quedan así pendientes de futuras investigaciones algunos aspectos que no se han podido abordar.

La herramienta de la auditoría energética operativa se ha desarrollado para una tipología concreta de edificios, los centros docentes. No obstante, se han quedado fuera del estudio el 8% de centros docentes que han sido construidos a partir del año 2006 bajo el Código Técnico de la Edificación. La principal diferencia de los edificios excluidos radica en incorporación de las instalaciones de refrigeración y ventilación apenas implementadas en los edificios construidos con anterioridad a dicha fecha.

Para que la herramienta pueda extrapolarse a los centros docentes que cuentan con instalación de refrigeración y ventilación y, a su vez, al resto de tipologías edificatorias que también la incorporan, sería necesaria el desarrollo del método de la auditoría energética operativa para que tuviera en cuenta el reparto del consumo de refrigeración. Habría que hacerlo, para seguir el mismo enfoque, con la metodología de grados-día de refrigeración. Debido a que los centros docentes permanecen cerrados durante gran parte del tiempo en que se necesita el funcionamiento de la instalación de refrigeración y la escasa implantación de dicha instalación no ha sido necesario dicho desarrollo. No obstante, para los centros docentes de reciente construcción, así como para otras tipologías de edificios, resulta pertinente ahondar en esta línea de investigación.

Por otro lado, cabe preguntarse acerca de la desviación entre los datos manejados por las auditorías energéticas frente a los datos obtenidos con mayor precisión.

Los coeficientes de transmitancia térmica manejados en la auditoría energética operativa se obtienen mediante cálculos teóricos. Otra línea de investigación que queda pendiente de abordar en futuras investigaciones consiste en la comparación de dicho método con los resultados obtenidos mediante el método empírico de placa fría utilizado en la auditoría energética general y el método empírico de placa caliente

utilizado en la auditoría energética operativa. Una vez obtenida la transmitancia térmica de la envolvente mediante los tres métodos diferentes, se podría analizar la desviación que arrojan los resultados de comportamiento energético de dicha envolvente, en función del dato inicial obtenido. De esta manera, se podrían manejar los datos obtenidos con el procedimiento simplificado y aplicar el coeficiente corrector calculado para limitar el margen de error.

Los caudales de ventilación manejados en la auditoría energética operativa se obtienen por deducción, al conocer el resto de variables de la ecuación de balance energético en condiciones de invierno. Se trata de un valor medio para todo el edificio que sirve para los efectos que se pretenden. Sería deseable contrastar el valor así obtenido con los resultados de realizar ensayos de puerta sopladora (blower door) en las diversas estancias. Se podría caracterizar así de una forma más pormenorizada los valores de ventilación presentes en cada recinto. Serviría para analizar las desviaciones que se producen entre ambos métodos y poder aplicar un coeficiente corrector al método simplificado. También serviría para detectar aquellas estancias en los edificios cuyas tasas de ventilación no aseguran la calidad del aire necesaria para un adecuado desarrollo de la actividad.

Dado que las medidas de mejora de la envolvente térmica han presentado unos periodos de retorno simple de la inversión que superan los 40 años para los casos estudiados y dado que la adopción de estas medidas consiguen unas importantes reducciones de emisiones de CO₂, resultaría interesante realizar un análisis de un número mayor de casos de manera que se puedan cuantificar las posibles ayudas que podría ofrecer la administración para incentivar su implantación.

Se ha dado un primer paso en cuanto a la incorporación del estudio del consumo de energía asociado al uso del agua dentro del edificio. Queda pendiente de abordar cómo pueden influir otras medidas de la gestión del ciclo integral del agua en dicho consumo energético. Se trata de medidas que no suponen un ahorro de consumo de agua al gestor del edificio, pero que sí redundan en el ahorro de energía a nivel nacional. En una futura investigación, se podrían analizar medidas como la sustitución del vertido de las aguas pluviales a la red unitaria municipal por su devolución al terreno mediante zanjas y pozos drenantes, en caso de que fuera posible, o cómo la calidad del vertido que se produce en el edificio influye en el consumo de energía que tiene lugar en las estaciones depuradoras de aguas residuales.

Para poder contrastar el grado con el que los resultados obtenidos por la auditoría energética operativa se ajustan a la realidad, no basta con comparar dichos resultados con los resultados de otra auditoría realizada al mismo edificio, dado que no existe una metodología homogeneizada a nivel normativo. Únicamente recogen los criterios que debe tener, pero no indica cómo hacerla. Por tanto, no se conoce a priori la bondad de ninguna de las auditorías energéticas que se pudieran realizar. Habría

que comparar si, una vez adoptadas las propuestas de mejora, el ahorro obtenido se acerca al ahorro previsto por las distintas auditorías. Para que esto resultara posible, sería necesario contar con una capacidad de inversión de la organización auditada para poner en marcha las propuestas rentables y con la realización de un estudio que supera el horizonte temporal del presente trabajo. No obstante, esta vía queda abierta para futuras investigaciones. Aunque también cabe decir que hay otros factores que pueden afectar al comportamiento futuro del consumo energético del edificio que son difícilmente cuantificables, como el uso que hagan las personas que lo utilizan.

6.7. DIFUSIÓN DE RESULTADOS

6.7.1. ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Título: Enriquecer la arquitectura.

Revista: Arquitectos. nº 189, Pág. 36-38. ISSN: 0214-1124.

Editor: Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España.

Cuenta con los siguientes indicios de calidad:

- Incluida en los índices:
 - Avery
 - Dialnet
 - Index del Royal Institute of British Architects (RIBA)
- Incluida en las Bases de Datos internacionales:
 - The Architecture Database
 - PIO: Periodical Index Online
 - RAS (Antes PCI-Full Text)
 - Urbadoc
 - Isoc
 - DICE (Difusión y Calidad Editorial de las Revistas Españolas de Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas).
- Acreditada en el Directorio de revistas científicas
 - Latindex.
 - Criterios Latindex cumplidos: 15.
 - Clasificación UNESCO: Arquitectura.
 - Área de conocimiento: Arquitectura, Urbanística y ordenación del territorio.
 - Área temática: Urbanismo.

- Valoración a la difusión internacional: 7.5.
- Año de comienzo: 1959.
- Revista técnico profesional, publicación periódica y distribución internacional.
- Idiomas: Español / inglés.
- Catálogos de bibliotecas
 - Red de Bibliotecas Universitarias (REBIUN)
- MIAR (<http://miar.ub.edu/issn/0214-1124>)
 - ICDS
 - Está en una base de datos de indización y resumen o en DOAJ (Avery) = +3
 - Antigüedad = 41 años (fecha inicio: 1975)
 - Pervivencia: $\log_{10}(30) = +1.5$
 - ICDS = 4.5

6.7.2. ACTAS EN CONGRESOS

Se han presentado las siguientes comunicaciones:

- “LA AUDITORÍA ENERGÉTICA OPERATIVA” presentada en el VII Congreso Europeo sobre Eficiencia Energética y Sostenibilidad en Arquitectura y Urbanismo, organizado por la Universidad del País Vasco y celebrado del 4 al 6 de julio de 2016 en San Sebastián.
- “LA AUDITORÍA ENERGÉTICA Y EL CONSUMO DE AGUA” presentada en el II Congreso Internacional de Innovación Tecnológica en Edificación, organizado por el Departamento de Tecnología de la Edificación de la Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid y celebrado del 8 al 10 de marzo de 2017 en Madrid.

CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA

7.1. MONOGRAFÍAS

AEDIE, ASOCIACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y DIAGNOSIS DE LA ENERGÍA. Manual de Auditorías Energéticas. Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid y Comunidad de Madrid. Madrid, 2003.

ALONSO MALFAZ, F.; DEVESA FERNÁNDEZ, J.; CASADO GONZÁLEZ, S.; FONTANILLAS BURÓN, D. Manual de Eficiencia Energética en Centros Docentes. Rehabilitación. Junta de Castilla y León. Valladolid, 2013.

ATECYR, ASOCIACIÓN TÉCNICA ESPAÑOLA DE CLIMATIZACIÓN Y REFRIGERACIÓN. Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, 2010.

ATECYR, ASOCIACIÓN TÉCNICA ESPAÑOLA DE CLIMATIZACIÓN Y REFRIGERACIÓN. Guía técnica sobre procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, 2007.

BARÓN, A.; GONZÁLEZ, C. La ecoauditoría del agua en tu centro educativo. Guía para el profesorado. Fundación Ecología y Desarrollo. Palma de Mallorca, 2003.

BOESIGER, W.; GIRSBERGER, H. Le Corbusier 1910-65. Gustavo Pili, Barcelona, 1971.

COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES, ARQUITECTOS TÉCNICOS E INGENIEROS DE EDIFICACIÓN DE MADRID. Auditoría energética. Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de la Edificación. Madrid, 2011.

CORRALES, J. A.; VÁZQUEZ, R. Corrales y Molezún: Medalla de Oro de la Arquitectura 1992. Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. Madrid, 1993.

DE LA SOTA, A. Alejandro de la Sota. Arquitecto. Ediciones Pronaos. Madrid, 1989.

ESCOBAR, G.; SALUDES, D.; TOLEDO, J. M. Manual de Auditorías Energéticas. Asociación para la Investigación y Diagnóstico de la Energía (AEDIE). Madrid, 2003.

FENERCOM, FUNDACIÓN DE LA ENERGÍA DE LA COMUNIDAD DE MADRID. Guía de ahorro y eficiencia energética en centros docentes.

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. Madrid, 2011.

FERNÁNDEZ DURÁN, R. El crepúsculo de la era trágica del petróleo. Pico del oro negro y colapso financiero (y ecológico) mundial. La Llevar-Virus. Barcelona, 2008.

FUMADÓ, J. L.; PARICIO, I. El tendido de las instalaciones. Bisagra. Barcelona, 1999.

GARCÍA SAN JOSÉ, R. Auditorías energéticas en edificios. Atecyr. Madrid, 2010.

GARCÍA-GERMÁN, J. De lo mecánico a lo termodinámico. Por una definición energética de la arquitectura y del territorio. Gustavo Gili. Barcelona, 2010.

GRANERO, A.; GARCÍA, R. La forma de la arquitectura y el equilibrio energético. Croquis .Buenos Aires, 2013.

GONZÁLEZ, C. Manual de eficiencia energética para pymes. 05 Centros docentes y culturales (CNAE 85). Gas Natural Fenosa. Madrid, 2008.

HEINBERG, R. Se acabó la fiesta. Guerra y colapso económico en el umbral del fin de la era del petróleo. Barrabes Editorial. Benasque, Huesca, 2006.

HOYOS LÓPEZ, R. ET AL. Guía sobre gestión de la demanda energética del edificio. Fenercom y Dirección General de Industria, Energía y Minas de la CAM. Madrid, 2014.

ISABEL, J. A. DE; GARCÍA GALLUDO, M.; EGIDO RAMOS, C. Guía de auditorías energéticas en centros docentes. Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid y Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Móstoles, Madrid, 2010.

LAMBERT, P. Mies in America. Canadian Centre for Architecture, Montreal, 2001.

LE CORBUSIER. La Charte d'Athènes. París 1941. Versión castellana: La carta de Atenas. El urbanismo de los CIAM - Congresos Internacionales de Arquitectura Moderna. Ed. Contemporánea, Buenos Aires, 1957.

MARCO MONTORO, J. Guía de buenas prácticas de eficiencia energética en edificación. Federación Municipios Provincias Castilla-La Mancha. Ciudad Real, 2004.

MOSS, K. J. Energy management in buildings. Taylor & Francis. Abingdon, Reino Unido, 2006.

MORATA GASCA, A. Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR4. Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Madrid, 2014.

NEILA GONZÁLEZ, F. J.; BEDOYA FRUTOS, C. Técnicas arquitectónicas y constructivas de acondicionamiento ambiental. Munilla-Lería. Madrid, 1994.

PAWLEY, M. Norman Foster: a global architecture. Universe. New York, 1999.

PLANA I TURRÓ, M. Guía de evaluación y seguimiento de ahorros en contratos de servicios energéticos. Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. Madrid, 2011.

RATTENBURY, K. Richard Rogers: The Pompidou Centre. Routledge. Abingdom, 2012.

REDONDO RIVERA, O. Cálculos térmicos en edificios. Aplicación del DB-HE 2013 a la edificación residencial. Tornapunta Ediciones. Madrid, 2014.

REY MARTÍNEZ, F. J.; VELASCO GÓMEZ, E. Eficiencia energética en edificios: Certificación y auditorías energéticas. Thomson. Madrid, 2006.

ROGERS, R. Richard Rogers. Loft Publications. Barcelona, 2005

ROTH, A. Dos casas de Le Corbusier y Pierre Jeaneret. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia. Murcia, 1997.

SALMERÓN, J. M.; CEREZUELA, A.; SALMERÓN, R.; ÁLVAREZ, S.; TENORIO J. A. Escala de calificación energética para edificios existentes. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Madrid, 2011.

SEMPERE, J.; TELLO, E. El final de la era del petróleo barato. Icaria. Barcelona, 2008.

SENDRA SALAS, J. J. ET AL. Proyecto Efficacia: Optimización energética en la vivienda colectiva. Universidad de Sevilla. Sevilla, 2011.

SERRA, R; COCH, E. Arquitectura y Energía Natural. Editorial UPC. Barcelona, 1995.

SERRA, R. Arquitectura y climas. Gustavo Gili. Barcelona, 1999.

SZOKOLAY, S. V. Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design. Elsevier - Architectural Press. Great Britain, 2004.

THUMANN, A.; YOUNGER, W. J. Handbook of Energy audits. The Fairmont Press, Inc. Lilburn, Georgia, United States of America, 2009.

VAN DIJK, H.A.L.; SPIEKMAN, M.E. Energy Performance of Buildings; Outline for Harmonised EP Procedures. Final report. TNO Building and Construction Research, Delft, The Netherlands, June 29, 2004; (http://www.buildup.eu/sites/default/files/ENPER_B6_final_p2699.pdf).

VICENTE, P. G.; AGUILAR, F. J. DTIE 18.04 Auditorías energéticas. Casos prácticos. Atecyr. Madrid, 2016.

ZUBIALDE LEGARRETA, X. Manual práctico de auditorías energéticas en la edificación. Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Navarra. Pamplona, 2012.

7.2. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

BLAZQUEZ MORALES, A. Metodología para la evaluación de productos innovadores de construcción. PREASSESSMENT / PREEVALUACIÓN DIT. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Madrid, 2014.

CASTRO VÁZQUEZ, J. M. Rehabilitación energética de centros escolares. Estrategias para alcanzar edificios rehabilitados de consumo casi nulo. Tesis doctoral. Escuela de Arquitectura de la Universidad de A Coruña, 2017.

MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, F. J. Estudio de la huella energética del abastecimiento urbano de agua de la provincia de Almería. Trabajo de Investigación del Máster Agua y Medio Ambiente en Áreas Semiáridas (AQUARID). Universidad de Almería, 2011.

RODRÍGUEZ PIEDRACOBÁ, E. Metodología para la realización de auditorías energéticas en empresas de servicios y su monitorización. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.T.S.I. Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, 2016.

7.3. INFORMES

ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA A3E. Alcance de las auditorías energéticas, 2014.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA Y SANEAMIENTO (AEAS), ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS GESTORAS DE LOS SERVICIOS DE AGUA A POBLACIONES (AGA). El agua en España. Estudio 2013 (datos 2012).

CALIFORNIA ENERGY COMMISSION. Refining estimates of waterrelated energy use in California. 2006.

CENTRO MARIO MOLINA. Evaluación energética de los actuales sistemas de aguas urbanas y propuestas de manejo de los recursos hídricos en la ciudad de México. 2011.

CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, JUVENTUD Y DEPORTE DE LA COMUNIDAD DE MADRID. Datos y cifras de la educación 2016-2017. 2017

COMISIÓ INTERDEPARTAMENTAL DEL CANBIO CLIMÀTIC. GENERALITAT DE CATALUNYA. Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) 2011.

CONFEDERACIÓN ESPAÑOLA DE CONSUMIDORES Y USUARIOS (MADRID). Proyecto Enerbuilding: Eficiencia energética en viviendas. Madrid: Confederación Española de Consumidores y Usuarios (Madrid), 2007.

DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y MINAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID. Guía Básica de Microgeneración. 2012.

DIRECTORATE-GENERAL FOR ENERGY, EUROPEAN COMISIÓ. A Study on Energy Efficiency in Enterprises: Energy Audits and Energy Management Systems. Report on the fulfilment of obligations upon large enterprises, the encouragement of small- and medium-sized companies and on good-practice, 2016.

HARDI, L.; GARRIDO, A. Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España. 2010.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final. Proyecto Sech-Spahousec, 2011.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). Boletín IDAE: Eficiencia Energética y Energías Renovables (Nº 8) 2006.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España. Versión 03/03/2014.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). Frecuencias horarias de repetición en temperatura. Intervalo 24 h, 2014.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO. La energía en España, 2013.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO, MINISTERIO DE FOMENTO. Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España, 2016.

NOAA National Centers for Environmental Information. State of the Climate: Global Analysis for Annual 2014, 2015. <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201413> (consultado el 23/12/2015).

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (REE). El sistema eléctrico español 2013.

7.4. ARTÍCULOS EN PUBLICACIONES

ARCO, J.; SÁNCHEZ, J.; SAUCEDO, R.; GIL, F.; SALMERÓN, J. M.; MOLINA J. L. Gestión y rehabilitación energética de edificios existentes: procedimiento experimental de diagnosis y caracterización energética. Revista de la Construcción. 2013, nº 12(3), pág. 9-16.

ARROJO AGUDO, P. Crisis global del agua en el “planeta agua”. Éxodo. Octubre 2013, nº 120, pág. 25-33.

ARAUZ MONTES, O.; CUCÓ PARDILLOS, S. Eficiencia energética y auditorías energéticas. Revista Profesional de los Ingenieros Agrónomos. Abril 2013, nº 43, pág. 15-17. (http://www.emin-sl.es/web/info/REVISTA%20AGRONOMOS%20ABRIL%02013_baja.pdf)

CABRERA, E.; PARDO, M. A.; CABRERA, E. JR.; COBACHO, R. Agua y energía en España. Un reto complejo y fascinante. Ingeniería del Agua. Septiembre 2010, vol. 17, nº 3, pág. 235-246. (<http://ojs.upv.es/index.php/IA/article/view/2976/2974>)

DAURA, J. Mejora de la eficiencia energética en instalaciones industriales y edificios. Anales de mecánica y electricidad. Julio-agosto 2007, vol. 84, pág. 34-38. (<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2346696>)

EVANS, J. M.; SCHILLER, S. Procedimientos de auditorías y evaluación de servicio energético: desarrollo, aplicación y transferencia. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. 2007, vol. 11, pág. 07.17-07.22. (<http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2007/2007-t007-a003.pdf>)

GÓMEZ, E.; CABRERA, E.; BALAGUER, M.; SORIANO, J. Direct and indirect water supply: an energy assessment. Procedia Engineering. 2015, nº 119, pág. 1088-1097.

HUBBERT, K. Energy from Fossil Fuels. Science vol. 199. pág. 103-109 1949 (<http://www.eoearth.org/view/article/51cbedb17896bb431f6933e8>)

KENWAY S.; MCMAHON J.; ELMER V.; CONRAD S.; ROSENBLUM J. Managing water-related energy in future cities – a research and policy roadmap. *Journal of Water and Climate Change*. 2013, nº 4 (3), pág. 161-175.

LEÓN, A. L.; MUÑOZ, S.; LEÓN, J.; BUSTAMANTE, P. Monitorización de variables medioambientales y energéticas en la construcción de viviendas protegidas: Edificio Cros-Pirotecnica en Sevilla. *Informes de la Construcción*. Julio-septiembre 2010, vol. 62, nº 519, pág. 67-82.

MARTÍN-CONSUEGRA, F.; OTEIZA, I.; ALONSO, C.; CUERDO-VILCHES, T.; FRUTOS, B. Análisis y propuesta de mejoras para la eficiencia energética del edificio principal del Instituto cc Eduardo Torroja-CSIC. *Informes de la Construcción*. 2014, vol. 66, no 536, pág. 043.

MATESANZ PARRELLADA, A. Eficiencia energética. Biblioteca CF+S Ciudades para un futuro más sostenible. (<http://habitat.aq.upm.es/temas/a-eficiencia-energetica.html>)

MATILLA PRIETO, E. Evolución del precio del gasóleo en España durante el último medio siglo. Análisis cuantitativo y cualitativo de la serie cronológica 1960-2011 de todas las estaciones de servicio. *Economía Industrial*. 1º trimestre 2013, nº 387, pág. 171-175. (<http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/387/NOTAS.pdf>)

MOLINA, M.; FERNÁNDEZ, P. Evolución del comportamiento térmico en viviendas tradicionales de piedra y cubierta de paja. Puesta en valor de un modelo sostenible en el noroeste de España. *Revista de la construcción*. Noviembre 2013, vol. 12, nº 2, pág. 102-115.

NAREDO, J. M. El Conflicto entre Eficacia y Sostenibilidad. Utilizar el 'Capital Mineral' de la Tierra o el Flujo Solar y sus Derivados Renovables. *Polis* [online]. 2008, vol. 7, nº 21, pág. 91-104. (<http://www.scielo.cl/pdf/polis/v7n21/art06.pdf>)

PLAPPALLY, A. K.; LIENHARD, J. H. Energy requirements for water production, treatment, end use, reclamation, and disposal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012, nº 16, (7), pág. 4818-4848.

SÁENZ DE OIZA, F. J. El vidrio y la Arquitectura. *Revista Nacional de Arquitectura*. Septiembre – octubre de 1952, nº 129-130, pág. 19.

SEKKIA, T.; AIRAKSINENB, M.; SAARI, A. Measured energy consumption of educational buildings in a Finnish city. *Energy and Buildings*. 2015, nº 87, pág. 105–115.

VÁZQUEZ ESPÍ, M. Los límites de la técnica. *Boletín CF+S* 3. Noviembre 1997. (<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/amvaz.html>)

VENKATESH, G.; BRATTEBØ, H. Energy consumption, costs and environmental impacts for urban water cycle services: Case study of Oslo (Norway). *Energy*. 2011, nº 36, pág. 792-800.

7.5. CAPÍTULOS DE LIBROS

BOSCH GONZÁLEZ, M.; RODRÍGUEZ CANTALAPIEDRA, I.; ÁLVAREZ DEL CASTILLO, J. Actas IV Congreso Internacional de Patología y Rehabilitación de Edificios. Ponencia R3-12: "Rehabilitación energética de edificios escolares en clima mediterráneo: caso de estudio, Barcelona". Colexio Oficial de Arquitectos de Galicia. Santiago de Compostela, 2012.

GRANERO, A.; GARCÍA ALVARADO, R. La forma de la arquitectura y el equilibrio energético. Encuentro Latinoamericano de Uso Racional y Eficiente de la Energía - ELUREE2013. Universidad de Buenos Aires, 2013. (http://eluree.org/wp-content/uploads/2013/09/actas/GT2%20pdf/1%20-%20GT2_granero_3008%20-%20final.pdf)

MARTÍN, L. Reducir el consumo de energía mediante un uso sostenible del agua. Agua y energía, un binomio indisoluble. Libro de Comunicaciones II Congreso de Edificios de Energía Casi Nula. Grupo Tecma Red. Madrid, 2014. Pág. 64-66.

SCOTT C.A.; CROOTOFF A.; KELLY-RICHARDS S. The Urban Water–Energy Nexus: Building Resilience for Global Change in the "Urban Century." Springer. Cham, 2016. Pág. 113-140.

7.6. NORMATIVA

DIRECTIVA 2002/91/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

DIRECTIVA 2006/32/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 5 de abril de 2006 sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos.

DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

DIRECTIVA 2012/27/UE, DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética.

DOCUMENTO BÁSICO DE AHORRO DE ENERGÍA DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE DB-HE). 2013.

DOCUMENTO DESCRIPTIVO CLIMAS DE REFERENCIA. Ministerio de Fomento. 2015

INFORME UNE-CER/TR 15615:2008 IN. Explicación de la relación general entre diversas normas europeas y la Directiva relativa a la eficiencia de los edificios (EPDB)

NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN SOBRE CONDICIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS NBE-CT-79. 1979

NORMA UNE 216501:2009 Auditorías energéticas. AENOR. 2009

NORMA UNE-EN 16247-1:2012 Auditorías energéticas. Parte 1 Requisitos generales. AENOR. 2012

NORMA UNE-EN 16247-2:2014 Auditorías energéticas. Parte 2: Edificios. AENOR. 2014

NORMA UNE-EN 16247-3:2014 Auditorías energéticas. Parte 3: Procesos. AENOR. 2014

NORMA UNE-EN 16247-4:2014 Auditorías energéticas. Parte 4: Transporte. AENOR. 2014

NORMA UNE-EN 16247-5:2015 Auditorías energéticas. Parte 5: Competencia de los auditores energéticos. AENOR. 2015

NORMA UNE-EN ISO 6946:2012 Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo.

NORMA UNE-EN ISO 13790:2011 Eficiencia energética de los edificios. Cálculo del consumo de energía para calefacción y refrigeración de espacios.

NORMA UNE-EN 13779:2008 Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.

NORMA UNE-EN 13829:2002 Aislamiento térmico. Determinación de la estanquidad al aire en edificios. Método de presurización por medio de ventilador.

NORMA UNE-EN ISO 15927-6:2009 Comportamiento higrotérmico de edificios. Cálculo y presentación de datos climáticos. Parte 6: Diferencias acumuladas de temperatura (en grados por día).

NORMA UNE-EN ISO 50001:2011 Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. AENOR. 2011

PLAN DE ACCIÓN DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA 2011-2020 aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros de 29 de julio de 2011.

REAL DECRETO 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. BOE, 13 de febrero de 2016.

7.7. PÁGINAS WEB

Asociación de empresas de eficiencia energética a3e. www.asociacion3e.org (consultada el 13 de octubre de 2015)

Build up. Energy solutions for better buildings. The European Portal For Energy Efficiency In Buildings. <http://www.buildup.eu> (consultada el 24 de junio de 2015)

Datos climáticos mundiales. <http://es.climate-data.org/> (consultada el 11 de enero de 2016)

Fundación Ecología y Desarrollo (ECODES). <http://www.ecodes.org> (consultada el 14 de septiembre de 2015)

Fundación Ecología y Desarrollo. <http://www.agua-dulce.org> (consultada el 17 de diciembre de 2015)

iAgua, web de iAgua Conocimiento S.L. centrada en la gestión del agua. <http://www.iagua.es> (consultada el 18 de diciembre de 2015)

Institut Català d'Energia. <http://icaen.gencat.cat/ca/index.html> (consultada el 20 de octubre de 2015)

Preciogas, especialistas en gestiones y tarifas de distintos tipos de energía. <http://preciogas.com> (consultada el 18 de enero de 2016)

Sodinur, conjunto de empresas que operan en distintos campos del sector de la ingeniería, la construcción y la gestión inmobiliaria. <http://www.sodinur.com> (consultada el 21 de septiembre de 2015)

CAPÍTULO 8. ANEXOS

En este capítulo se presenta la documentación anexa utilizada para la elaboración del presente trabajo.

En primer lugar se muestran los modelos de fichas utilizados: el cuestionario empleado en la fase de recopilación de datos y la ficha de toma de datos durante la fase del trabajo de campo.

A continuación se presenta la documentación gráfica del estudio de caso: planos y fotografías.

Por último se adjuntan los datos numéricos obtenidos durante la realización del estudio de caso.

8.1. MODELOS DE FICHAS

8.1.1. CUESTIONARIO DE RECOPIACIÓN DE DATOS PREVIOS A LA VISITA

DATOS GENERALES DEL CENTRO DOCENTE ESTUDIADO

Nombre del Centro:

Entidad propietaria:

CIF:

Denominación de los edificios a estudiar (totalidad de los edificios de los que está formado el centro docente):

Dirección:

Municipio:

Provincia:

Código Postal:

PERSONAS DE CONTACTO

CARGO	NOMBRE	TELÉFONO	EMAIL
-------	--------	----------	-------

Director/a			
------------	--	--	--

Administrador/a

Responsable de
las instalaciones

Interlocutor/a
para la Auditoría
Energética

OCUPACIÓN DEL CENTRO DOCENTE

DURANTE LOS DÍAS LECTIVOS DEL CALENDARIO ESCOLAR

Número de/año	2012	2013	2014	2015	2016
---------------	------	------	------	------	------

Alumnos/as

Profesores/as

Resto de personal

Usuarios del
comedor

DURANTE LOS DÍAS LABORABLES NO LECTIVOS DE VACACIONES DE NAVIDAD

Número de/año	2012	2013	2014	2015	2016
---------------	------	------	------	------	------

Alumnos/as

Profesores/as

Resto de personal

Usuarios del
comedor

DURANTE LOS DÍAS LABORABLES NO LECTIVOS DE VACACIONES DE SEMANA SANTA

Número de/año	2012	2013	2014	2015	2016
---------------	------	------	------	------	------

Alumnos/as

Profesores/as

Resto de personal

Usuarios del
comedor

DURANTE LOS DÍAS LABORABLES NO LECTIVOS DE VACACIONES DE VERANO

Períodos de ocupación parcial (fechas en las que el centro permaneció con algún tipo de ocupación; utiliza tantas tablas como necesites en función de las distintas actividades realizadas):

Número de/año	2012	2013	2014	2015	2016
---------------	------	------	------	------	------

Alumnos/as

Profesores/as

Resto de personal

Usuarios del
comedor

Períodos de ocupación nula (fechas en las que el centro permaneció sin ocupación):

HORARIOS DEL CENTRO DOCENTE

L-V

S

D

Días lectivos del
calendario escolar

Días no lectivos
vacaciones navidad

Días no lectivos
vacaciones semana santa

Días no lectivos
vacaciones verano

Horario de las distintas áreas del centro docente:

Aulas:

Comedor:

Polideportivo (días de diario):

Polideportivo (fines de semana):

Capilla:

Administración:

Cocina:

Salón de actos (horas de utilización al año estimada):

Otros:

DATOS DEL EDIFICIO

Nombre del edificio:

Año aproximado de construcción:

Año y características de la última reforma importante:

Fecha en la que está previsto realizar alguna reforma importante (en caso de que esté previsto) y características de la misma:

Nombre del edificio:

Año aproximado de construcción:

Año y características de la última reforma importante:

Fecha en la que está previsto realizar alguna reforma importante (en caso de que esté previsto) y características de la misma:

DATOS DE LOS SUMINISTROS

- Nombre y teléfono del responsable para que compruebe las facturas correspondientes al suministro de agua y energía en caso de que haya un responsable de esta función:
- ¿Se comprueba que los importes facturados de agua y energía son correctos?
- Fecha de la última solicitud ofertas a diferentes distribuidores de gasóleo y/o propano/butano en caso de que existan y persona que lo realizó:
- Fecha de la última solicitud ofertas a diferentes compañías comercializadoras de energía eléctrica y persona que lo realizó:

DATOS DE LA INSTALACIÓN DE FONTANERÍA

- Año de instalación de los paneles solares para producción de agua caliente sanitaria (en caso de que existan):
- Número de alumnos que usan las duchas del polideportivo cada día de la semana:

DATOS DE LA INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD

- ¿Existe un plan de mantenimiento de las luminarias?
- ¿Cada cuanto tiempo se limpian las luminarias, si es que se limpian?
- ¿Cada cuanto tiempo se sustituyen las lámparas, si es que se sustituyen antes de su rotura?
- Descripción de algún tipo de deficiencia en la iluminación (escasa iluminación, sombras, deslumbramientos, parpadeos, etc.) en el caso de que exista constancia del mismo, indicando la zona donde se produce:
- Año de instalación de los paneles fotovoltaicos (en caso de que existan):
- La instalación de paneles fotovoltaicos (en caso de que exista), ¿es para autoconsumo o para venta de la energía generada exclusivamente?:

DATOS DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

Año de instalación de la caldera:

Descripción de los últimos problemas de funcionamiento que ha presentado, en caso de que haya tenido problemas:

Fecha estimada de la sustitución de la caldera, en caso de que se esté barajando dicha posibilidad:

Año de instalación del depósito de combustible (en caso de que exista):

DATOS DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

Enumeración de los locales que cuentan con instalación de climatización:

Año de instalación de los equipos de climatización:

Descripción de los últimos problemas de funcionamiento que ha presentado, en caso de que haya tenido problemas:

DATOS DE LA INSTALACIÓN DE ASCENSOR

Número de ascensores:

Personas autorizadas a utilizar el ascensor:

Número estimado de servicios realizados a lo largo del día por cada ascensor:

DOCUMENTACIÓN A FACILITAR

EDIFICIOS

- Planos de los edificios de los que consta el centro docente.

FONTANERÍA

- Copia de las facturas del consumo de agua de las distintas acometidas del centro docente desde enero del 2012.

- Proyecto de instalación de paneles solares para producción de agua caliente sanitaria (en caso de que exista).

ELECTRICIDAD

- Copia del proyecto de la instalación de electricidad (en caso de que exista).
- Copia del proyecto de la instalación de paneles fotovoltaicos para la producción de electricidad (en caso de que exista).
- Contratos de todas las acometidas de electricidad existentes en el centro docente.
- Copia de las facturas del consumo de electricidad de las distintas acometidas del centro docente desde enero del 2012.

CALEFACCIÓN

- Copia del proyecto de la instalación de calefacción (en caso de que exista).
- Contrato de la acometida de gas existente en el centro docente (en caso de que exista).
- Copia de las facturas del consumo de combustible del centro docente desde enero del 2012 en caso de tener una instalación de calefacción que no sea eléctrica.
- Copia de las facturas de reparaciones y mantenimiento de la instalación de calefacción desde enero del 2012.
- Copia del contrato de mantenimiento de la instalación de calefacción.
- Copia de los informes de mantenimiento o del libro de mantenimiento de la instalación de calefacción desde enero del 2012 (en caso de que existan).

CLIMATIZACIÓN

- Copia del proyecto de la instalación de climatización (en caso de que exista).
- Copia de las facturas de reparaciones y mantenimiento de la instalación de climatización desde enero del 2012.
- Copia del contrato de mantenimiento de la instalación de climatización.
- Copia de los informes de mantenimiento o del libro de mantenimiento de la instalación de climatización desde enero del 2012 (en caso de que existan).

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES APORTADOS POR LOS USUARIOS DEL
CENTRO DOCENTE

8.1.2. FICHA DE TOMA DE DATOS DURANTE EL TRABAJO DE CAMPO

ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

Muros

Huecos

Cubiertas

Forjados sobre el exterior

Soleras

Tabiques locales no calefactados

Protecciones solares

Identificación en planos de los locales calefactados / no calefactados

Sistemas de cerrado de puertas de separación locales calefactados / no calefactados

INSTALACIONES TÉRMICAS

CALDERA

Marca / modelo

Combustible

Estado general chimenea

Esquema de distribución

Aislamiento

Sistema de regulación

Condiciones de consigna

Puntos de control

Sistema de ACS

Características producción

Características acumulación

Regulación

Condiciones de consigna

Servicios atendidos

Sistema de distribución

Sistemas de climatización

Recinto

Marca / modelo

Año instalación

Sistema de ventilación

Características de los ventiladores

RECINTO

UBICACIÓN

CERRAMIENTO EXTERIOR

Superficie	Espesor	Descripción
------------	---------	-------------

HUECOS

Superficie	Descripción
------------	-------------

Protección solar

RADIADOR

Tamaño	Nº elementos	Válvula
--------	--------------	---------

Cubreradiadores	Calefactor eléctrico:	Potencia:
-----------------	-----------------------	-----------

ALUMBRADO

Nº luminarias	Tipo lum. + lámp.
---------------	-------------------

Nº lámparas	Potencia unit:	Balastro
-------------	----------------	----------

Encendidos

Emergencias: Tipo y número

RECINTO

UBICACIÓN

CERRAMIENTO EXTERIOR

Superficie	Espesor	Descripción
------------	---------	-------------

HUECOS

Superficie	Descripción
------------	-------------

Protección solar

RADIADOR

Tamaño	Nº elementos	Válvula	
Cubreradiadores		Calefactor eléctrico:	Potencia:

ALUMBRADO

Nº luminarias	Tipo lum. + lámp.	
Nº lámparas	Potencia unit:	Balastro
Encendidos		

Emergencias: Tipo y número

CERRAMIENTO EXTERIOR

Superficie	Espesor	Descripción
------------	---------	-------------

HUECOS

Superficie	Descripción
------------	-------------

Protección solar

RADIADOR

Tamaño	Nº elementos	Válvula	
Cubreradiadores		Calefactor Potencia:	eléctrico:

ALUMBRADO

Nº luminarias	Tipo lum. + lámp.	
Nº lámparas	Potencia unit:	Balastro
Encendidos		

Emergencias: Tipo y número

FONTANERÍA

INODORO	Número	Tipo	Descarga	
Dimensión cisterna (volumen):				
LAVABO	Número	ACS	Gritería	Caudal
DUCHA	Número	ACS	Gritería	Caudal
URINARIO	Número	Gritería		
VERTEDERO	Número	ACS	Gritería	Caudal

CUARTO DE COCINA

UBICACIÓN

CERRAMIENTO EXTERIOR

Superficie	Espesor	Descripción
------------	---------	-------------

HUECOS

Superficie	Descripción
------------	-------------

Protección solar

RADIADOR

Tamaño	Nº elementos	Válvula
Cubreradiadores	Calefactor Potencia:	eléctrico:

ALUMBRADO

Nº luminarias	Tipo lum. + lámp.
---------------	-------------------

Nº lámparas	Potencia unit:	Balastro
-------------	----------------	----------

Encendidos

Emergencias: Tipo y número

FONTANERÍA

FREGADERO	Número	ACS	Gritería	Caudal
	Número	ACS	Gritería	Caudal

EQUIPAMIENTO

Modelo	Elec	Gas
--------	------	-----

	AF	ACS
Modelo	Elec	Gas
	AF	ACS
Modelo	Elec	Gas
	AF	ACS
Modelo	Elec	Gas
	AF	ACS
Modelo	Elec	Gas
	AF	ACS

8.2. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DEL ESTUDIO DE CASOS

8.2.1. CENTRO DE EDUCACIÓN INFANTIL LA INMACULADA

PLANO DE PLANTA BAJA

PLANO DE PLANTA PRIMERA

8.2.2. CENTRO DE EDUCACIÓN INFANTIL Y PRIMARIA REGINA ASSUMPTA

PLANO DE PLANTA BAJA

**8.2.3. CENTRO DE EDUCACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA
CALASANZ****PLANO DEL CONJUNTO DE EDIFICIOS**

PLANO DEL PABELLÓN 1. PLANTA BAJA.

PLANO DEL PABELLÓN 1. PLANTA PRIMERA.

PLANO DEL EDIFICIO 2. PLANTA BAJA.

PLANO DEL EDIFICIO 2. PLANTA PRIMERA.

PLANO DEL EDIFICIO 2. PLANTA SEGUNDA.

PLANO DEL EDIFICIO 2. PLANTA TERCERA.

PLANO DEL PABELLÓN 3. PLANTA BAJA.

PLANO DEL PABELLÓN 3. PLANTA PRIMERA.

PLANO DEL PABELLÓN 3. PLANTA SEGUNDA.

PLANO DEL PABELLÓN 3. PLANTA TERCERA.

PLANO DEL PABELLÓN 4. PLANTA BAJA.

PLANO DEL PABELLÓN 4. PLANTA PRIMERA.

PLANO DEL PABELLÓN 4. PLANTA SEGUNDA.

PLANO DEL PABELLÓN 4. PLANTA TERCERA.

PLANO DEL PABELLÓN 4. PLANTA CUARTA.

PLANO DEL PABELLÓN 5. PLANTA BAJA.

PLANO DEL PABELLÓN 5. PLANTA PRIMERA.

PLANO DEL PABELLÓN 5. PLANTA SEGUNDA.

PLANO DEL PABELLÓN 5. PLANTA TERCERA.