






## INFORME

### AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA

*(Nuestra Señora del Carmen)*

Nº OFERTA	CO_1306
Nº INFORME	IN_1306_37_20160307

Elaborado por:		Revisado por:
		
Alberto Trueba Salas	Daniel Lozano Villamediana	Inés Simón García

<b>1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y RESUMEN DE INVENTARIO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Datos generales del centro .....	1
1.2 Planos y distribución .....	2
1.3 Envolverte y cerramientos.....	4
1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS.....	5
1.4.1 Producción de ACS .....	5
1.4.2 Producción de frío y calor para climatización .....	6
1.4.3 Unidades Terminales.....	8
1.5 Iluminación.....	11
1.5.1 Iluminación interior .....	12
1.5.2 Iluminación exterior .....	13
1.5.3 Sistemas de control .....	14
1.5.4 Condiciones de funcionamiento.....	14
1.6 Otros equipos .....	15
1.7 Resumen de potencias instaladas .....	17
<b>2. CONSUMOS ANUALES.....</b>	<b>18</b>
2.1 Consumos eléctricos .....	18
2.2 Consumos térmicos.....	21
2.3 Consumos energéticos totales .....	21
2.4 Índices energéticos.....	21
2.4.1 Índices energéticos eléctricos .....	21
2.4.2 Índices energéticos térmicos.....	21
<b>3. MEDICIONES REALIZADAS.....</b>	<b>22</b>
3.1 Medidas eléctricas.....	22
3.1.1 Registros trifásicos .....	22
3.1.2 Registros monofásicos.....	26
3.2 Medida de nivel de iluminación .....	27
3.3 Medidas térmicas .....	28
3.3.1 Registradores de temperatura y humedad .....	28
3.4 Análisis termográfico.....	31
3.5 Certificación energética .....	31
<b>4. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO .....</b>	<b>32</b>
4.1 Desglose de consumos eléctricos.....	32

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

4.2	Desglose de consumos térmicos .....	33
4.3	Contribución de energías renovables .....	33
<b>5.</b>	<b>ACTUACIONES PROPUESTAS .....</b>	<b>34</b>
5.1	Sustitución de iluminación existente por tecnología LED .....	34
5.2	Sustitución de los equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante .....	36
<b>6.</b>	<b>MEJORAS RECOMENDADAS .....</b>	<b>42</b>
6.1	Sistemas de regulación y control de la iluminación interior .....	42
6.2	Sustitución de los equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante .....	44
6.3	Implantación de un sistema de monitorización y control.....	45
6.4	Aumento del número de puntos de luz .....	47
<b>7.</b>	<b>PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES .....</b>	<b>48</b>
7.1	Energía solar térmica.....	48
7.2	Biomasa .....	48
7.3	Fotovoltaica - Autoconsumo .....	49
<b>8.</b>	<b>RESUMEN .....</b>	<b>50</b>

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

## 1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y RESUMEN DE INVENTARIO

### 1.1 Datos generales del centro

Denominación del Centro	CEIP Nuestra Señora del Carmen
Dirección	Calle Escuela nº6
Tipo de edificio	Centro Educativo
Persona de Contacto (Nombre, tlf, email)	Jose Maria Franco (Director Centro) Tlf.-951 270 920
Número de edificios	Uno
Referencia Catastral	1424114UF3412S0001FU

*Tabla 1 Resumen datos generales*

Las instalaciones del **CEIP Nuestra Señora del Carmen** que se han auditado se encuentran situadas en la **Calle Escuela, 6** en la localidad de **Marbella**.



*Imagen 1 Vista general del CEIP Nuestra Señora del Carmen*



*Imagen 2 Vista aérea de Nuestra Señora del Carmen*

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>		<b>1306</b>
			<b>37</b>
			<b>Rev.04</b>

EDIFICIO	Nº plantas	Superficie Construida. m²	Nº personas	Horario	Año de construcción
Edificio principal	1	1640	234	8:30 a 14:00 16:00 a 18:00	1955

Tabla 2 Resumen de horario, usos y datos constructivos

El colegio funciona los meses escolares, durante el verano solo funciona los días en los que se acomete algún tipo de obra o mantenimiento. Lo normal es que el edificio funcione en horario de 8:30 a 20:00, desde la apertura del centro hasta que los servicios de limpieza acaban.

### 1.2 Planos y distribución

En la tabla siguiente se muestran los metros cuadrados según los usos para cada una de las plantas.

USO	Planta 0 (m²)	Planta 1 (m²)	Sup. Total (m²)
Administrativo	34	--	34
Aseos	51	--	51
Aulas	486	--	486
No habitable	29	--	29
Usos múltiples	--	26	26
Zonas comunes	136	--	136
Sup. Total (m²)	735	26	761

Tabla 3 Distribución de Superficie por usos

A continuación se muestra un gráfico donde se recogen las superficies según el tipo de uso. En él se observa que la zona dedicada a aulas abarca el 64% de la superficie total de la instalación, mientras que el resto se reparte entre los diferentes usos, destacando el espacio destinado a zonas comunes con un 18%.

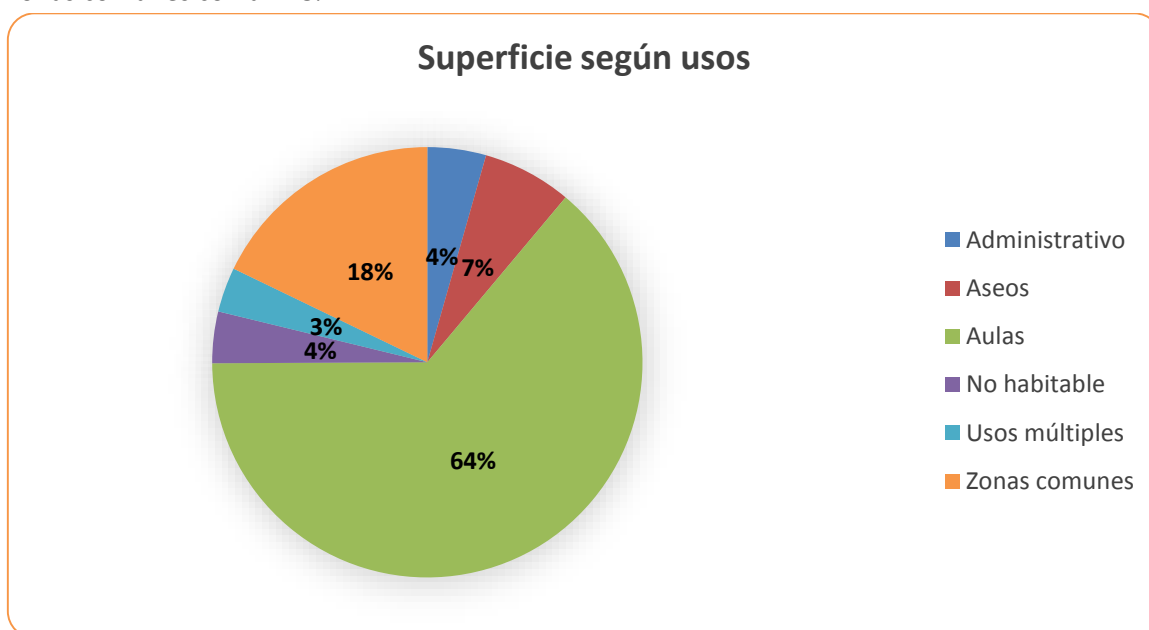
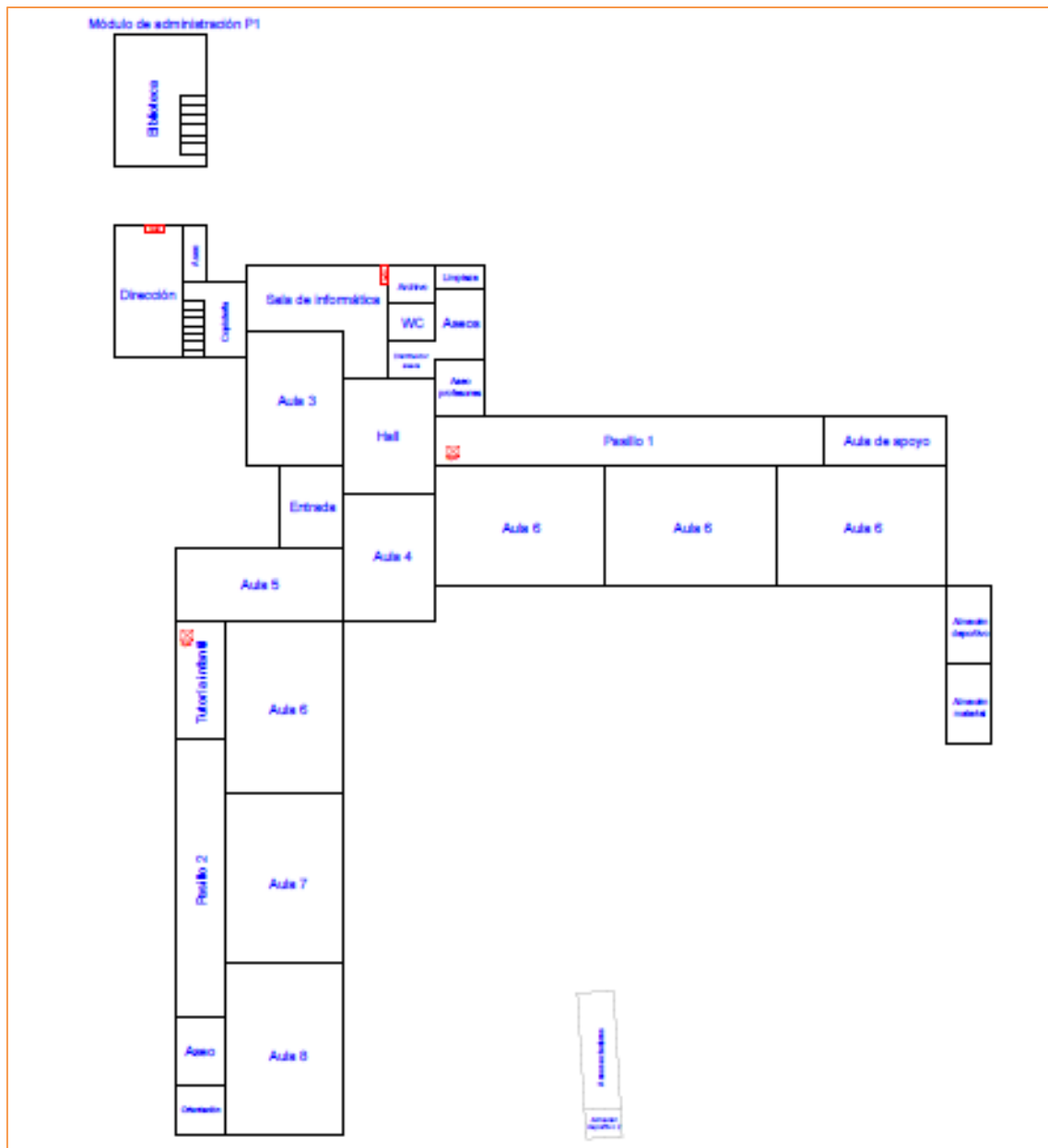


Gráfico 1 Superficie según Usos

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>		<b>1306</b>
			<b>37</b>
			<b>Rev.04</b>

A continuación se muestran el plano principal de la instalación:



Plano 1 Planta Baja



	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

### 1.3 Envolverte y cerramientos

Desde 1957 las normas técnicas que regulaban el sector de la edificación eran las normas MV, competencia del Ministerio de la Vivienda. Esta reglamentación fue desarrollada por la Dirección General de Arquitectura del Ministerio de Gobernación; y concretamente se editaron entre los años 30 y 70 las siguientes normas reguladoras de la envolvente térmica:

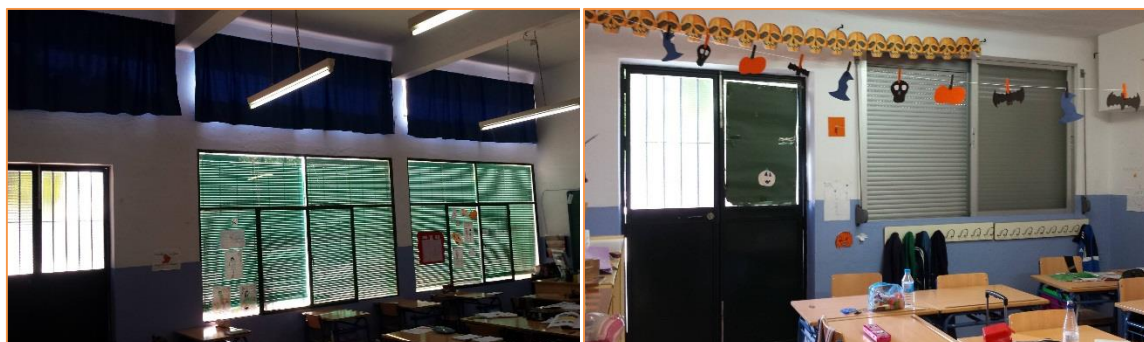
MV 201: Muros resistentes de fábrica de ladrillo.

MV 301: Impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos.

El edificio, según la ficha catastral, fue construido en 1955; y por lo tanto lo hizo bajo la influencia de dichas normas MV.

El edificio se expande en una sola planta, lo rodea un monumento característico de la ciudad, la muralla araba de Marbella. La cubierta del edificio es plana y transitable, aunque las dos alas tienen una cubierta inclinada de una vertiente de teja cerámica. Predominan las carpinterías exteriores con marco metálico y vidrio simple. Las fachadas exteriores están construidas de ladrilla enlucidas con un revoco de cemento pintado de color blanco, manteniendo el estilo característico de la zona.

En las siguientes imágenes se puede ver los diferentes tipos de carpintería existentes:



*Imagen 3 Diferentes tipos de carpintería exterior*

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

#### **1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS**

La climatización de este centro, tanto el servicio de calefacción como el de refrigeración, se lleva a cabo mediante sistemas tipo bomba de calor de expansión directa con unidades exteriores ubicadas en fachada y cubierta y unidades interiores de pared. Se trata de equipos autónomos tipo split 1x1. Destacan el número de radiadores eléctricos que se encuentran en las estancias principales para calefactar en los meses más fríos.

Por otra parte, al tratarse de un edificio construido antes del 2007, donde el RITE (RD 1027/2007) establece obligaciones respecto al aporte de aire exterior, tampoco hay presencia de sistemas de ventilación mecánica.

El centro no cuenta con sistemas de producción-acumulación de agua caliente sanitaria, ya que no existe demanda de este servicio.

##### **1.4.1 Producción de ACS**

Tal y como se comenta anteriormente, el centro no cuenta con sistemas de producción-acumulación de agua caliente sanitaria, ya que no existe demanda de este servicio.



	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

#### 1.4.2 Producción de frío y calor para climatización

A continuación se resumen las tipologías de equipos para la climatización de las diferentes estancias del centro:

Nº generador	1	2	3	4
Generador	Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC - Split	Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC - Split	Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC - Split	Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC - Split
Edificio	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal
Planta	1	1	0	0
Ubicación equipo	Cubierta	Cubierta	Fachada NO2	Fachada NE3
Zona de tratamiento	Aulas (de la 1 a la 9 y aula de apoyo)	Aulas (de la 1 a la 9 y aula de apoyo)	Sala de Informática	Dirección
Servicio	Calefacción y refrigeración	Calefacción y refrigeración	Calefacción y refrigeración	Calefacción y refrigeración
Combustible	Electricidad	Electricidad	Electricidad	Electricidad
Tipo funcionamiento	Aire-Aire	Aire-Aire	Aire-Aire	Aire-Aire
Condensación / Evaporación	Aire	Aire	Aire	Aire
Tecnología	Compresor Scroll	Compresor Scroll	Compresor Scroll	Compresor Scroll
Marca	CLIMA ROCA YORK S.L.	CARRIER	CRAFTT	CRAFTT
Modelo	AVO-120-BB-38B	38CHE28A7C	DKFR-33GW/CA1-2E	DKFR-33GW/CA1-2E
Refrigerante	R22	R22	R407c	R407c
Tipo de unidad interior	Conductos	Conductos	Pared	Pared
Potencia Frigorífica (kW)	13,00	8,30	3,20	3,20
Pot. Absorbida Frío (kW)	5,10	2,80	1,30	1,30
EER	2,55	2,96	2,46	2,46
Potencia Calorífica (kW)	14,30	9,00	3,40	3,40
Pot. Absorbida Calor (kW)	5,10	2,65	1,20	1,20
COP	2,80	3,40	2,83	2,83
Mes inicio calefacción	Noviembre	Noviembre	Noviembre	Noviembre
Mes final calefacción	Marzo	Marzo	Marzo	Marzo
Mes inicio refrigeración	Mayo	Mayo	Mayo	Mayo
Mes final refrigeración	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre
días/semana	L-V	L-V	L-V	L-V
horario funcionamiento (mañana)	08:30-14:00	08:30-14:00	08:30-14:00	08:30-14:00
horario funcionamiento (tarde)	16:00-18:00	16:00-18:00	-	-
Sistema de gestión centralizado	No	No	No	No
Control - encendido / apagado	Manual	Manual	Manual	Manual

Tabla 4 Características de los equipos de producción de frío y calor para climatización



*Imagen 4 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC – Split 1x1*




*Imagen 5 Equipos de producción de frío y calor para climatización - Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC – Split 1x1*

A continuación se resumen la potencia térmica total instalada en el centro para este tipo de equipos:

Calefacción	30,10 kW
Refrigeración	27,70 kW

*Tabla 5 Resumen potencia térmica total instalada en equipos frigoríficos*

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

### 1.4.3 Unidades Terminales

A continuación se resumen las características técnicas de las diferentes unidades de tratamiento de que consta el centro para cubrir las necesidades de calefacción y refrigeración por zonas:

#### Unidades interiores – Expansión directa

El centro consta de unidades interiores de diferentes tipologías (pared y conductos) como elementos destinados al tratamiento de calefacción y refrigeración de las diferentes estancias a las que dan servicio. Dichas unidades funcionan en combinación con las unidades exteriores (sistemas tipo split 1x1), como parte fundamental de los sistemas autónomos de climatización tipo bomba de calor de expansión directa descritos anteriormente.

Al tratarse de sistemas de climatización partidos (tipo split 1x1), las características técnicas de la unidad interior en el apartado térmico coincidirán con las de la exterior correspondiente y están recogidas en el apartado anterior. Por otra parte, el consumo eléctrico derivado de las unidades interiores se debe únicamente al ventilador de impulsión y en la mayoría de los casos están alimentadas eléctricamente desde el propio equipo exterior, por lo que su consumo eléctrico ya está incluido en el mismo.



Imagen 6 Tipología de **unidades interiores** instaladas - **Conductos**



Imagen 7 Tipología de **unidades interiores** instaladas - **Pared**

La distribución de potencia calorífica instalada por zonas es la siguiente:

Zona	Superficie Calefactada (m2)	Pot. Calorífica (kW)	Ratio (W/m2)
Administrativo	22,00	3,40	154,55
Aulas	479,00	259,70	542,17
Zonas comunes	50,80	23,30	458,66
<b>Total</b>	<b>551,80</b>	<b>286,40</b>	<b>519,03</b>

Tabla 6 Resumen de potencia calorífica instalada por zonas

En el siguiente gráfico se representa el porcentaje de la potencia calorífica instalada por zonas y la superficie calefactada en el centro:

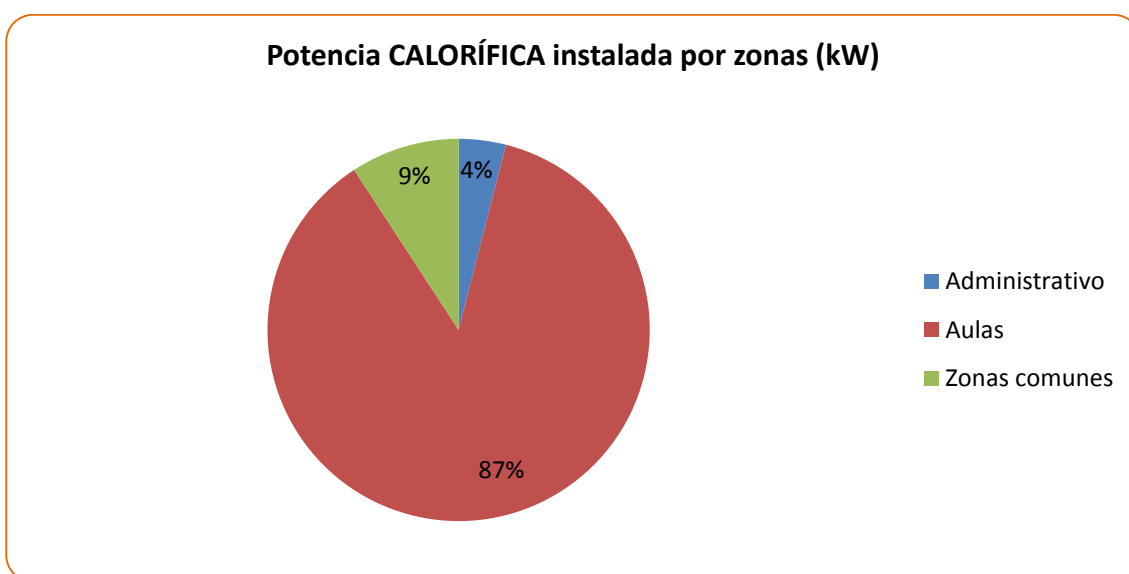


Gráfico 2 Porcentaje de potencia calorífica instalada por zonas

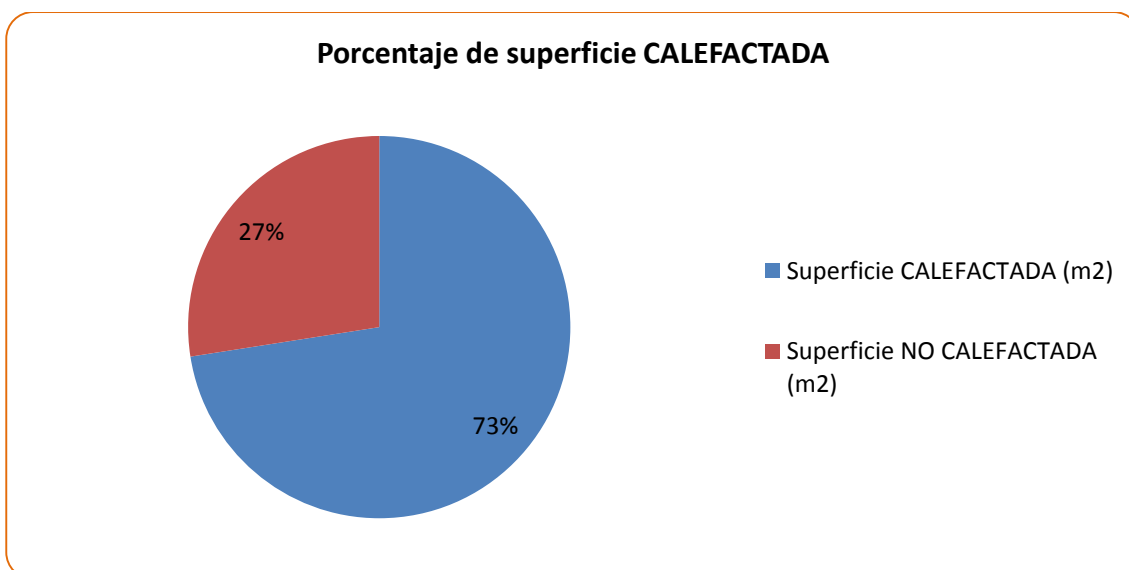


Gráfico 3 Porcentaje de superficie calefactada

La distribución de potencia de frío instalada por zonas es la siguiente:

Zona	Superficie Refrigerada (m2)	Pot. Frigorífica (kW)	Ratio (W/m2)
Administrativo	22,00	3,20	145,45
Aulas	479,00	237,50	495,82
Zonas comunes	50,80	21,30	419,29
<b>Total</b>	<b>551,80</b>	<b>262,00</b>	<b>474,81</b>

Tabla 7 Resumen de potencia de frío instalada por zonas

En el siguiente gráfico se representa el porcentaje de la potencia frigorífica instalada por zonas y la superficie refrigerada en el centro:

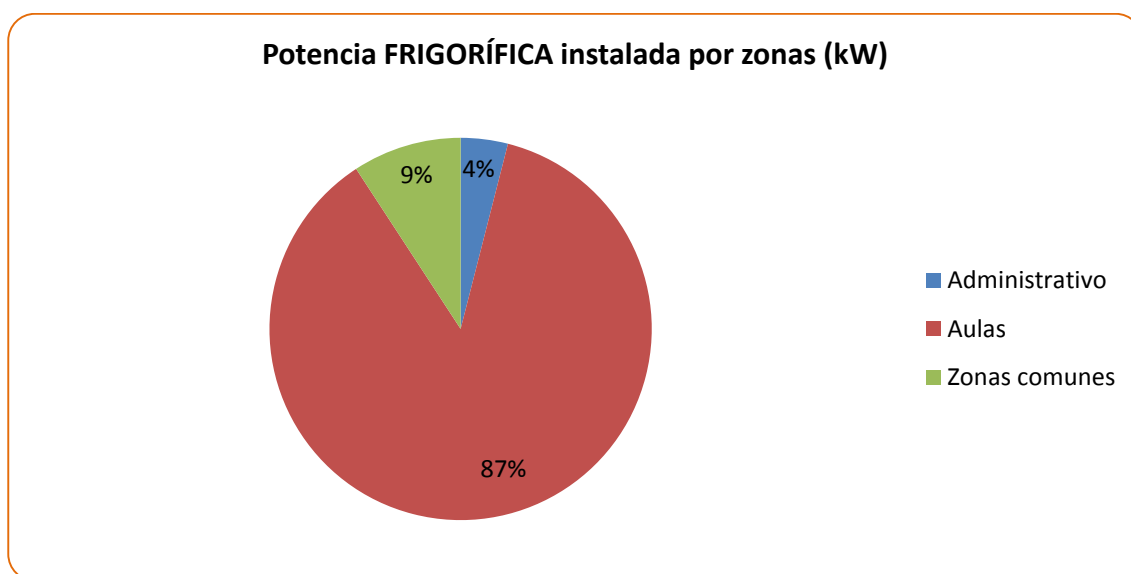


Gráfico 4 Porcentaje de potencia frigorífica instalada por zonas

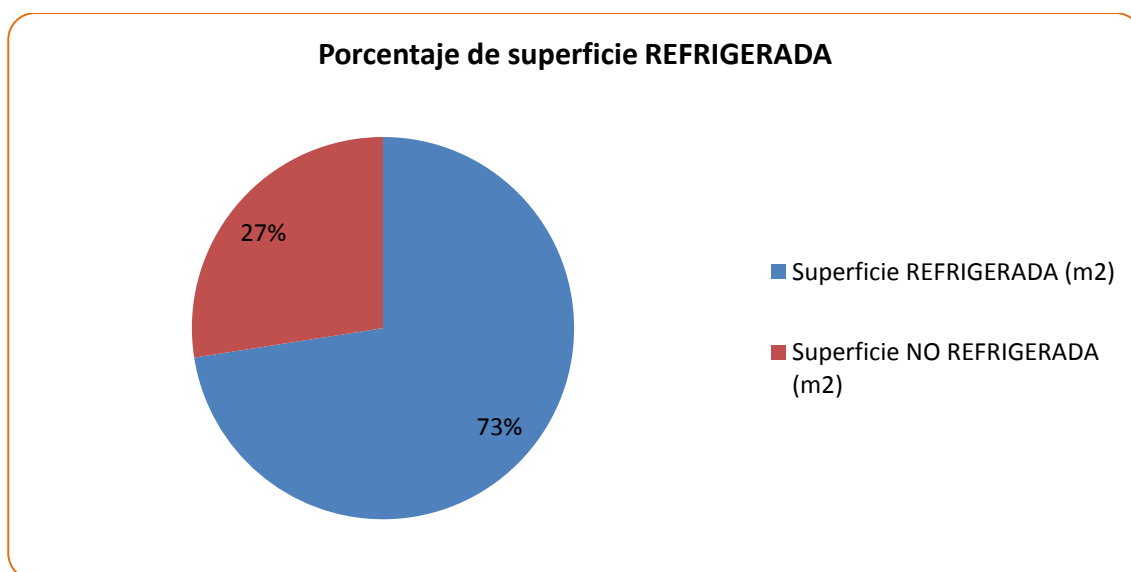


Gráfico 5 Porcentaje de superficie refrigerada

Los datos completos de unidades terminales por zonas se detallan en el anexo correspondiente.

### 1.5 Iluminación

La potencia total instalada es de 95,17 kW, que se distribuye según usos tal como se muestra en el siguiente gráfico.

**Potencia Instalada en Iluminación según el uso**

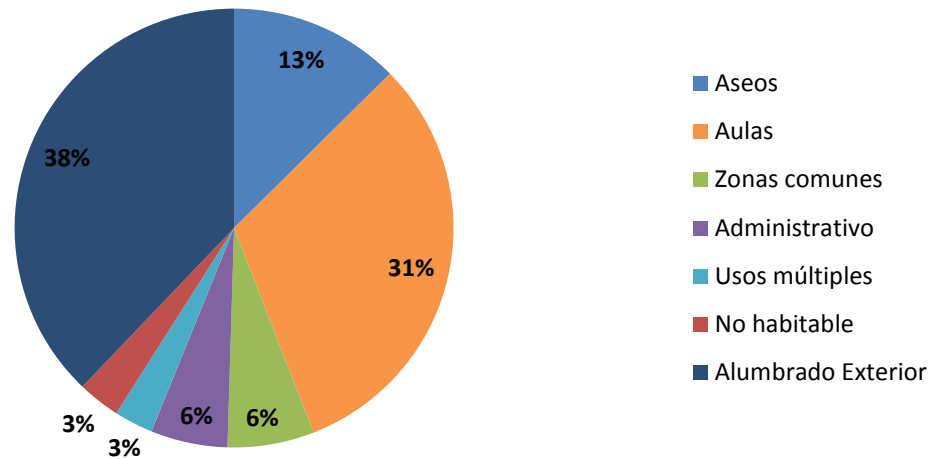


Gráfico 6 % Potencia instalada en iluminación según el uso

En el siguiente gráfico se muestran los distintos tipos de lámparas instalados y el porcentaje que cada uno de ellos representa en el conjunto del centro educativo.

**Porcentaje de Lámparas por Tipo**

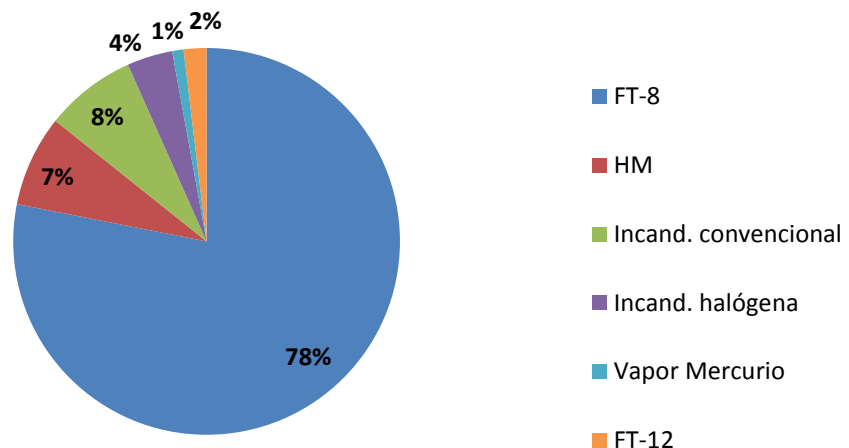


Gráfico 7 % de cada tipo de lámpara instalada



### 1.5.1 Iluminación interior

En la tabla siguiente se muestra un resumen detallado del tipo de iluminación y las potencias de cada una de las lámparas.

Las características de los elementos y equipos de iluminación, así como su distribución por zonas, se detallan en el Anexo **“Inventario Instalaciones”**.

Tipo	Nº Lum.	Pot.(kW)
EM	71	3,16
FT-8	69	3,11
1	56	2,03
36	38	1,64
18	18	0,39
2	13	1,08
36	12	1,04
18	1	0,04
FT-12	2	0,05
1	2	0,05
20	2	0,05
-	10	0,58
Incand. convencional	7	0,42
1	7	0,42
60	7	0,42
Incand. halógena	3	0,16
1	2	0,08
40	2	0,08
2	1	0,08
40	1	0,08
<b>Total general</b>	<b>81</b>	<b>3,74</b>

Tabla 8 Resumen de lámparas instaladas

En las imágenes siguientes se pueden observar los modelos de luminarias más representativos instalados.





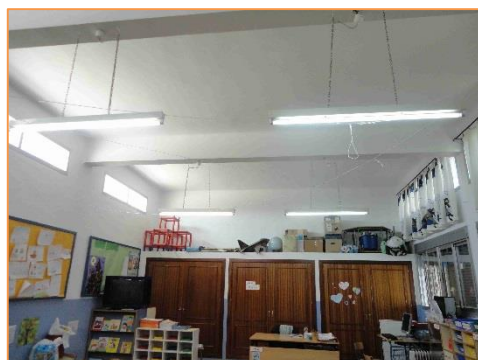


Imagen 8 Tipos de luminarias instaladas

### 1.5.2 Iluminación exterior

En la tabla siguiente se recoge un resumen detallado de la iluminación exterior y las potencias de cada una de las lámparas instaladas.

Tipo	Nº Lum.	Pot.(kW)
-	10	2,28
Incand. convencional	1	0,03
1	1	0,03
25	1	0,03
HM	8	2,13
1	8	2,13
250	7	2,01
100	1	0,12
Vapor Mercurio	1	0,13
1	1	0,13
125	1	0,13
<b>Total general</b>	<b>10</b>	<b>2,28</b>

Tabla 9 Resumen de iluminación exterior



Imagen 9 Luminarias situadas en el exterior del edificio

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>


### **1.5.3    Sistemas de control**

El funcionamiento del alumbrado exterior de los proyectores está programado con un reloj horario.

El resto de la iluminación del centro no tiene ningún tipo de control de la iluminación.

### **1.5.4    Condiciones de funcionamiento**

Para determinar el perfil de comportamiento de la instalación, se instalaron registradores monofásicos durante varias jornadas representativas; con los datos obtenidos en una semana “estándar” nos podemos hacer a la idea del comportamiento general.

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

### 1.6 Otros equipos

A continuación se muestran el resto de equipos eléctricos existentes en el centro.

<b>Tipos de Equipos</b>	<b>Nº Equipos</b>	<b>Potencia total (kW)</b>
<b>Audiovisual</b>	<b>22</b>	<b>5,709</b>
DVD/CD	1	0,015
20		0
15	1	0,015
<b>Proyector</b>	<b>11</b>	<b>3,759</b>
300	2	0,6
400	2	0,8
450	2	0,9
290	1	0,29
312	3	0,936
233	1	0,233
<b>Pizarra Digital</b>	<b>8</b>	<b>1,6</b>
200	8	1,6
<b>Television Tubo</b>	<b>2</b>	<b>0,335</b>
200	1	0,2
135	1	0,135
<b>Electrodoméstico</b>	<b>7</b>	<b>5,4</b>
<b>Microondas</b>	<b>2</b>	<b>1,6</b>
800	2	1,6
<b>Cafetera</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>
1500	1	1,5
<b>Nevera</b>	<b>1</b>	<b>0,15</b>
150	1	0,15
<b>Máquina de café</b>	<b>1</b>	<b>0,75</b>
750	1	0,75
<b>Tostador</b>	<b>2</b>	<b>1,4</b>
800	1	0,8
600	1	0,6
<b>Informático</b>	<b>41</b>	<b>12,8156</b>
<b>Ordenador sobremesa</b>	<b>31</b>	<b>9,3</b>
300	31	9,3
<b>Radiador electrico</b>	<b>1</b>	<b>1,2</b>
1200	1	1,2
<b>Ordenador Portatil</b>	<b>2</b>	<b>0,3</b>
150	2	0,3
<b>Servidor</b>	<b>2</b>	<b>0,5</b>
200	1	0,2
300	1	0,3
<b>Impresora oficina</b>	<b>2</b>	<b>1,485</b>
1440	1	1,44
45	1	0,045
<b>Router</b>	<b>1</b>	<b>0,015</b>
15	1	0,015
<b>Grabador digital</b>	<b>1</b>	<b>0,015</b>
15	1	0,015
<b>Repartidor audio</b>	<b>1</b>	<b>0,0006</b>
0,6	1	0,0006
<b>Otros</b>	<b>5</b>	<b>3,035</b>
<b>Plastificadora</b>	<b>1</b>	<b>0,11</b>
110	1	0,11
<b>Trituradora de papel</b>	<b>1</b>	<b>0,25</b>
250	1	0,25
<b>Plancha</b>	<b>1</b>	<b>2,5</b>
2500	1	2,5

Tipos de Equipos	Nº Equipos	Potencia total (kW)
<b>Piano Eléctrico</b>	<b>1</b>	<b>0,095</b>
95	1	0,095
<b>Otros</b>	<b>1</b>	<b>0,08</b>
80	1	0,08
<b>Sonido</b>	<b>41</b>	<b>1,126</b>
<b>Altavoz</b>	<b>33</b>	<b>0,8</b>
30	14	0,42
20	19	0,38
<b>Minicadena música</b>	<b>1</b>	<b>0,11</b>
110	1	0,11
<b>Radio-CD</b>	<b>6</b>	<b>0,136</b>
10	1	0,01
40	2	0,08
18	1	0,018
16	1	0,016
12	1	0,012
<b>Equipo de música</b>	<b>1</b>	<b>0,08</b>
80	1	0,08
<b>Radiador eléctrico</b>	<b>15</b>	<b>25,5</b>
<b>Radiador electrico</b>	<b>15</b>	<b>25,5</b>
2000	1	2
1200	4	4,8
1900	8	15,2
2500	1	2,5
1000	1	1
<b>Producción de frío y calor</b>	<b>4</b>	<b>10,5</b>
<b>Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC - Split</b>	<b>4</b>	<b>10,5</b>
5100	1	5,1
2800	1	2,8
1300	2	2,6
<b>Total general</b>	<b>135</b>	<b>64,0856</b>

Tabla 10 Resumen equipos eléctricos y potencia unitaria.

El siguiente gráfico muestra el peso porcentual que cobra cada tipología de equipo eléctrico en cuanto a potencia instalada.

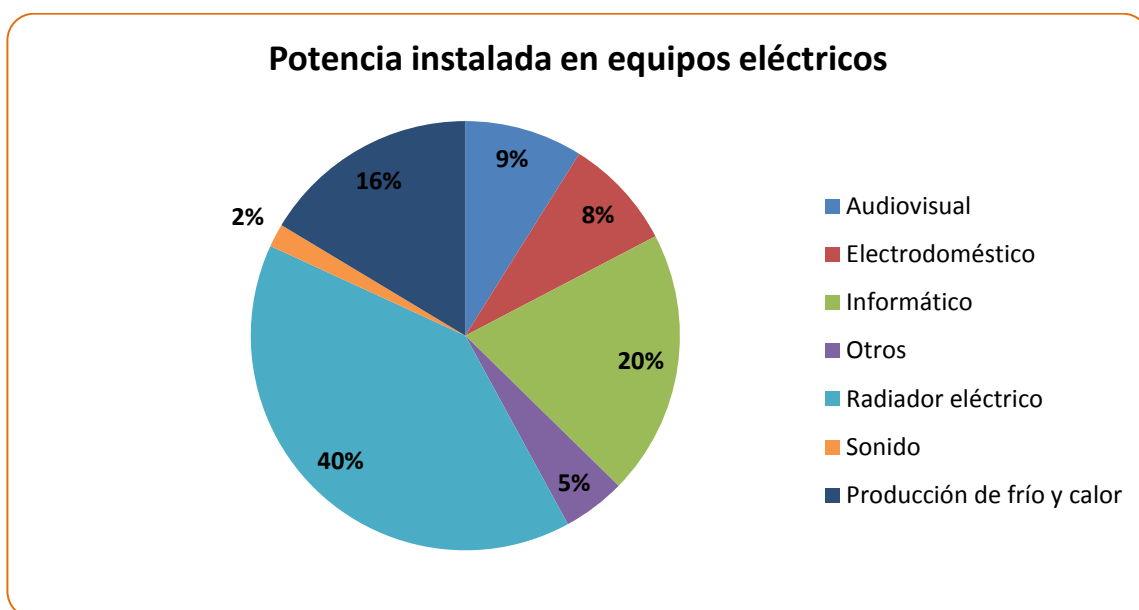


Gráfico 8 Potencia instalada por tipología de equipos

### 1.7 Resumen de potencias instaladas

En el siguiente gráfico se pueden identificar las potencias instaladas en el centro:

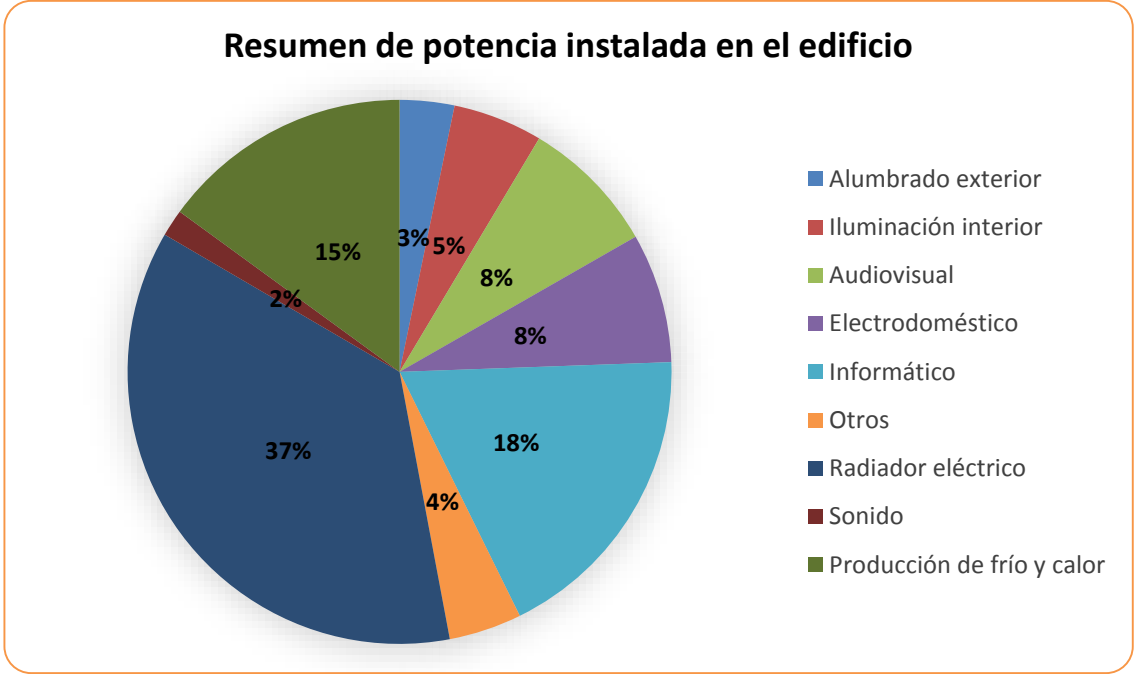


Gráfico 9 Potencia instalada por usos

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

## 2. CONSUMOS ANUALES

### 2.1 Consumos eléctricos

El suministro eléctrico se encuentra contratado con la comercializadora Endesa.

Las condiciones de contratación a fecha de febrero de 2015 se muestran a continuación:

<b>CUPS</b>	ES0031103005986001NT0F	<b>Tarifa de acceso</b>	2.0 A
<b>CONDICIONES DE CONTRATACION</b>			
		<b>P1</b>	
Potencia contratada (kW)		4,57	
Término de potencia (€/kW año)		38,043426	
Término de energía (€/kWh)		0,086556	

Se ha realizado un análisis de los consumos eléctricos a partir de los datos de las facturas eléctricas recibidas. El periodo estudiado corresponde desde Diciembre del 2013 hasta Noviembre del 2014.

Fecha inicio	Fecha Fin	Consumo P1 (kWh)	Potencia Máximétrica (kW)	Facturado Reactiva (€)	Base imponible (€)
29/04/2014	27/06/2014	1783	- / - / -	0,00	229,77
27/06/2014	28/08/2014	625	- / - / -	0,00	114,72
28/08/2014	30/04/2015	10810	- / - / -	0,00	1.484,68

Tabla 11 Facturación eléctrica

A partir de la facturación eléctrica se observa que no existen penalizaciones por energía reactiva.

	P1	P2	P3
Potencia contratada (kW)	4,57	-	-
Potencia registrada (kW)	5	-	-

Tabla 12 Potencias contratada y registrada

Dado que la tarifa contratada es una 2.0 A, la compañía suministradora no está realizando las lecturas de maxímetro por lo que no se tiene registros de este dato. Durante el periodo de registro podemos decir que la potencia máxima registrada ha sido de 5 kW aproximadamente.

El gasto anual de la facturación eléctrica es el siguiente:

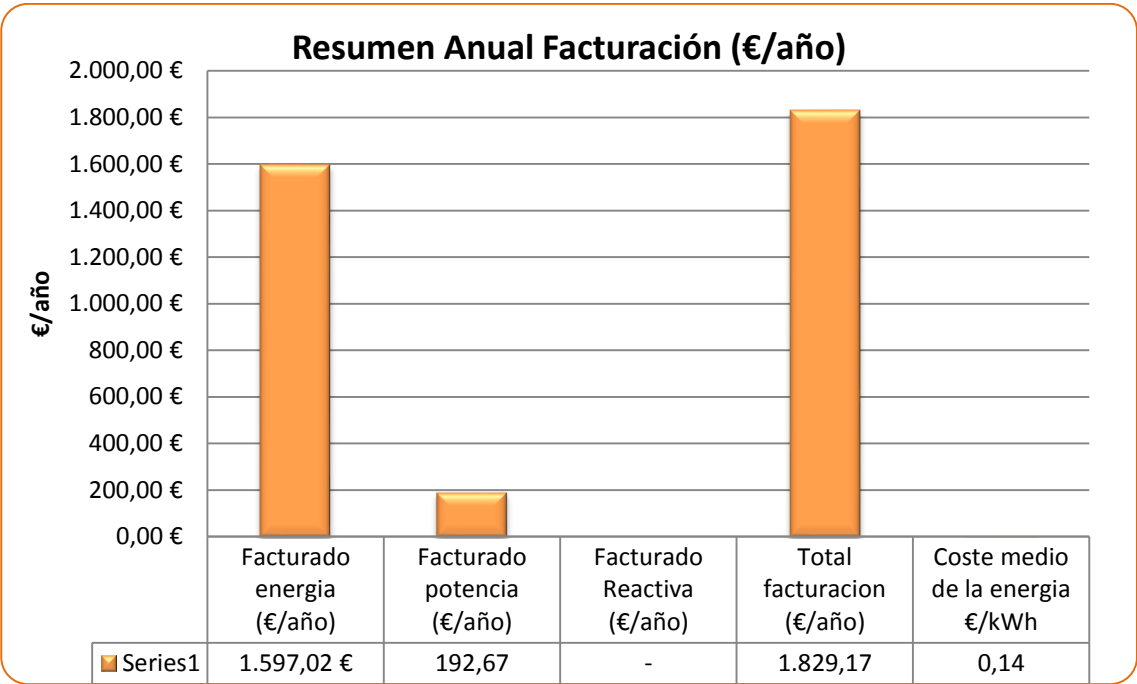


Gráfico 10 Resumen Anual de Facturación

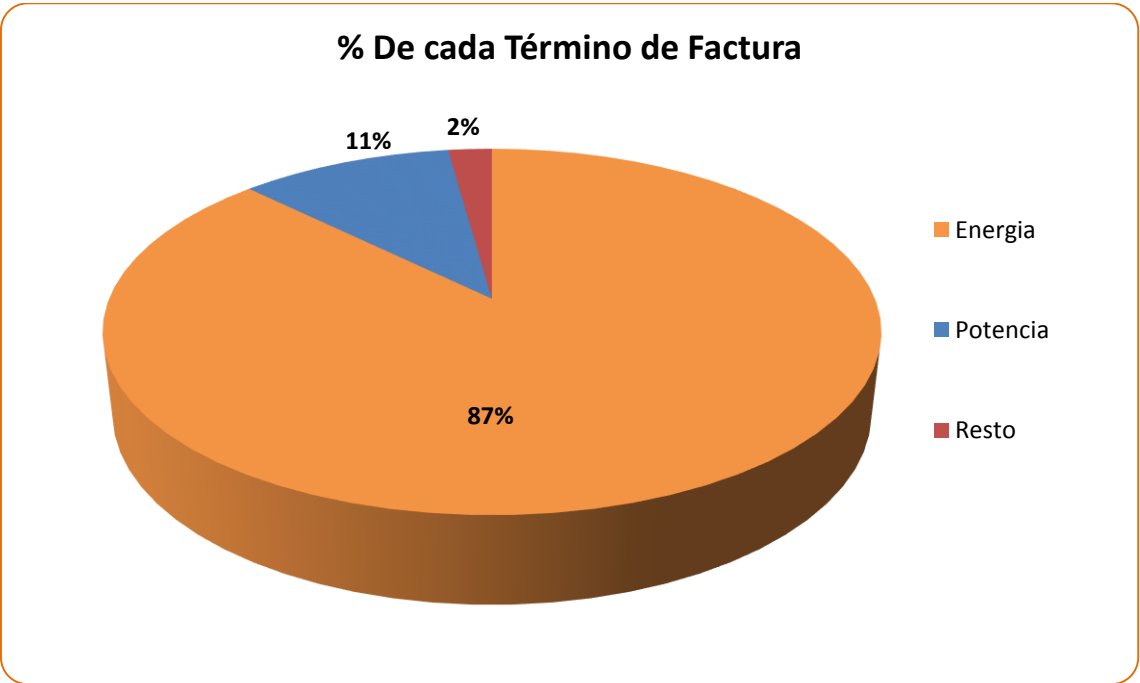


Gráfico 11 Resumen de los términos de Factura



A continuación se presentan gráficas de consumos agrupados por meses naturales:

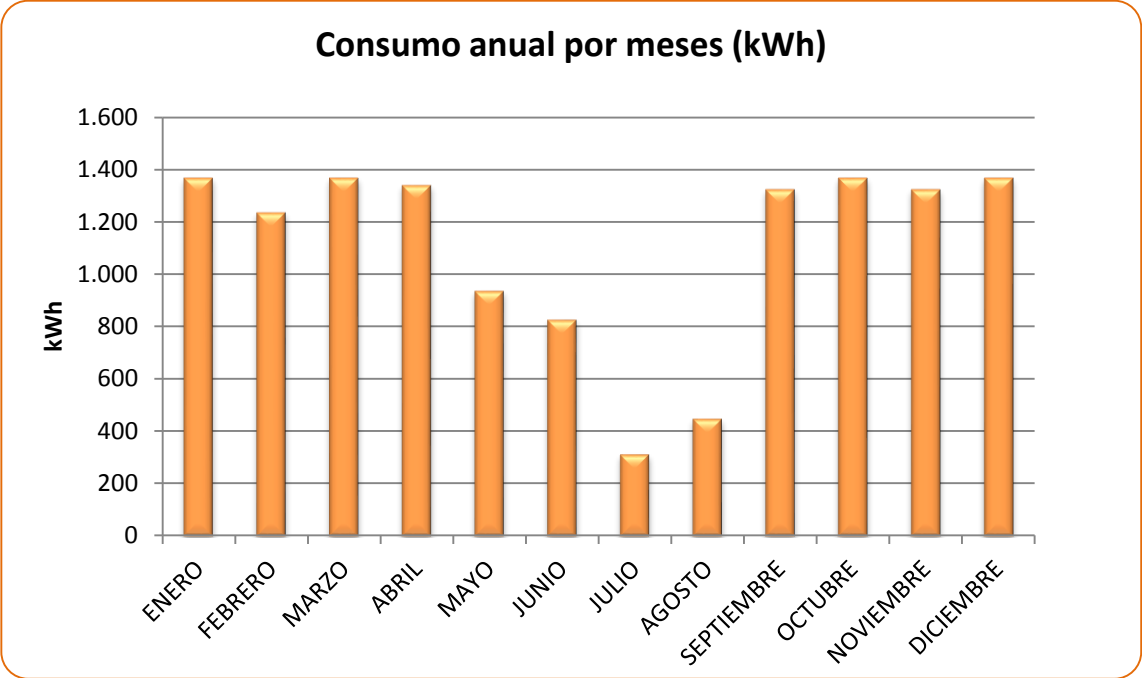


Gráfico 12 Consumo eléctrico mensual

La siguiente tabla muestra los valores globales del periodo estudiado:

Total Consumo energía (kWh)	13.218
Total Facturación (€)	1.829,17
Media mensual de consumo (kWh/mes)	1.102
Media mensual de coste (€/mes)	152,43
Coste medio energía (€/kWh)	0,138

Tabla 13 Resumen valores globales de la facturación eléctrica

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

## 2.2 Consumos térmicos

No existe en el centro suministro directo de combustibles fósiles para la producción térmica.

## 2.3 Consumos energéticos totales

	Consumo (kWh/año)	Coste (€/año)
Electricidad	13.218,00	1.829,17
Combustible (PCI)	-	-
Total	13.218,00	1.829,17

Tabla 14 Consumos energéticos anuales totales

## 2.4 Índices energéticos

Para finalizar esta revisión del estado energético de la instalación, se incluyen varios índices de eficiencia energética.

### 2.4.1 Índices energéticos eléctricos

Para el cálculo de los índices energéticos eléctricos se ha tomado un periodo de consumo de un año completo comprendido entre el 1 de Enero y el 31 de Diciembre de 2014.

PARÁMETROS GENERALES ELÉCTRICOS	
Nº de personas que utilizan la instalación	234
Superficie total (m²)	760,77
Pot. Instalada Iluminación Interior (kW)	3,74
Pot. Instalada Iluminación Exterior (kW)	2,28
Pot. Instalada Equipos Eléctricos (kW)	64,09
Pot. Eléctrica Total Instalada (kW)	70,10

Tabla 15 Índices energéticos – Parámetros generales eléctricos

ÍNDICES ELÉCTRICOS	
kWh/año	13.218,00
€/kWh	0,14
kWh/m² Total	17,37
€/m² Total	2,40
kWh/persona uso	56,49
€/persona uso	7,82
Ton CO <sub>2</sub> /año	5,27
Kg CO <sub>2</sub> /m²	6,93
Pot. Iluminación en W/m²	4,91

Tabla 16 Resumen Índices energéticos eléctricos

### 2.4.2 Índices energéticos térmicos

Tal y como se menciona en apartados anteriores no existe en el centro suministro directo de combustibles fósiles para la producción térmica.

### 3. MEDICIONES REALIZADAS

#### 3.1 Medidas eléctricas

##### 3.1.1 Registros trifásicos

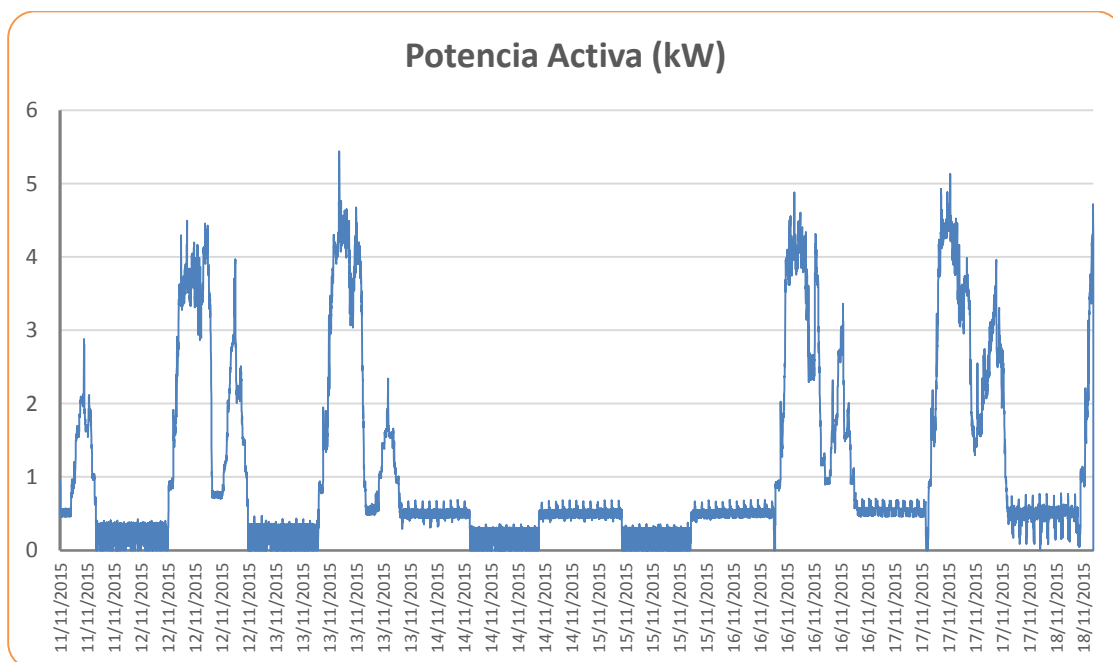


Gráfico 13 Datos de registro de potencia activa desde el 11/11/2015 al 18/11/2015

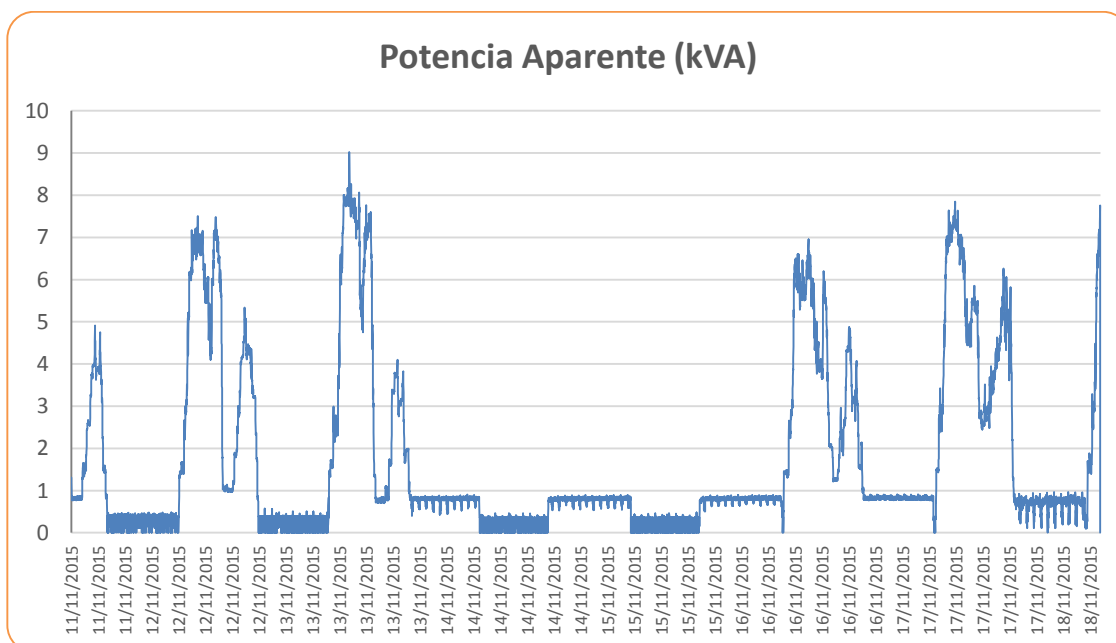


Gráfico 14 Datos de registro de potencia aparente desde el 11/11/2015 al 18/11/2015

### Factor de Potencia

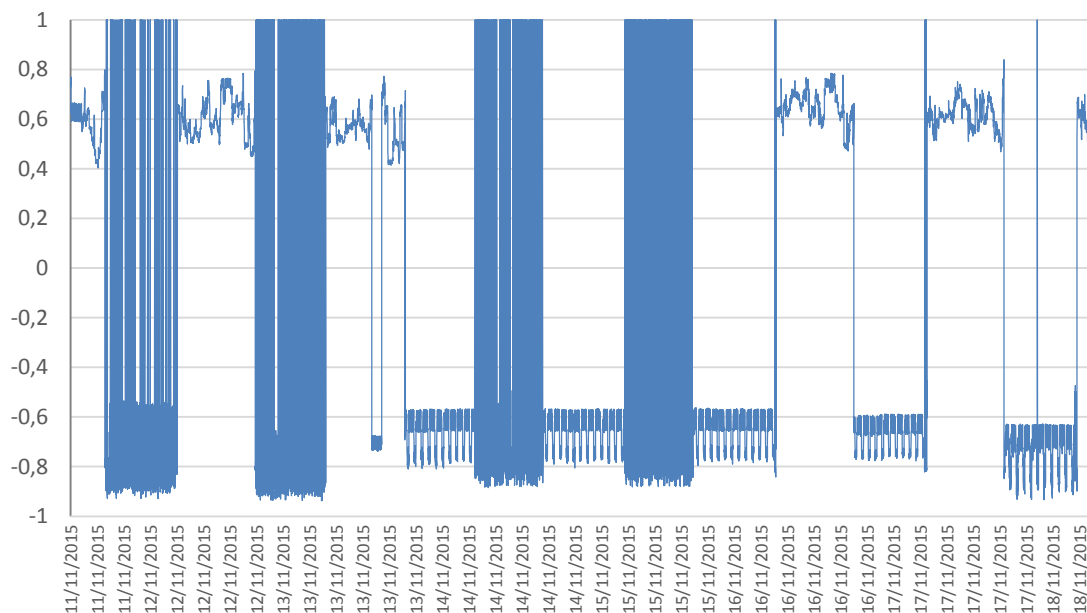


Gráfico 15 Factor de potencia trifásico registrado

### Potencia Registrada en días Lectivos (kW)

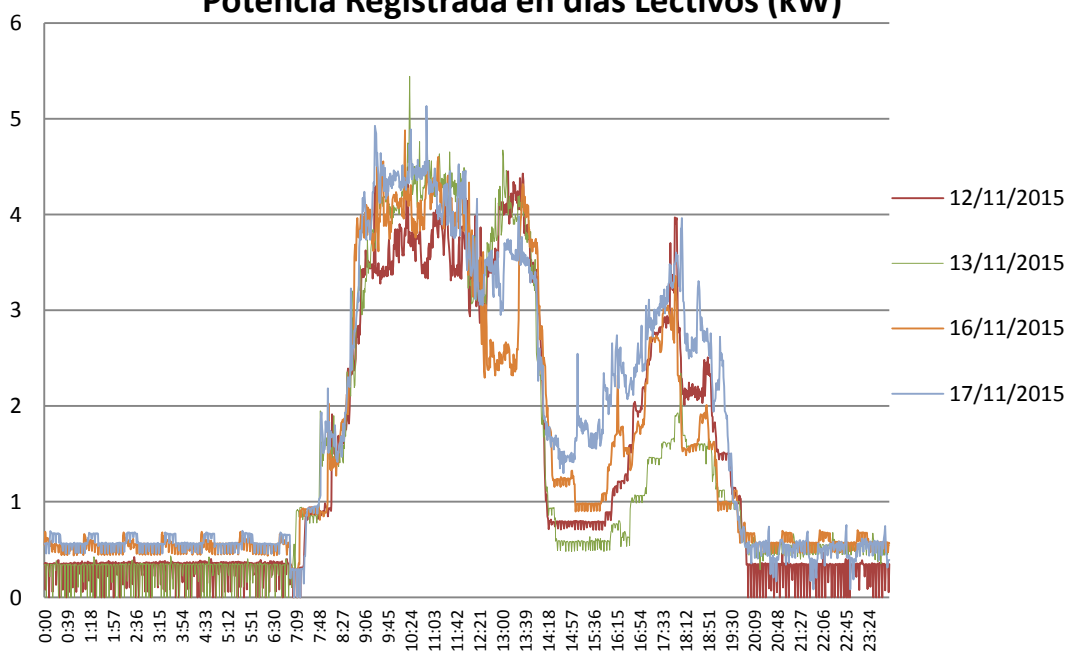
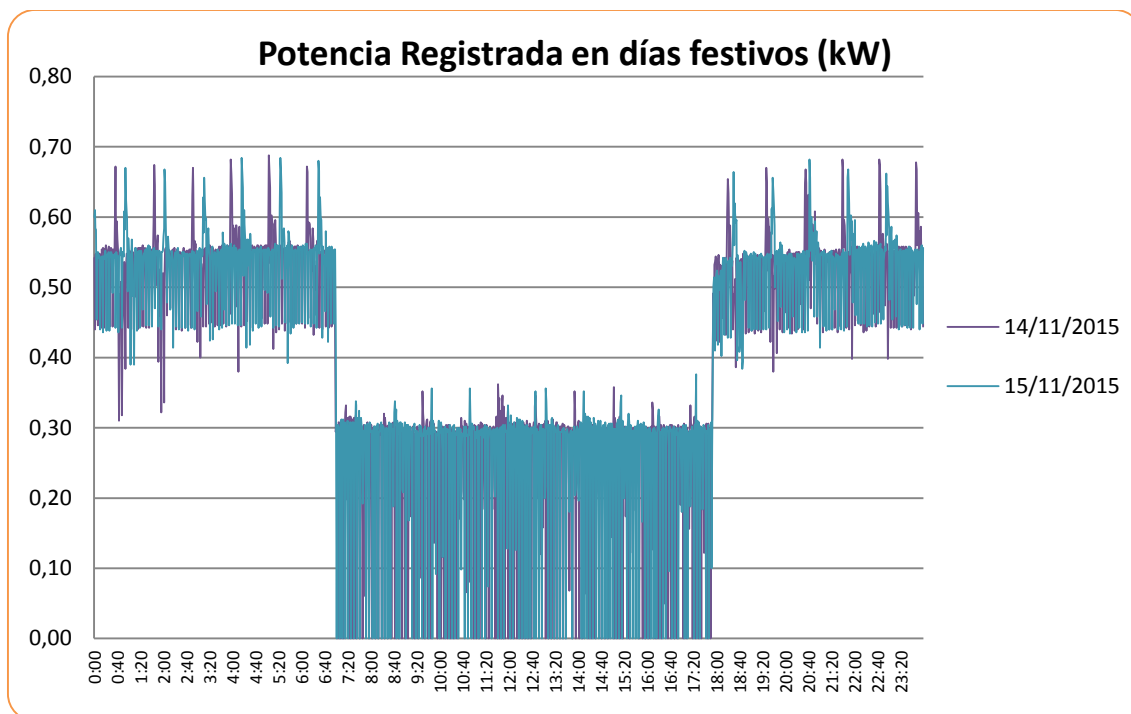


Gráfico 16 Potencia registrada en días lectivos (kW)



*Gráfico 17 Potencia registrada en días festivos (kW)*

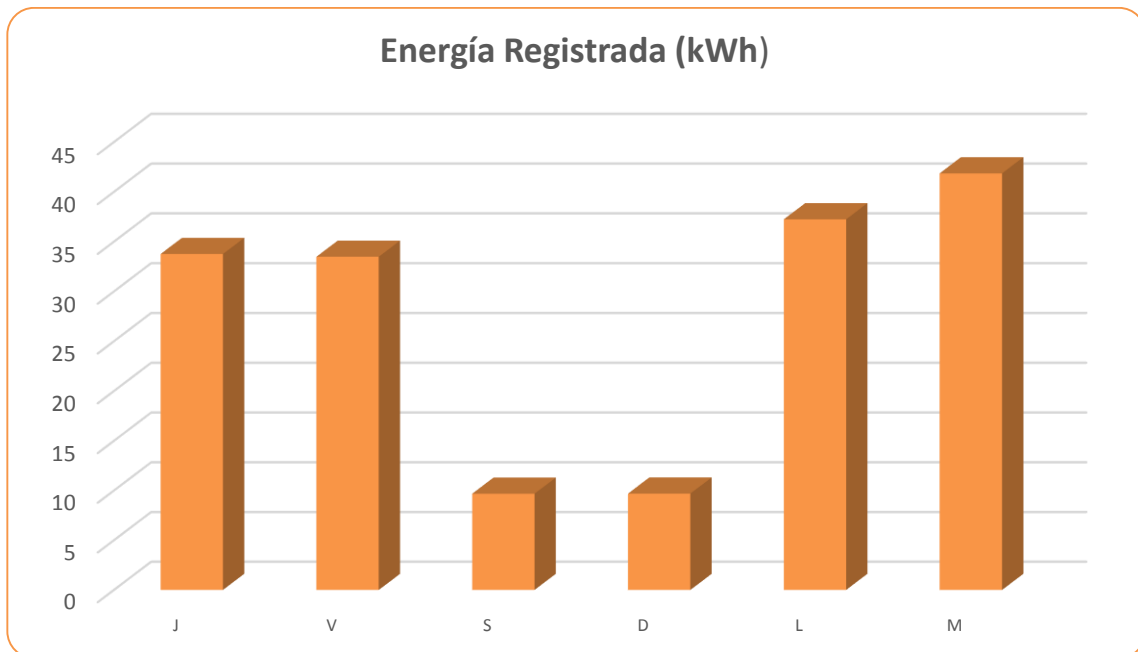
Se observa como la demanda energética es muy similar todos los días, con un perfil de uso con muy pocas variaciones. Durante la semana en que se han registrado los parámetros eléctricos se observa una demanda de potencia fija de aproximadamente 0,3 kW debido a equipos que se mantienen conectados permanentemente.

Los días lectivos son muy homogéneos con una potencia máxima de 5 kW, en consonancia con la potencia contratada, y un horario principal de uso entre 8:00 y 20:00.

Durante los días lectivos también se observa que desde las 18:00 hasta las 7:00 se hace uso de la iluminación exterior.

En los días festivos se produce un consumo constante con “picos” de potencia debidos al arranque de los frigoríficos y/o el termo eléctrico instalado.

La energía consumida durante la semana de medición se muestra en la siguiente gráfica:



*Gráfico 18 Energía consumida por cada día de la semana*

El valor medio durante los días lectivos es de 36,59 kWh y durante los días festivos de 9,69 kWh. Con estos valores obtenemos un consumo mensual estimado de 828,65kWh para el mes de Noviembre, no se puede comparar con la facturación de ese mes, ya que al tratarse de una tarifa 2.0 A varios meses están estimados.

### 3.1.2 Registros monofásicos

A continuación se muestran las gráficas que nos muestran el perfil de consumo semanal de diferentes zonas y equipos.

#### - Biblioteca

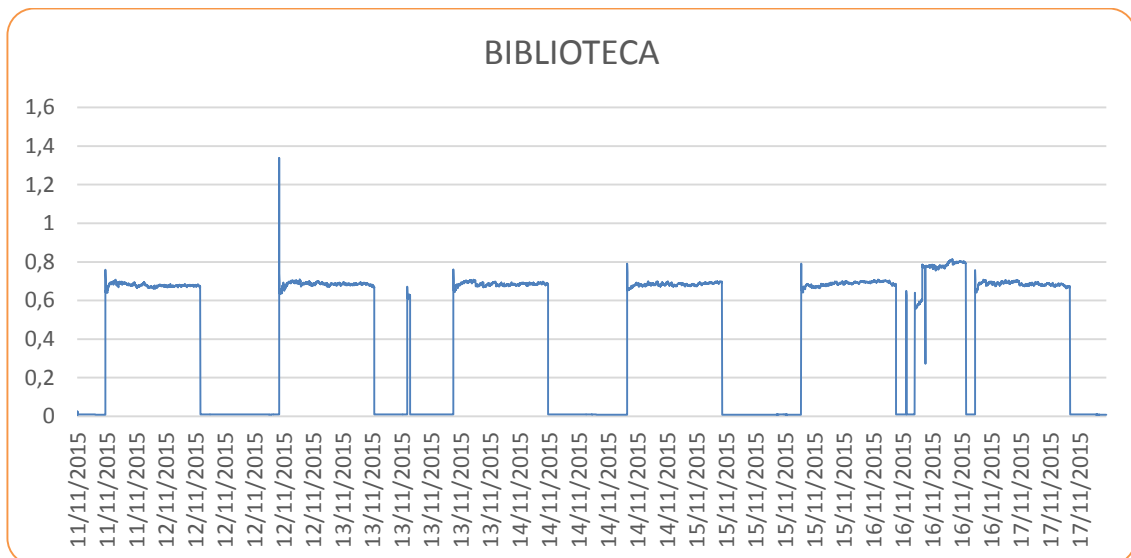


Gráfico 19 Registro de monofásico instalado en biblioteca

#### - Aula informática

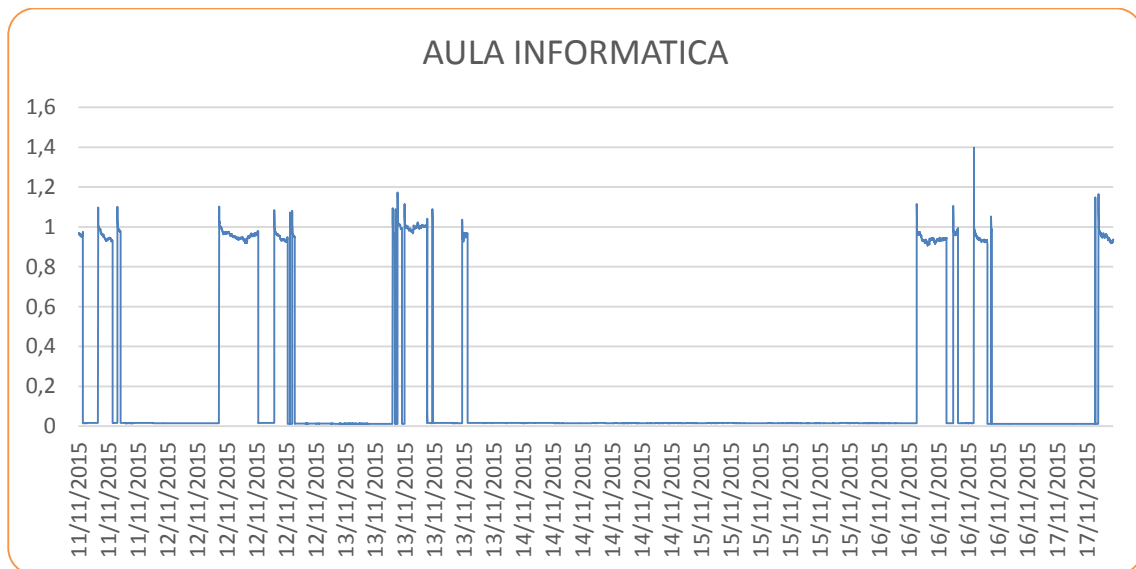


Gráfico 20 Registro de monofásico instalado en aula informática

Los registros permiten obtener un horario medio de iluminación de las estancias en las que se ha realizado las mediciones, siendo éstos:

- Biblioteca: 7 h
- Aula informática: 3,7 h.



	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

### 3.2 Medida de nivel de iluminación

Para la comprobación de la eficiencia energética del sistema de iluminación de las diferentes estancias, se seguirán las directrices de cálculo marcadas por el **Código Técnico de Edificación en el documento básico HE3, Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación**. Para ello se ha calculado el valor de la eficiencia de la instalación VEEI ( $W/m^2$ ) por cada 100 lx. *(El procedimiento de cálculo se especifica en el Informe general de la Auditoría)*.

En la siguiente tabla se muestran las estancias en las que se han realizado las medidas de iluminancia. En una columna se indican los valores de la Iluminancia media resultado de la medición y en otra el valor mínimo exigido según el uso de la estancia. En la columna que muestra los valores de VEEI se muestran en rojo las zonas en las que ese valor supera al máximo.

Edificio	Planta	Ubicación	Potencia (W)	Área ( $m^2$ )	Iluminancia Media (lux)	Valor s/ Norma (lux)	VEEI
Zonas comunes	0	Hall	43,2	27,70	162	150	0,96
Administrativo	0	Conserjería	21,6	3,00	178	150	4,04
Aulas	0	Aula de Apoyo	43,2	15,00	150	300	1,92
Aulas	0	Aula 3	172,8	52,00	604	300	0,55
Aseos	0	Distribuidor Aseos	21,6	8,65	185	150	1,35
Aseos	0	Aseo Niñas	21,6	1,44	225	150	6,67
Aseos	0	WC6	21,6	2,52	351	150	2,44
Aulas	0	Sala de Informática	129,6	29,80	287	300	1,52
Aulas	0	Aula 9	86,4	34,00	142	300	1,79
Aulas	0	Aula 9	21,6	34,00	142	300	0,45
Aulas	0	Aula 4	172,8	32,50	284	300	1,87
Aulas	0	Aula 4	43,2	32,50	284	300	0,47
Aulas	0	Aula 5	86,4	36,00	121	300	1,98
Aulas	0	Aula 5	43,2	36,00	121	300	0,99
Zonas comunes	0	Pasillo 2	172,8	38,70	271	150	1,65
Aulas	0	Tutoría Infantil	86,4	15,20	322	300	1,77
Aseos	0	WC7	60	1,20	69	150	72,46
Aseos	0	Aseo Niñas Ext.	21,6	2,16	204	150	4,90
Aseos	0	WC9	40	1,17	62	150	55,14
No habitable	0	Almacén Deportivo 2	80	3,10	131	150	19,70
Administrativo	0	Dirección	172,8	22,00	606	300	1,30
Zonas comunes		Escalera Biblioteca	60	4,00	137	150	10,95
Usos múltiples	1	Biblioteca	172,8	25,60	447	300	1,51
Aulas	1	Biblioteca	60	25,60	276	300	0,85

Tabla 17 Resumen medidas de iluminación en diferentes estancias

Los valores medios de iluminancia están por debajo de los recomendados en la mayoría de las estancias, por lo que se recomienda aumentar el número de puntos de luz de las estancias, ya que no se cumple con la normativa vigente.

\*En este caso la iluminancia media no alcanza el valor mínimo exigido por la normativa, por lo que el valor de eficiencia energética de iluminación no se puede tomar como referencia ya que sería necesario aumentar la potencia instalada para cumplir la condición anterior.

### 3.3 Medidas térmicas

Las medidas térmicas realizadas se han centrado en el registro de temperatura y humedad en una estancia representativa del centro.

#### 3.3.1 Registradores de temperatura y humedad

Las condiciones interiores de diseño de la temperatura operativa y la humedad relativa fijadas por el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) figuran en la instrucción técnica IT 1.1.4.1.2. de acuerdo a la siguiente tabla:

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

Tabla 18 Condiciones interiores exigidas por el RITE

### REGISTRO DE INVIERNO

Durante el periodo comprendido entre los días 11/11/2015 y 18/11/2015, se realizaron registros de temperatura y humedad en un espacio calefactado y representativo del centro. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- **Dirección (Planta baja)**

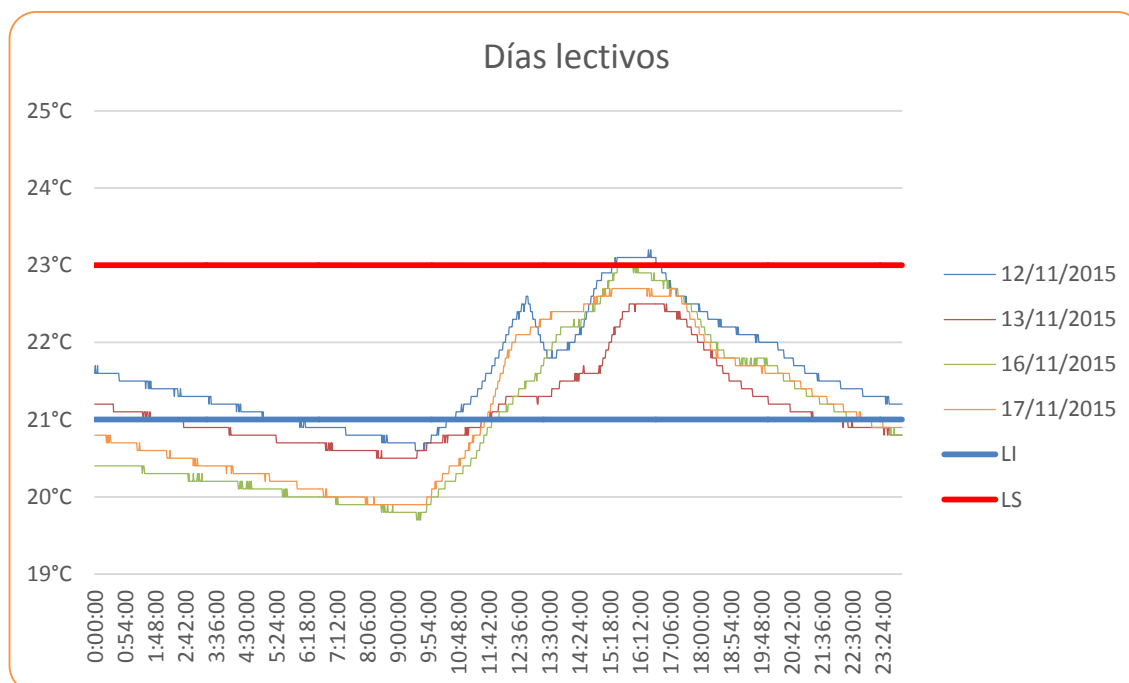


Gráfico 21 Registro de temperatura – INVIERNO – Días lectivos

### Festivos y fines de semana

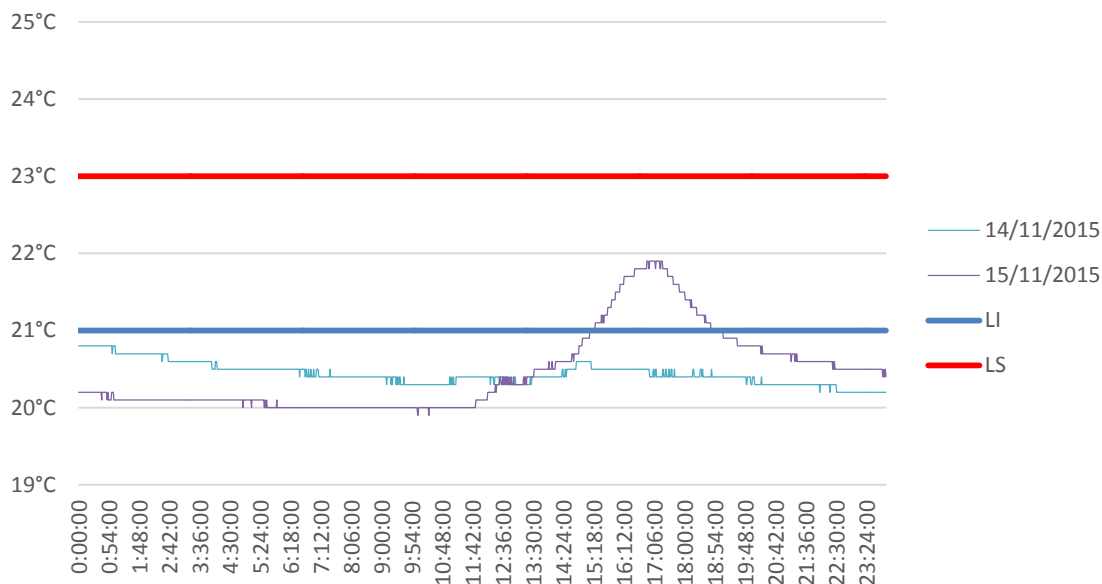


Gráfico 22 Registro de temperatura – INVIERNO – Días festivos

### Días lectivos

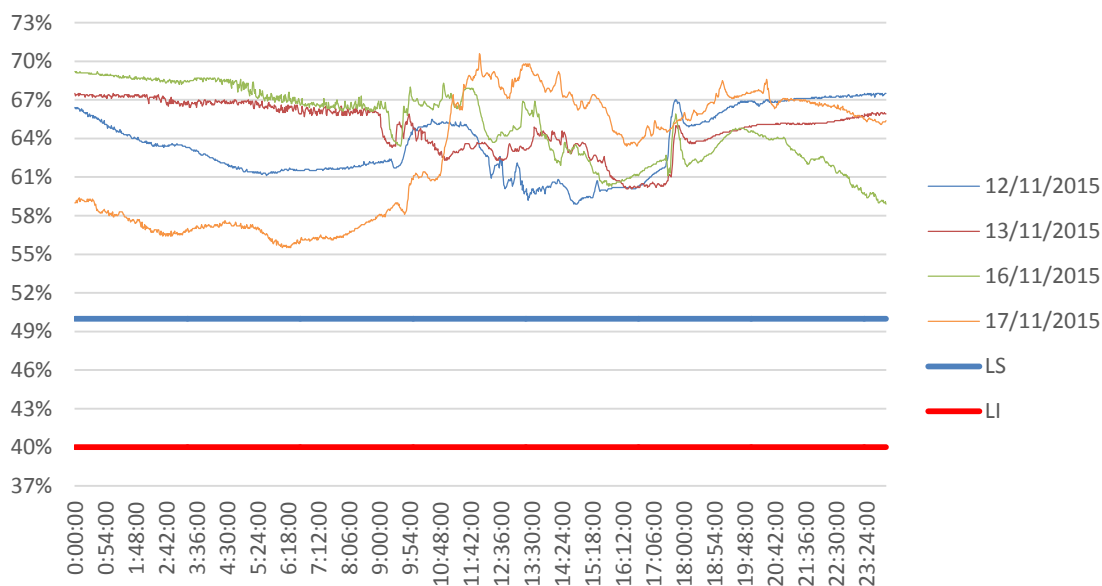
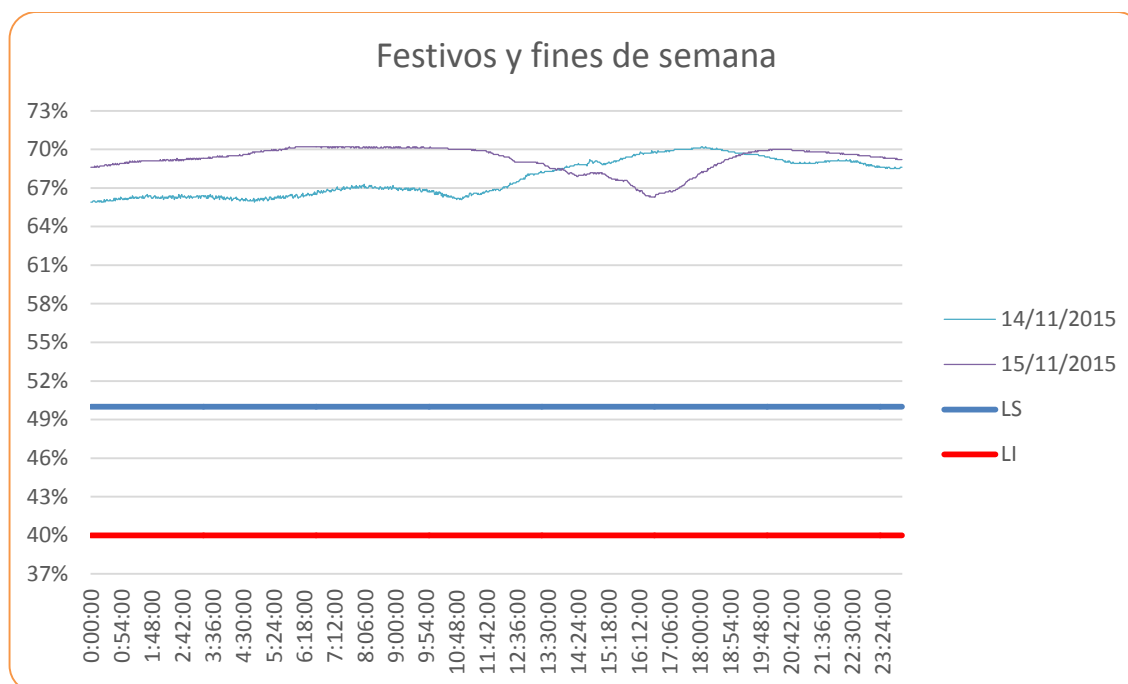


Gráfico 23 Registro de humedad relativa – INVIERNO – Días lectivos



*Gráfico 24 Registro de humedad relativa – INVIERNO – Días festivos*

Esta zona se trata mediante un sistema autónomo de expansión directa tipo BdC (Split 1x1) con unidad exterior ubicada en fachada y unidad interior de pared.

La producción de calor para calefacción se inicia a las 09:45h debido a la activación del sistema de climatización y al aumento de la carga térmica del edificio (iluminación, personas...). La aportación térmica parece adecuada ya que la temperatura se mantiene dentro de los límites normativos (21-23°C) durante todo el periodo de ocupación.

Durante el periodo registrado se aprecia que el día 15/11/2015 permanece activo el sistema de climatización en horario de 11:45-17:25h.

La humedad se sitúa por encima del límite superior requerido por la normativa (50%) durante todo el horario de ocupación, oscilando entre el 55 y 70%.

Las principales conclusiones que se sacan son las siguientes:

- ☐ **Se aprecian aportaciones térmicas suficientes.** En general las temperaturas se encuentran entre los 21°C y los 23°C durante los periodos de ocupación.
- ☐ Se observa como la temperatura sigue la pauta de ocupación del edificio, aumentando desde las 09:00 hasta las 17:00 y a partir de esa hora va disminuyendo.
- ☐ Se han observado **encendidos del sistema de climatización fuera del horario de ocupación**, durante los fines de semana, concretamente el día 15/11/2015 permanece activo el sistema en horario de 11:45-17:25h.
- ☐ No se han observado **encendidos de calefacción en días no lectivo**.

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

### 3.4 Análisis termográfico

El análisis de las diferentes termografías realizadas en el centro se incluye en el anexo correspondiente.

### 3.5 Certificación energética

Tras realizar la certificación energética del edificio se ha obtenido una calificación D.

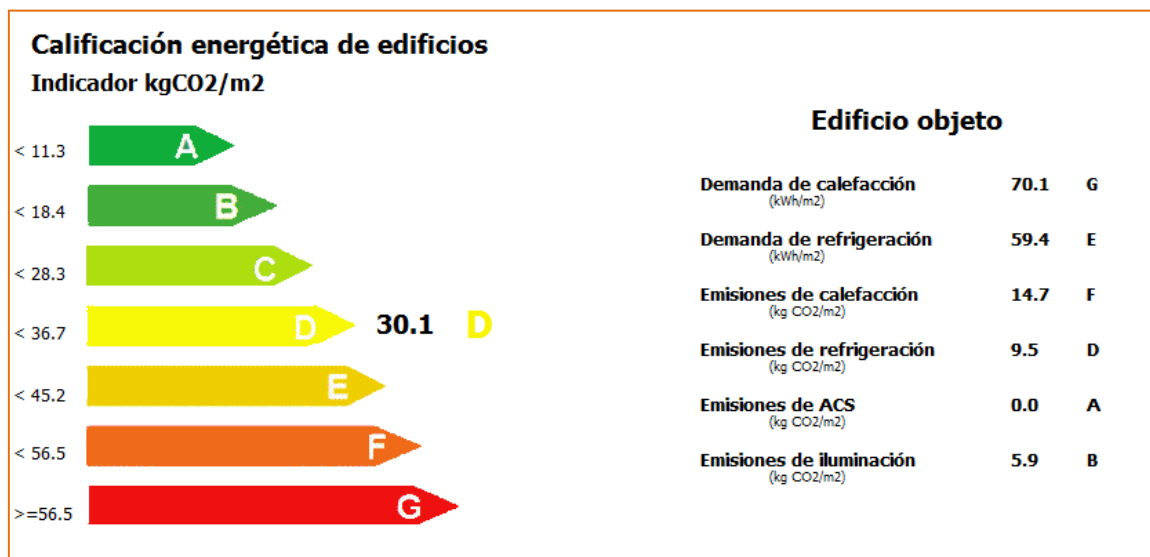


Imagen 10 Etiqueta Certificado Energético

En el anexo correspondiente se adjunta el informe completo de la certificación energética del edificio.

#### 4. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO

##### 4.1 Desglose de consumos eléctricos

Tras realizar un desglose de consumos eléctricos del centro se obtiene una gráfica en la que se recoge el peso de cada uno de los principales consumos:

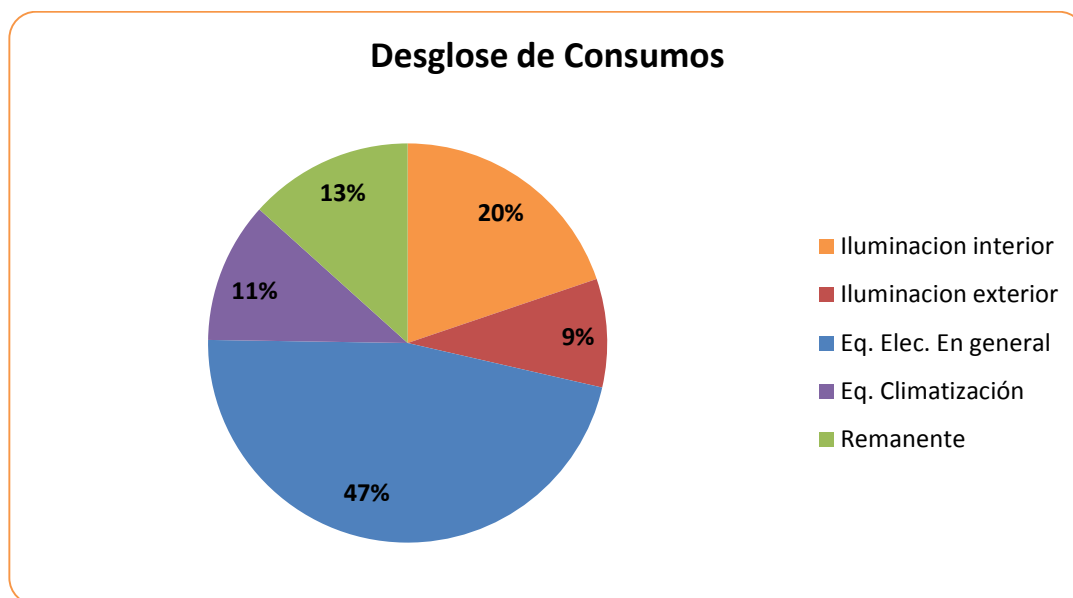


Gráfico 25 Desglose de consumos eléctricos

Los consumos más importantes son los referentes a la iluminación interior, equipos eléctricos y los equipos de climatización alimentados por energía eléctrica.

Por último, aparece en el gráfico un porcentaje “Remanente” que se debe, entre otras cosas, a:

- Equipos eléctricos e iluminación que se puedan quedar encendidos cuando no se están utilizando.
- Aparatos eléctricos que estén a final de su vida útil y consuman más electricidad de la requerida para su funcionamiento normal. Esto puede suceder en neveras con compresores antiguos, balastos electromagnéticos de lámparas, bombas, etc.
- Diferencia entre las horas registradas durante el estudio con los analizadores de redes para la utilización de la iluminación y los equipos eléctricos y las horas de uso a lo largo del año.

Este porcentaje se encuentra en el rango aceptable para una instalación de estas características, pero, según lo explicado anteriormente, se recomienda examinar la instalación para localizar consumos evitables y revisar ciertos comportamientos para intentar reducir en la medida de lo posible este consumo energético.

La siguiente gráfica muestra el consumo estimado en cada periodo frente al facturado, obteniéndose una desviación de alrededor del 1%.

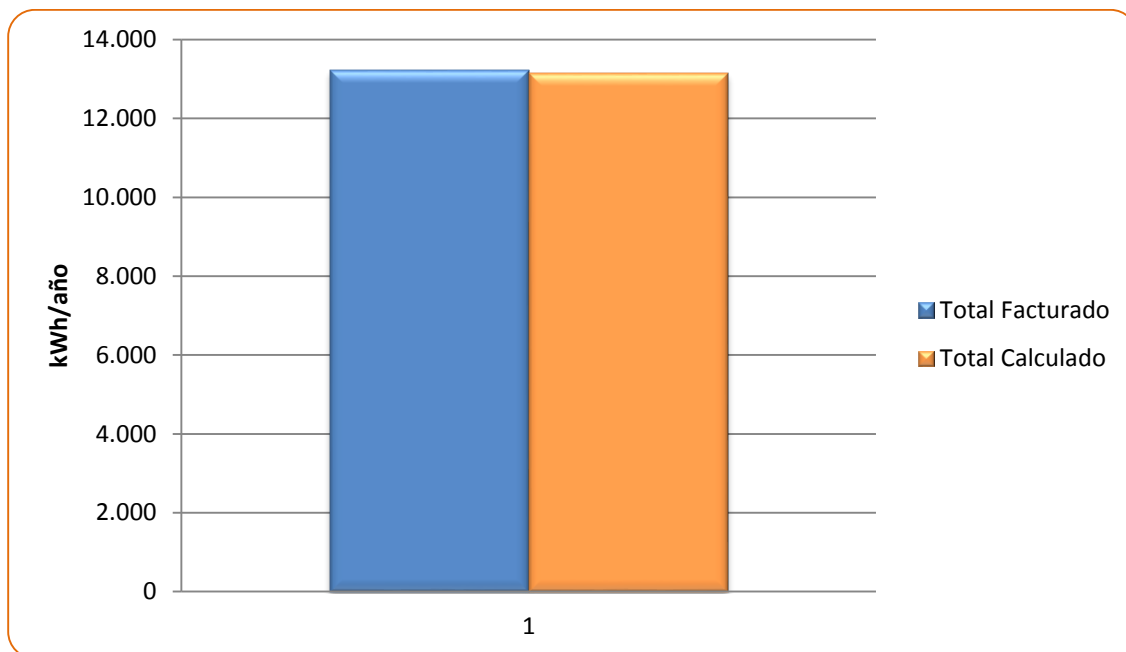


Gráfico 26 Desglose de consumos por periodo

#### 4.2 Desglose de consumos térmicos

Tal y como se menciona en apartados anteriores no existe en el centro suministro directo de combustibles fósiles para la producción térmica.

#### 4.3 Contribución de energías renovables

Actualmente no existe contribución de energías renovables para la producción energética del centro.

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

## 5. ACTUACIONES PROPUESTAS

### 5.1 Sustitución de iluminación existente por tecnología LED

**Descripción actuación:** Utilización de equipos de iluminación eficaces mediante el uso de tecnología LED

#### Descripción de la mejora

Una alternativa a los tubos fluorescentes convencionales son los tubos con fuente de luz led. Este es el método más rápido y sencillo de actualizar las luminarias existentes a tecnología Led pues el tubo encaja directamente en las pantallas estándar.

Entre las ventajas de las lámparas led se encuentran:

- Ahorros de energía de casi un 50% respecto a los tubos fluorescentes convencionales.
- El encendido se produce instantáneamente al 100% de su intensidad sin parpadeos ni periodos de arranque.
- Reducción del deslumbramiento percibido.
- Larga vida media (hasta 50.000h).
- Menor coste de mantenimiento debido a su larga duración.
- Excelente mantenimiento lumínico, sin apenas degradarse por el número de encendidos.
- Tecnología limpia libre de mercurio y contaminantes.



*Imagen 11 Tubo LED*

#### Aplicación de la mejora

Se propone la sustitución de la iluminación existente por tecnología LED.

Para la evaluación económica se han considerado la sustitución de los equipos en todas las lámparas fluorescentes tubulares existentes con balasto electromagnético, seleccionando el tubo led que le corresponde en función de los lúmenes



	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

### Precio de la energía

El precio de la energía así como el número de horas de funcionamiento se ha calculado en función del desglose de consumos realizado para cada periodo. Los datos de partida para el cálculo final se muestran a continuación:

	P1	P2	P3
Condiciones de contratación de energía (€/kWh)	0,08656	0,00000	0,00000
Porcentaje de consumo de iluminación por periodo	100,00%	0,00%	0,00%

Los valores resultantes finales se muestran en la siguiente tabla:

Precio de la energía (cent€/kWh)	10,42286
Precio de la potencia (€/kW y año)	38,04

### Inversión

Al ser ésta una Auditoria en Grado de Inversión, para valorar la implantación de esta mejora se ha pedido presupuesto a los principales fabricantes de lámparas e instaladores eléctricos con el fin de calcular la inversión necesaria y obtener un valor promedio realista, en el que se ha tenido en cuenta tanto el precio material de la inversión como la mano de obra para realizarla.

Con los datos anteriores se obtienen los resultados de la siguiente tabla, donde se presentan los ahorros tanto energéticos como económicos, así como la inversión necesaria y el periodo de retorno simple de la inversión.

Ahorro energético anual			Ahorro económico			Inversión total	Retorno simple	Emisiones CO <sub>2</sub> evitadas
kWh	De la mejora	Del edificio	Por energía	Por potencia	Total	€	Años	Ton/año
	%	%	€/año	€/año	€/año			
1.459	56,14%	11,04%	152,10 €	32,05 €	184,15 €	2.239,55 €	12,16	0,58

### Riesgo en la obtención del ahorro esperado

El principal riesgo es el debido a instalar equipos de baja calidad con una vida útil menor de la esperada o con una alta degradación con el tiempo debido a la mala disipación térmica, por lo que se recomienda el uso de equipos de fabricantes de calidad contrastada.

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

## 5.2 Sustitución de los equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante

### INTRODUCCIÓN

Tal y como se muestra en el apartado dedicado a la descripción de los equipos de producción de frío y calor, el centro consta de equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante.

Durante más de cuarenta años, El R-22 (HCFC-22) ha sido el refrigerante de referencia para los sistemas de bomba de calor y aire acondicionado, sin embargo se ha demostrado que las emisiones a la atmosfera de este refrigerante (principalmente por fugas) contribuyen a la destrucción de la capa de ozono.

En consecuencia, las agencias medioambientales acordaron un calendario para la eliminación total del R-22, obligando a los productores de refrigerante y fabricantes de equipos de climatización a encontrar alternativas menos nocivas. El reglamento de la UE (1005/2009) que controla el uso en la UE de las sustancias que destruyen la capa de ozono, establece que a partir del 1 de enero de 2015 queda prohibida totalmente la utilización de R-22 (nuevo, reciclado o recuperado) en equipos o sistemas.

Esto significa que las unidades con este refrigerante que están actualmente el funcionamiento pueden seguir operativas, pero en caso de fallo por fugas o necesidad de otros servicios, estas unidades no se pueden reparar correctamente.

Las unidades con R-22 tienen una esperanza de vida de 10 años y la mayoría han alcanzado dos tercios de su vida útil por lo que lo más adecuado sería planificar una sustitución anticipada, en lugar de arriesgarse a un mayor coste y largos periodos de inactividad cuando la unidad antigua empiece a funcionar mal. Los fabricantes ofrecen la posibilidad de realizar una reconversión del sistema utilizando un refrigerante sustituto, sin embargo esta opción puede acarrear múltiples inconvenientes:

- Posible mal rendimiento del sistema por falta de control del recalentamiento y subenfriamiento del nuevo refrigerante.
- El aceite mineral utilizado con el R-22 puede crear una barrera térmica en el intercambiador, siendo necesario sustituirlo por otro tipo de aceite.
- Algunos sustitutos directos afectan negativamente a la capacidad y eficiencia del sistema, lo que implica mayor tiempo de funcionamiento del equipo en aplicaciones que funcionan de manera continua.
- Es usual tener que cambiar o reajustar la válvula de expansión.
- Para asegurar la fiabilidad del sistema es necesario realizar diversos ajustes y operaciones de mantenimiento.

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

### **CRITERIOS DE DISEÑO**

De forma general, para la realización de los cálculos se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para equipos de más de 15 kW de capacidad se recomienda, como solución más rentable y menos perjudicial para el medio ambiente, invertir en una reforma completa de la instalación (circuito nuevo) diseñada específicamente para los sustitutos del R22, obteniéndose los siguientes beneficios:
  - Mayor fiabilidad de las nuevas instalaciones.
  - Mayor rendimiento, eficiencia y ahorro de energía.
  - Menores costes de mantenimiento/garantía del sistema.
  - Reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- En el caso de los equipos tipo split 1x1 en el rango de potencias consideradas como domésticas (<15kW), en algunos casos es posible realizar directamente la sustitución de la unidad exterior e interior tras realizar una limpieza con nitrógeno sin tener que reemplazar completamente el circuito de refrigerante, siempre y cuando coincida el diámetro de tubería y teniendo en cuenta que puede reducirse la longitud máxima de tubería entre ambas unidades.
- Las horas de funcionamiento equivalentes en modo calefacción y en modo refrigeración se han determinado mediante la aplicación de factores de carga que responden al horario de funcionamiento de los equipos, al estado actual de los mismos y a la severidad climática (grados día de calefacción HDD-15 y de refrigeración CDD-20) del municipio al que pertenece el centro. El factor de carga en este caso se sitúa en torno al 30-25%. Estas estimaciones se apoyan en las mediciones realizadas en equipos con similares condiciones de funcionamiento.
- El precio medio de la electricidad utilizado es de 0,086556 €/kWh (calefacción) y 0,086556 €/kWh. (refrigeración).
- El rendimiento medio estacional del equipo actualmente instalado se ha determinado partiendo del rendimiento nominal afectado por los siguiente factor reductor (este criterio se corresponde con el propuesto por el IDAE en los programas de certificación energética):
  - Factor de ponderación: Su valor se calcula en base a la tipología del equipo actualmente instalado, al horario de funcionamiento y a la zona climática a la que pertenece el centro.

Intensidad	Fp. Calefacción	Fp. Refrigeración
alta 8h	0,751	0,860

*Tabla 19 Factor de ponderación*

- El dimensionamiento de los nuevos equipos propuestos a sustituir se ha realizado manteniendo la capacidad térmica del equipo actualmente instalado, comprobando que el ratio W/m<sup>2</sup> se adapta a las necesidades de la zona. Las características del nuevo equipo a implantar de deben adaptar a las condiciones técnicas de la instalación existente (por

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

ejemplo en el caso de equipos de conductos con impulsión a rejillas lineales, difusores, toberas, multi-toberas, etc.).

- El rendimiento estacional considerado para los nuevos equipos propuestos es el recogido en la información técnica de los catálogos de las principales marcas calculado según la EN14825.
- Para el cálculo de la inversión se ha solicitado presupuesto a los principales fabricantes de equipos y a empresas instaladoras para obtener un valor promedio realista.

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

### RESUMEN DE PROPUESTAS – Equipos con R-22

A continuación se resumen el ahorro energético y económico, así como el periodo de amortización derivado de la sustitución de los equipos que utilizan R-22 como refrigerante instalados en el centro.

Zona de tratamiento	Tipología de equipo	Horario	Capacidad Frigorífica (kW)	Capacidad Calorífica (kW)	horas anuales equivalentes - Refrig.	horas anuales equivalentes - Calef.	Ahorro energético (kWh)	Ahorro energético (%)	Ahorro económico (€)	Emisiones evitadas (tn CO2)	Inversión (€)	Periodo de retorno simple (años)	Actuación propuesta
Aulas (de la 1 a la 9 y aula de apoyo)	Sistema autónomo de expansión directa tipo Bdc - Split	08:30-14:00/16:00-18:00	12,10	13,50	76	67	236,01	32,4%	21,47	0,09	3.622,20	168,69	NO
Aulas (de la 1 a la 9 y aula de apoyo)	Sistema autónomo de expansión directa tipo Bdc - Split	08:30-14:00/16:00-18:01	9,50	10,80	76	71	162,03	40,5%	14,74	0,06	3.237,80	219,64	NO

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

## RESUMEN DETALLADO

**AULAS 1-9 Y AULA DE APOYO – Autónomo de expansión directa tipo bomba de calor – Split 1x1**  
**- Conductos**

Equipo	Capacidad de Refrigeración (kW)	Capacidad de Calefacción (kW)	EER	COP	SEER	SCOP
Actual	13,00	14,30	2,55	2,80	2,19	2,11
Propuesto	12,10	13,50	3,01	3,41	3,01	3,41

Tabla 20 Características de los equipos a sustituir

Capítulo	Descripción	Presup.
Producción Tratamiento Distribución térmica Instalación eléctrica y de control Mano de obra	Unidad Exterior	1.219,40 €
	Unidad interior	987,35 €
	Circuito frigorífico y conductos de distribución de aire	640,60 €
	Instalación eléctrica y de control	174,85 €
	Mano de obra, puesta en marcha y servicios auxiliares	600,00 €
	<b>TOTAL</b>	<b>3.622,20 €</b>

Tabla 21 Resumen de inversión

Demanda		Consumo eléctrico		Ahorro		Inversión	Periodo retorno simple
Calefacción	Refrigeración	Actual	Propuesto				
(kWh/año)	(kWh/año)	(kWh/año)	(kWh/año)	kWh/año	€/año	€	años
719,53	849,68	729,30	493,29	236,01	21,47	3.622,20	168,69

Tabla 22 Ahorros energéticos y económicos

Ahorro energético anual		Ahorro económico	Inversión total	Retorno simple	Emisiones CO <sub>2</sub> evitadas
kWh	% <sup>1</sup>	€/año	€ <sup>2</sup>	años	Ton/año
<b>236,01</b>	32,4%	21,47	3.622,20	168,69	0,09

Tabla 23 Resumen de resultados principales obtenidos

**Al tratarse de una medida de ahorro energético que supera los 10-12 años de periodo de amortización, en estas condiciones no se considera incluirla como mejora propuesta.**

<sup>1</sup> Sobre el consumo eléctrico anual

<sup>2</sup> Todos los precios son sin IVA

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

**AULAS 1-9 Y AULA DE APOYO – Autónomo de expansión directa tipo bomba de calor – Split 1x1**  
**- Conductos**

Equipo	Capacidad de Refrigeración (kW)	Capacidad de Calefacción (kW)	EER	COP	SEER	SCOP
Actual	8,30	9,00	2,96	3,40	2,55	2,55
Propuesto	9,50	10,80	3,21	3,61	4,81	3,81

Tabla 24 Características de los equipos a sustituir

Capítulo	Descripción	Presup.
Producción Tratamiento Distribución térmica Instalación eléctrica y de control Mano de obra	Unidad Exterior	1.147,25 €
	Unidad interior	722,80 €
	Circuito frigorífico y conductos de distribución de aire	592,90 €
	Instalación eléctrica y de control	174,85 €
	Mano de obra, puesta en marcha y servicios auxiliares	600,00 €
	<b>TOTAL</b>	<b>3.237,80 €</b>

Tabla 25 Resumen de inversión

Demanda		Consumo eléctrico		Ahorro		Inversión	Periodo retorno simple
Calefacción	Refrigeración	Actual	Propuesto				
(kWh/año)	(kWh/año)	(kWh/año)	(kWh/año)	kWh/año	€/año	€	años
478,49	542,49	400,40	238,37	162,03	14,74	3.237,80	219,64

Tabla 26 Ahorros energéticos y económicos

Ahorro energético anual		Ahorro económico	Inversión total	Retorno simple	Emisiones CO <sub>2</sub> evitadas
kWh	% <sup>3</sup>	€/año	€ <sup>4</sup>	años	Ton/año
<b>162,03</b>	40,5%	14,74	3.237,80	219,64	0,06

Tabla 27 Resumen de resultados principales obtenidos

**Al tratarse de una medida de ahorro energético que supera los 10-12 años de periodo de amortización, en estas condiciones no se considera incluirla como mejora propuesta.**

<sup>3</sup> Sobre el consumo eléctrico anual

<sup>4</sup> Todos los precios son sin IVA

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

## 6. MEJORAS RECOMENDADAS

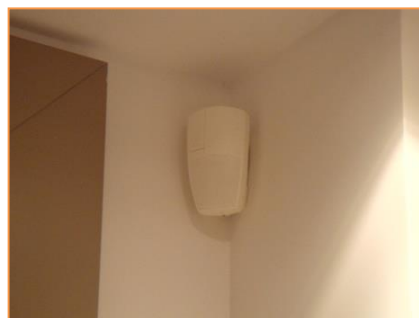
### 6.1 Sistemas de regulación y control de la iluminación interior

**Descripción actuación:** Instalación de detectores de presencia en estancias de uso intermitente. Aprovechamiento de la luz natural mediante la utilización de sensores de luz

#### Descripción de la medida

**Los detectores de presencia**, también llamados detectores de movimiento o interruptores de proximidad, sirven para conectar o desconectar la iluminación de cualquier espacio en función de la existencia o no de personas en el mismo.

Con esto se logra que el control de encendido y apagado se realice automáticamente, sin que ninguna persona tenga que accionarlo, de manera que solamente permanecerá encendido un interruptor cuando realmente se requiere que la estancia esté iluminada, logrando a su vez un ahorro energético que puede llegar a ser importante.



*Imagen 12 Detectores de presencia*

Concretando, algunas de las ventajas de estos interruptores de proximidad son:

- ☐ Ahorro de energía y disminución del gasto como consecuencia de una mejora en el control de la instalación de la luz.
- ☐ En grandes superficies reducen la necesidad de supervisión de los locales, dedicación de personas al control del alumbrado y resulta más fiable.
- ☐ Como la inversión para adquirir e instalar estos detectores no es muy alta, rápidamente se rentabiliza su compra.
- ☐ Pueden aplicarse al control de cualquier otra instalación energética susceptible de ser independizada por locales, como la calefacción, el aire acondicionado, etc.
- ☐ Mínimo mantenimiento.

Las modernas soluciones en el campo de la iluminación tienen en cuenta la aportación de luz natural en las instalaciones con la intención de ahorrar energía y a la vez costes de explotación. En los **sistemas con regulación de la iluminación en función de la luz natural**, los sensores miden constantemente la cantidad de luz que hay en la sala y reducen la cantidad de luz artificial producida por las lámparas que están funcionando con Equipos de Conexión Electrónicos regulables, de forma que siempre se mantiene un nivel de iluminación predefinido en la sala. Con



	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

ello no sólo se puede ahorrar energía en los días soleados, sino que también se puede aprovechar la luz diurna en los días nublados.

El sensor se debe montar sobre una superficie de referencia (por ejemplo un escritorio), de forma que reciba fácilmente la luz reflejada en la superficie (luz que será mezcla de luz artificial y luz natural). Se debe evitar una iluminación directa de la luz del sol o de posibles reflejos muy intensos de la luz de sol (como por ejemplo, desde el alféizar de la ventana) ya que se pueden dar desviaciones en la regulación. Por la misma razón se debe de respetar una distancia adecuada.

#### Aplicación de la mejora

Para el cumplimiento del documento HE3 “Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación” del CTE, es necesario disponer de sistemas de regulación y control de la iluminación interior que cumplan las siguientes condiciones:

- Sistemas de detección de presencia o sistemas de temporización en zonas de uso esporádico.
- Sistemas de aprovechamiento de luz natural que regulen el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural.

#### Ahorro energético

El potencial de ahorro con la utilización de sistemas de gestión de iluminación, como pueden ser sensores de luz, es de hasta un 60% del consumo de iluminación de las zonas controladas.

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

## 6.2 Sustitución de los equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante

Como puede comprobarse en el apartado dedicado a la descripción de los equipos de producción de frío y calor, el centro cuenta con equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante.

Durante más de cuarenta años, El R-22 (HCFC-22) ha sido el refrigerante de referencia para los sistemas de bomba de calor y aire acondicionado, sin embargo se ha demostrado que las emisiones a la atmosfera de este refrigerante (principalmente por fugas) contribuyen a la destrucción de la capa de ozono.

En consecuencia, las agencias medioambientales acordaron un calendario para la eliminación total del R-22, obligando a los productores de refrigerante y fabricantes de equipos de climatización a encontrar alternativas menos nocivas. El reglamento de la UE (1005/2009) que controla el uso en la UE de las sustancias que destruyen la capa de ozono, establece que a partir del 1 de enero de 2015 queda prohibida totalmente la utilización de R-22 (nuevo, reciclado o recuperado) en equipos o sistemas.

Esto significa que las unidades con este refrigerante que están actualmente el funcionamiento pueden seguir operativas, pero en caso de fallo por fugas o necesidad de otros servicios, estas unidades no se pueden reparar correctamente.

Las unidades con R-22 tienen una esperanza de vida de 10 años y la mayoría han alcanzado dos tercios de su vida útil por lo que lo más adecuado sería planificar una sustitución anticipada, en lugar de arriesgarse a un mayor coste y largos periodos de inactividad cuando la unidad antigua empiece a funcionar mal. Los fabricantes ofrecen la posibilidad de realizar una reconversión del sistema utilizando un refrigerante sustituto, sin embargo esta opción puede acarrear múltiples inconvenientes:

- Posible mal rendimiento del sistema por falta de control del recalentamiento y subenfriamiento del nuevo refrigerante.
- El aceite mineral utilizado con el R-22 puede crear una barrera térmica en el intercambiador, siendo necesario sustituirlo por otro tipo de aceite.
- Algunos sustitutos directos afectan negativamente a la capacidad y eficiencia del sistema, lo que implica mayor tiempo de funcionamiento del equipo en aplicaciones que funcionan de manera continua.
- Es usual tener que cambiar o reajustar la válvula de expansión.
- Para asegurar la fiabilidad del sistema es necesario realizar diversos ajustes y operaciones de mantenimiento.

Por estos motivos, como solución más rentable y menos perjudicial para el medio ambiente, en esta auditoría se recomienda invertir en una reforma completa de la instalación (circuito nuevo) diseñada específicamente para los sustitutos del R22, obteniéndose los siguientes beneficios:

- Mayor fiabilidad de las nuevas instalaciones.
- Mayor rendimiento, eficiencia y ahorro de energía.
- Menores costes de mantenimiento/garantía del sistema.
- Reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO2).

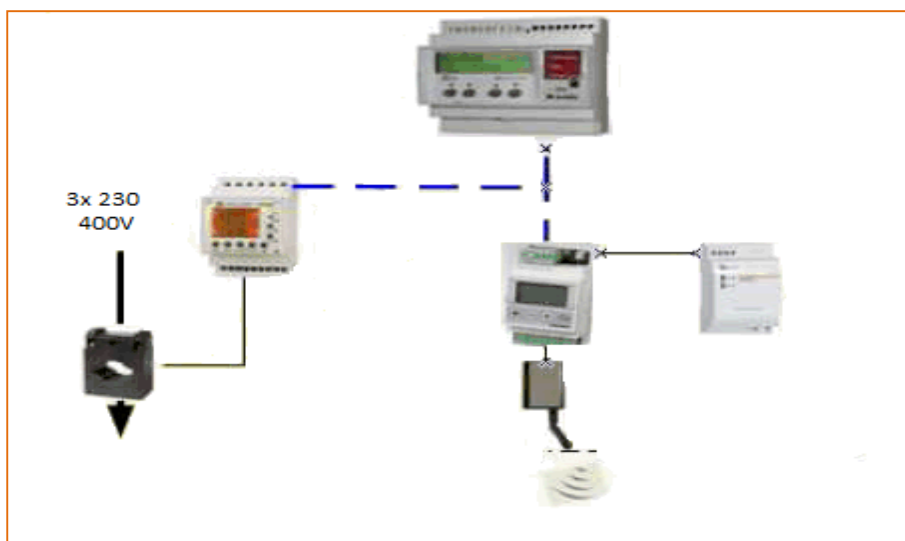
	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

### 6.3 Implantación de un sistema de monitorización y control

#### Descripción de la mejora

Se propone la implantación de un sistema de monitorización y control con el fin de que los parámetros principales de consumo térmico y eléctrico sean accesibles tanto para el responsable de los edificios como para el posible gestor energético que se haga cargo de su mantenimiento y explotación. Es una forma de facilitar la gestión por parte de la Empresa de Servicios Energéticos y el control por parte del Ayuntamiento.

El sistema contará con un gestor energético que será el eje sobre el que se montará el sistema de monitorización y control, el cual debe contar con un servidor web y XML integrado, además de un pequeño SCADA integrado que permitirá algunas acciones de control y programación del módulo, con comunicación mediante protocolo abierto (RS485 Modbus o similar) para la colección de datos y entradas digitales para otras señales como contadores de pulsos o señales de estado.



*Imagen 13 Esquema de sistema de monitorización*

El equipo permitirá la comunicación con el sistema de control, gestión de datos y operación superior a través de Ethernet o, en caso de no haber conexión, vía 3G que comunicaría a través de la red telefónica, por lo que es imprescindible que los protocolos de comunicación estén perfectamente definidos y sean abiertos. El sistema debe ser escalable, de forma que, en un futuro, se puedan ampliar el número de puntos de control o instalar sistemas compatibles de control específico adicionales.

#### Aplicación de la mejora

Los parámetros mínimos a controlar serán la acometida eléctrica principal, el consumo eléctrico y térmico de la sala de calderas, en caso de existir, y dos sondas de temperatura ambiente en zonas significativas del edificio. Por lo tanto, al gestor energético irán conectados los diversos analizadores de redes que tomarán los datos de la instalación. Siempre que fuera posible, los datos de pulsos de los contadores de combustible y las sondas de temperatura se llevarán

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

directamente a este equipo a través de cable. En cualquier otro caso se hará la comunicación a través de equipos inalámbricos que se comunicarán con un concentrador de señales que irá conectado al gestor energético.

Se contemplará la posibilidad de incorporar un autómata para soluciones más complejas de control, como apagado y rearmado de interruptores en el cuadro principal, control de sistemas de calefacción y climatización a través de las temperaturas en aquellos equipos que lo permitan.

#### **Beneficios de la instalación**

Los beneficios de la implantación de este sistema incluyen el control en tiempo real, la configuración de alarmas para consumos excesivos o no deseados, la elaboración de curvas de carga del edificio, el control de facturación, la posibilidad telegestión de los puntos más importantes de la instalación y la disponibilidad de datos necesarios para la detección de ineficiencias y elaboración de estrategias de explotación acordes con la filosofía de eficiencia energética.

#### **Inversión**

Al tratarse de una auditoria en grado de inversión, para el cálculo de la inversión necesaria para la aplicación de esta mejora se ha solicitado presupuesto a los principales fabricantes de sistemas de monitorización y control para establecer un valor promedio realista en el que se ha tenido en cuenta tanto el precio material de la inversión como la mano de obra para realizarla.

El coste de implantación de este sistema dependerá de las variables a controlar con un coste económico mínimo estimado de 1.500 €.

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

#### 6.4 Aumento del número de puntos de luz

##### Descripción de la mejora

Se propone la instalación de nuevos puntos de luz en algunas de las estancias del edificio dado que los niveles de iluminancia media registrados son demasiado bajos, y la mejora de tecnología referente a la luminaria y a la lámpara no sería suficiente para cumplir con los valores recomendados.

##### Aplicación de la mejora

Se deberá aumentar el número de puntos de luz de las estancias, instalando nuevas luminarias con características técnicas mejores que las actuales, con el fin de mejorar la iluminancia de las estancias con déficit de aporte lumínico.

##### Beneficios de la instalación

Las estancias con niveles excesivamente bajos que no cumplen con normativa, mejoran los niveles de iluminancia medidos sobre plano, y aumentaran el confort de las estancias, aparte de cumplir con las recomendaciones de la normativa actual.

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

## **7. PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

### **7.1 Energía solar térmica**

En los centros docentes la instalación de sistemas de aprovechamiento de la energía solar térmica es una medida ejemplarizante y educativa del uso de este tipo de energías y de la preocupación y cuidado por el medio ambiente.

A continuación se resumen las consideraciones generales a tener en cuenta en este caso:

- Sólo existe demanda durante los meses lectivos, que coinciden con los meses de menor radiación solar, lo cual disminuye el rendimiento y el ahorro proporcionado por la instalación.
- La demanda de ACS es muy baja. El CTE establece un consumo medio diario por persona a 60°C de 3 litros/persona-día, lo que conlleva instalaciones de pocos captadores solares.
- Debido a que en los meses de verano los centros permanecen cerrados, es necesario implementar algún sistema para disipar la energía generada durante esos meses para evitar el deterioro o incluso averías de los captadores solares.


Desde el punto de vista únicamente de viabilidad económica, debido a la baja demanda de ACS en el centro, con producción local en termo-acumuladores eléctricos ubicados en las proximidades de los puntos de consumo, y a que el uso es fundamentalmente en los meses de invierno, la implantación de estos sistemas presentan periodos de retorno altos, por este motivo no se considera su instalación.

### **7.2 Biomasa**

La producción térmica para la calefacción del centro consta de sistemas tipo bomba de calor de expansión directa y radiadores con batería de calentamiento mediante resistencia eléctrica, por lo que, para implantar la biomasa como contribución de energías renovables, la instalación requeriría de una reforma integral para poder adaptarse a las condiciones de funcionamiento de una instalación de este tipo.

Por otra parte, los condicionantes a tener en cuenta son los siguientes:

- Debido al bajo número de horas de funcionamiento de la calefacción el periodo de retorno simple de la inversión sería elevado.
- La implantación de esta mejora sirve como actuación ejemplarizante y educativa sobre las energías renovables y la protección del medio ambiente. Esta circunstancia se ve acentuada por la mejora en calificación energética.
- Se considera una opción a tener en cuenta al sustituir la caldera existente si se dan las condiciones adecuadas de acceso del camión de suministro y hay espacio suficiente en la

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN</b>	<b>1306</b>
		<b>37</b>
		<b>Rev.04</b>

sala de calderas para el almacenamiento de combustible. En este caso, no existe sala de calderas y podrían existir limitaciones de acceso.

Desde el punto de vista de viabilidad económica, donde la implantación de estos sistemas presenta periodos de retorno altos, junto con las limitaciones de acceso y que la instalación actual no se adaptaría directamente a las condiciones de funcionamiento de una instalación de biomasa tradicional, no se considera su instalación.

### **7.3 Fotovoltaica - Autoconsumo**

Actualmente, las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo están reguladas mediante el Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre de 2015. En el apartado 5 se resumen los principales aspectos a tener en cuenta.

Entre los condicionantes principales que tendrían que cumplir los edificios o instalaciones para hacer viable una instalación fotovoltaica de autoconsumo que se adapte a los requisitos recogidos en el Real Decreto 900/2015, están los siguientes:

- Curva de carga del edificio continua y uniforme durante la mayor parte de los días del año. Maximizar el autoconsumo de la generación fotovoltaica.
- Espacio disponible para la ubicación de los módulos fotovoltaicos.

Por lo tanto, al no cumplirse estos condicionantes, no se aconseja la implantación de energía solar fotovoltaica en este centro.

## 8. RESUMEN

A continuación se presenta una tabla resumen incluyendo todos los ahorros e inversiones asociadas a la implantación de las mejoras propuestas en esta auditoría:

Propuestas de Mejora	Ahorro energético anual		Ahorro económico	Inversión total	Retorno simple	Emisiones CO <sub>2</sub> evitadas
	kWh	% <sup>5</sup>	€/año	€ <sup>6</sup>	años	Ton/año
Sustitución de iluminación existente por tecnología LED	1.459	11,04%	184,15 €	2.239,55 €	12,16	0,58
<b>TOTAL ELÉCTRICAS</b>	<b>1.459</b>	<b>-</b>	<b>184,15</b>	<b>2.239,55</b>	<b>12,16</b>	<b>0,58</b>

Tabla 28 Resumen de resultados de las actuaciones propuestas

En el apartado de **instalaciones térmicas**, no se incluye la sustitución de los equipos de climatización con R-22 como refrigerante, desarrollada en el apartado correspondiente, porque presenta un periodo de retorno superior a 10-12 años. Aun así se aconseja su renovación en el apartado de mejoras recomendadas.

Entre las **mejoras recomendadas** se pueden enumerar:

- Implantación de sistemas de regulación y control de la iluminación interior en zonas de uso intermitente como pasillos y aseos.
- Sustitución de los equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante.
- En el marco de la integración actual de las soluciones TIC asociadas a la gestión y control de consumos de edificios, se propone la implantación de un sistema de monitorización y control con el fin de que los parámetros principales de consumo tanto térmico como eléctrico sean accesibles tanto para el responsable de los edificios como el posible gestor energético que se haga cargo de su mantenimiento y explotación.

<sup>5</sup> Sobre el consumo eléctrico o térmico anual

<sup>6</sup> Todos los precios son sin IVA