



## INFORME

# AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA

*(C.E.I.P. Vicente Aleixandre)*

Nº OFERTA	CO_1306
Nº INFORME	IN_1306_29_20160301

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.....	7
1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS.....	8
1.4.1 Producción de ACS .....	8
1.4.2 Producción de frío y calor para climatización .....	9
1.4.3 Unidades Terminales.....	10
1.5 Iluminación.....	13
1.5.1 Iluminación interior .....	14
1.5.2 Iluminación exterior .....	15
1.5.3 Sistemas de control .....	16
1.5.4 Condiciones de funcionamiento.....	16
1.6 Otros equipos .....	17
1.7 Resumen de potencias instaladas .....	20
<b>2. CONSUMOS ANUALES.....</b>	<b>21</b>
2.1 Consumos eléctricos .....	21
2.2 Consumos térmicos.....	24
2.3 Consumos energéticos totales .....	24
2.4 Índices energéticos.....	24
2.4.1 Índices energéticos eléctricos .....	24
2.4.2 Índices energéticos térmicos.....	24
<b>3. MEDICIONES REALIZADAS.....</b>	<b>25</b>
3.1 Medidas eléctricas.....	25
3.1.1 Registros trifásicos .....	25
3.1.2 Registros monofásicos.....	28
3.2 Medida de nivel de iluminación .....	30
3.3 Medidas térmicas.....	32
3.3.1 Registradores de temperatura y humedad .....	32
3.4 Análisis termográfico.....	35
3.5 Certificación energética .....	35
<b>4. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO .....</b>	<b>36</b>
4.1 Desglose de consumos eléctricos.....	36

4.2	Desglose de consumos térmicos .....	37
4.3	Contribución de energías renovables .....	37
<b>5.</b>	<b>ACTUACIONES PROPUESTAS .....</b>	<b>38</b>
5.1	Sustitución de iluminación existente por tecnología LED .....	38
5.2	Ajuste de la potencia eléctrica contratada .....	40
5.3	Instalación de batería de condensadores .....	42
<b>6.</b>	<b>MEJORAS RECOMENDADAS .....</b>	<b>44</b>
6.1	Sistemas de regulación y control de la iluminación interior .....	44
6.2	Implantación de un sistema de monitorización y control.....	46
<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>

## 1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y RESUMEN DE INVENTARIO

### 1.1 Datos generales del centro

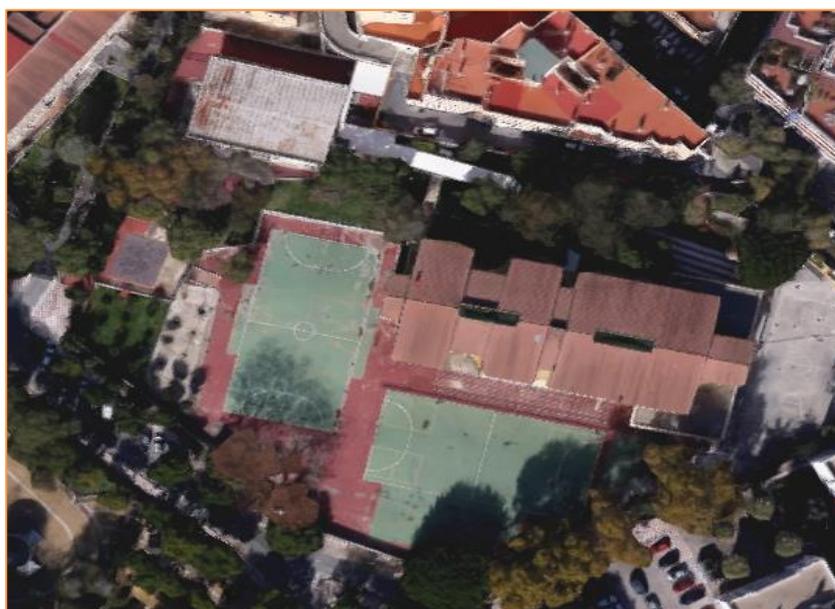
Denominación del Centro	CEIP VICENTE ALEIXANDRE
Dirección	C/ San Antonio s/n. Bda Santa Marta.29601. Marbella
Tipo de edificio	Centro Educativo
Persona de Contacto (Nombre, tlf, email)	Paulino (Conserje): 952 776544
Número de edificios	2
Referencia Catastral	1430105UF3413S

*Tabla 1 Resumen datos generales*

Las instalaciones del **CEIP Vicente Aleixandre** que se han auditado se encuentran situadas en la **Calle San Antonio** en la localidad de **Marbella**.



*Imagen 1 Vista general del CEIP Vicente Aleixandre*



*Imagen 2 Vista aérea del CEIP Vicente Aleixandre*

EDIFICIO	Nº plantas	Superficie Util	Nº personas	Horario	Año de construcción	Año última reforma	Reformas realizadas
Edificio principal	4	1809,19	520	*	1981	2015	Instalación Ascensor
Edificio 2	2	319,53	218	*	1981	-	-

*Tabla 2 Resumen de horario, usos y datos constructivos*

\*Durante el periodo lectivo, el horario del edificio principal es 7:30-20:00 h y en verano de 8:00 a 14:00h, salvo en Agosto, que permanece cerrado. El edificio secundario abre solo de Septiembre a Junio y en horario de mañana, de 8:00-14:00h, siendo ocupado de 16:00 a 20:00h por las limpiadoras.

EDIFICIO	Nº personas	Horario de funcionamiento	Uso
Administración	5	8:00-14:00	Administrativo
Aulas	738	7:30-14:00	Aulas
Zona deportiva		16:00-20:00	Deportivo
Comedor	200	13:45-15:00	Cocina

*Tabla 3 Ocupación y horario por zonas y actividades del Edificio*

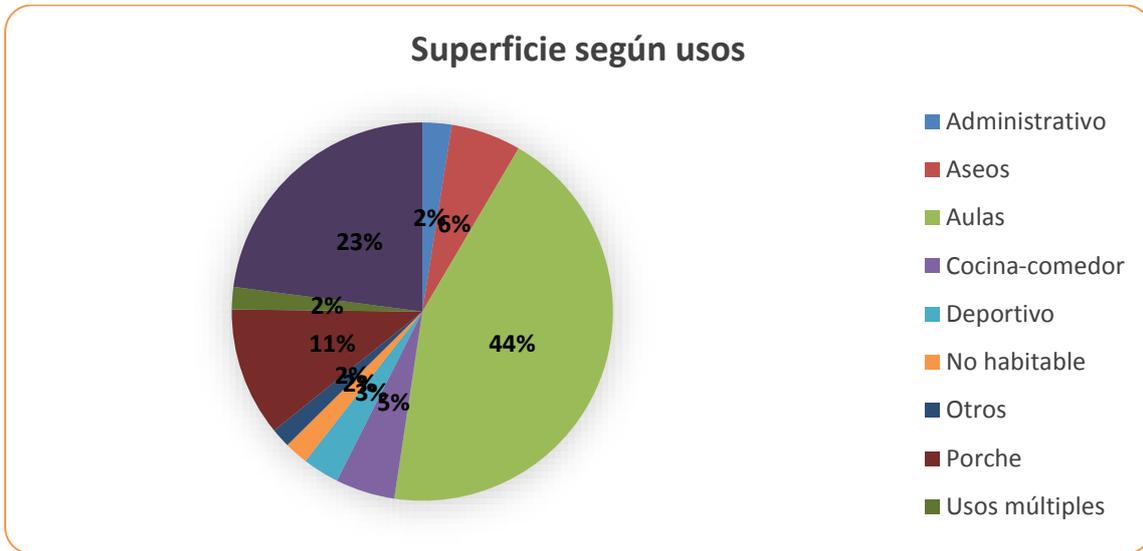
### 1.2 Planos y distribución

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

USO	Planta 0	Planta 1	Planta 2	Planta -1	Sup. Total (m <sup>2</sup> )
Administrativo	94	11	--	--	104
Aseos	108	77	51	14	251
Aulas	404	768	628	50	1.849
Cocina-comedor	212	--	--	--	212
Deportivo	--	--	--	131	131
No habitable	55	21	5	4	85
Otros	62	2	6	--	70
Porche	--	--	--	463	463
Usos múltiples	80	--	--	--	80
Zonas comunes	387	283	243	52	964
Sup. Total (m <sup>2</sup> )	1.401	1.161	933	714	4.209

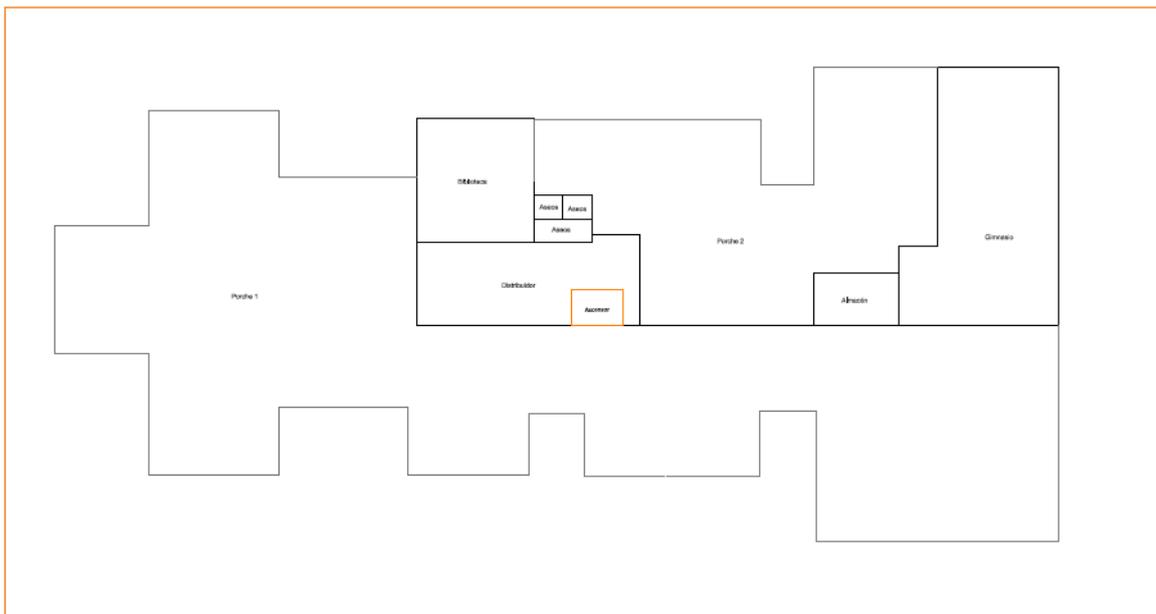
*Tabla 4 Distribución de Superficie por usos*

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 44% 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 23%.



*Gráfico 1 Superficie según Usos*

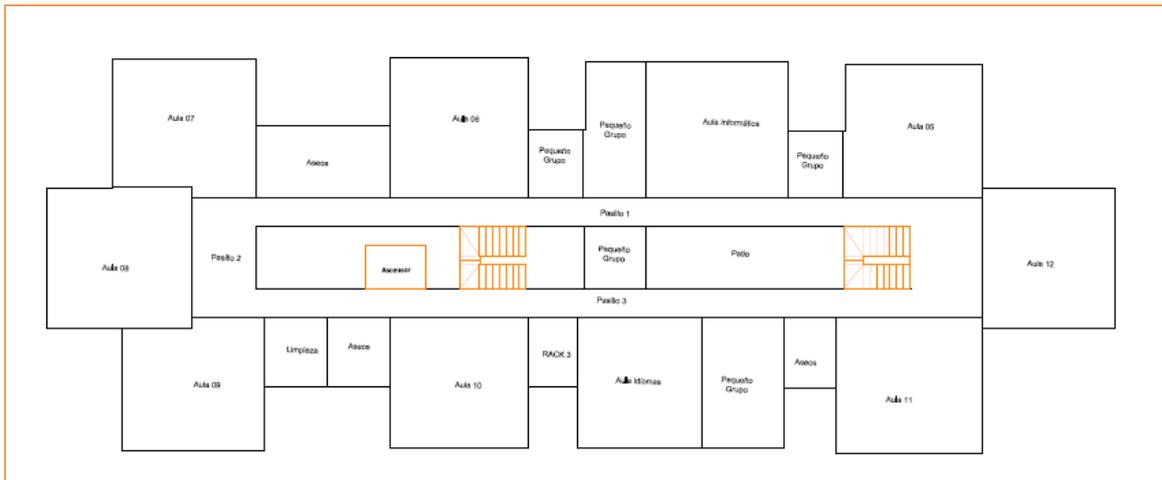
A continuación se muestran los planos por planta de la instalación:



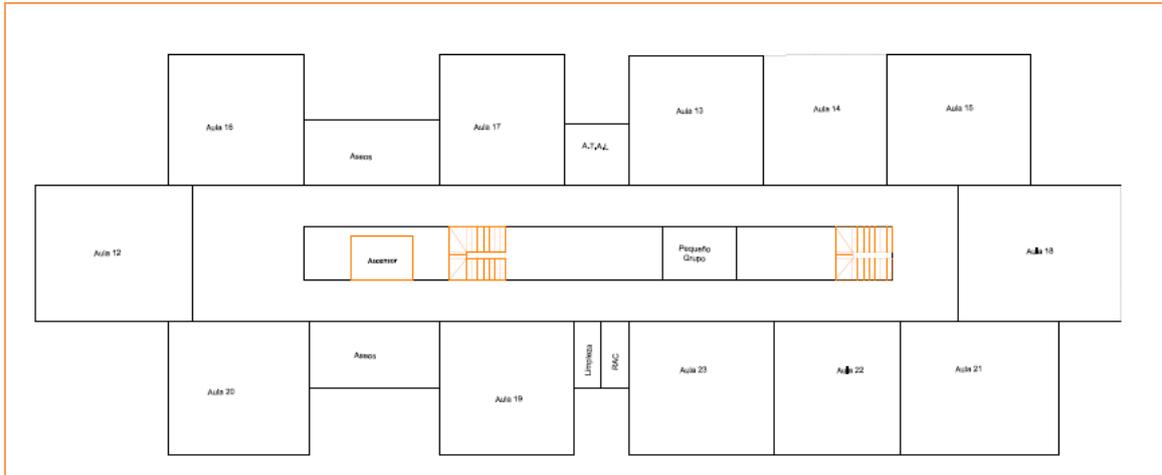
*Plano 1 Planta sótano*



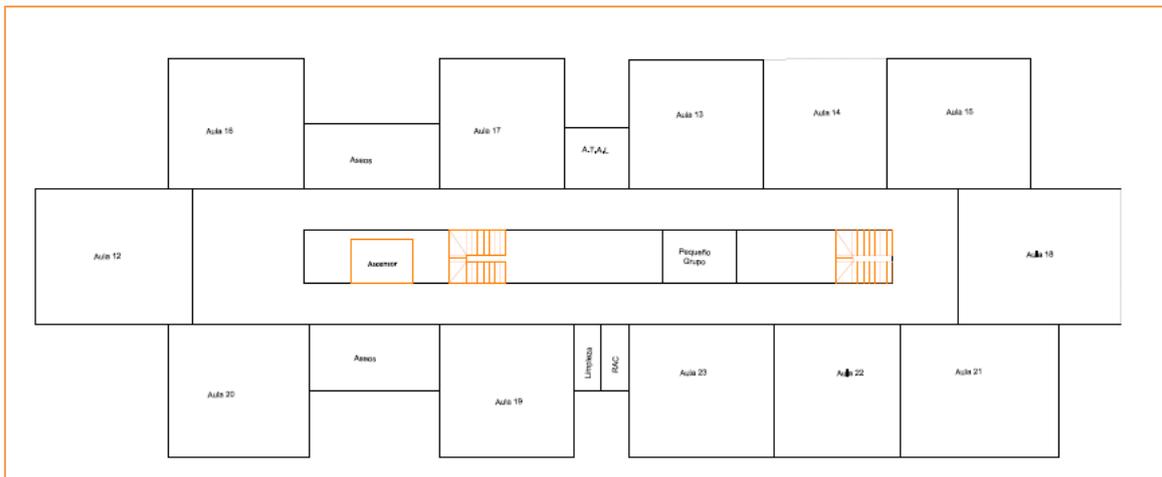
*Plano 2 Planta Baja*



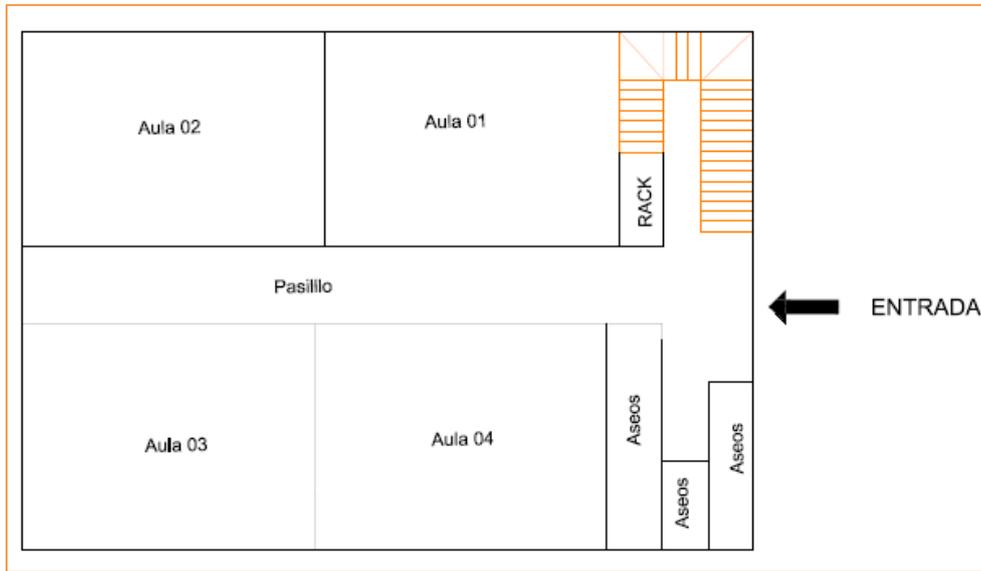
*Plano 3 Planta primera*



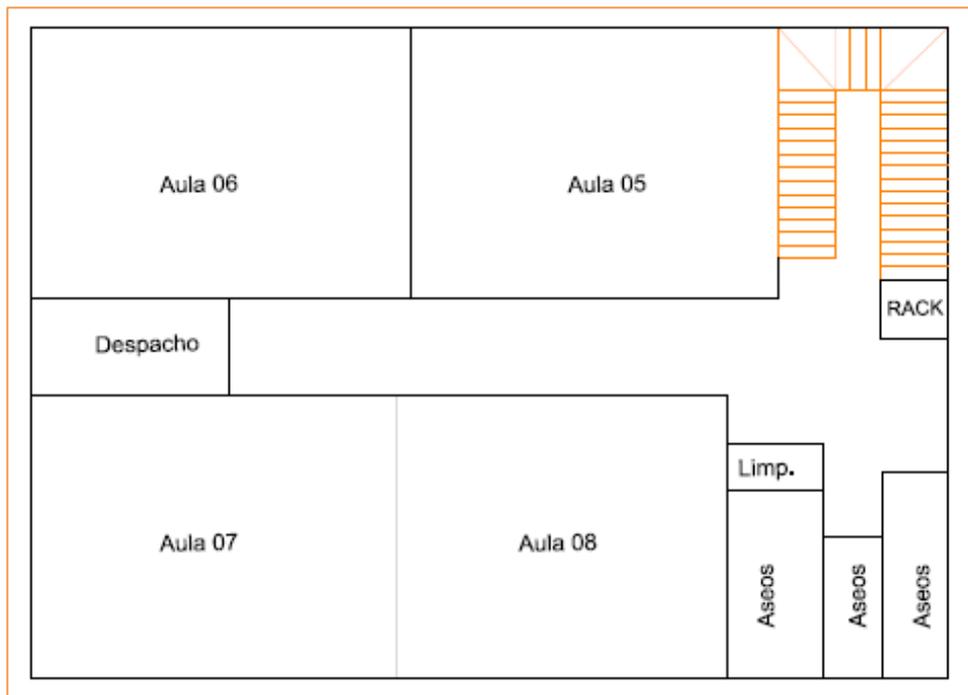
*Plano 4 Planta segunda*



*Plano 5 Planta tercera*



*Plano 6 Planta baja anexo*



*Plano 7 Planta primera anexo*

### 1.3 Envoltente y cerramientos

En 1977 el gobierno decidió crear un marco unificado para toda la normativa relacionada con la edificación; es así como las normas MV se transformaron en las Normas Básicas de la Edificación (NBE).

Como desarrollo operativo de dichas normas, se elaboraron las Normas Tecnológicas de la Edificación, con especificaciones sin carácter de obligado cumplimiento.

Las normas que regulaban la envoltente térmica y los cerramientos eran:

NBE CA: Condiciones acústicas.

NBE CPI: Protección contra incendios.

NBE CT: Condiciones térmicas.

NBE FL: Muros resistentes de fábrica.

NBE QB: Impermeabilización de cubiertas.

El edificio, según la ficha catastral, fue construido en 1981; y por lo tanto lo hizo bajo la influencia de dichas Normas Básicas de la Edificación.

El CEIP Vicente Aleixandre está compuesto por dos edificios ambos de planta rectangular. El edificio principal consta de 1809 m<sup>2</sup> repartidos en cuatro plantas, cuyo acceso principal se encuentra en la fachada SE que da al patio del propio colegio y se caracteriza por un acabado con revoco en beige y por su cubierta inclinada.

El edificio secundario, considerablemente menor, cuenta con 320 m<sup>2</sup> repartidos en dos plantas, a los cuales se accede por la fachada SE también, que se encuentra conectada mediante un pasillo cubierto con el edificio principal. La carpintería de las ventanas exteriores es de marco metálico y vidrio simple.

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



*Imagen 3 Diferentes tipos de carpintería exterior*

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

El centro consta de un sistema de calefacción compuesto por radiadores portátiles con batería de calentamiento mediante resistencia eléctrica para cubrir las necesidades térmicas de las estancias que lo requieran.

Excepcionalmente, para la climatización de la sala donde se encuentra el RACK cuenta con un equipo autónomo de expansión directa tipo BdC (Split 1x1) con unidad exterior situada en fachada y unidad interior de pared.

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.

La producción - acumulación de agua caliente sanitaria se lleva a cabo de forma local mediante termos acumuladores eléctricos ubicados en las proximidades de los puntos de consumo.

##### 1.4.1 Producción de ACS

A continuación se resumen las características de los termos-acumuladores eléctricos instalados en el centro para producción-acumulación de ACS de forma local y ubicados en las proximidades de los puntos de consumo:

Edificio	Planta	Zona	Potencia eléctrica (kW)	Capacidad (litros)	Observaciones
Edificio Principal	0	Aseo Adaptado	1,20	75	En servicio
Edificio Principal	0	Aseos 5	1,58	100	En servicio

*Tabla 5 Características producción-acumulación local de ACS*



*Imagen 4 Termos acumuladores eléctricos –Aseo adaptado y aseo 5*

#### 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
Generador	Unidad exterior - Split
Edificio	Edificio Principal
Planta	0
Ubicación equipo	Fachada NE
Zona de tratamiento	<b>RACK 2</b>
Servicio	Refrigeración
Combustible	Electricidad
Tipo funcionamiento	Aire-Aire
Condensación / Evaporación	Aire
Tecnología	Compresor Scroll
Marca	LAMBORGHINI
Modelo	U.E. BREZZA 7000 PC10
Refrigerante	<b>R410a</b>

Tabla 6 Características de los equipos de producción de frío y calor para climatización



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	2,20 kW
Refrigeración	2,05 kW

Tabla 7 Resumen potencia térmica total instalada en equipos frigoríficos

### 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

El centro consta únicamente de un sistema de expansión directa tipo BdC (Split 1x1) de pared para la refrigeración de la sala de Rack que funciona 24h todos los días del año

El resto de las estancias climatizadas, principalmente aulas y despachos, se encuentran únicamente calefactadas mediante radiadores eléctricos portátiles.

Característica	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Batería calor	Resistencia eléctrica	Resistencia eléctrica	R-410a
Cantidad	52	1	1
Marca	Nortiline	Crolls	Lamborghini
Modelo	-	-	Brezza 7000 PC10
Pot. Calorífica (kW)	2	2	2,20/2,05
Regulación	Sin regulación	Sin regulación	Válvula termostática
Servicio	Calefacción	Calefacción	Calefacción y Refrigeración
Tipo	Equipo portátil	Equipo portátil	Pared
Unidad terminal	Radiador	Radiador	Unidad interior – Split

Tabla 8 Características técnicas de unidades interiores instaladas



Imagen 6 Tipología de unidades interiores instaladas

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

Zona	Superficie Calefactada (m2)	Pot. Calorífica (kW)	Ratio (W/m2)
Administrativo	39,85	8,00	200,75
Aulas	893,25	82,00	91,80
Otros	3,00	2,20	733,33
<b>Total</b>	<b>936,10</b>	<b>92,20</b>	<b>98,49</b>

Tabla 9 Resumen de potencia calorífica instalada por zonas

En los siguientes gráficos se representa el porcentaje de la potencia calorífica instalada por zonas y de la superficie calefactada en el centro:

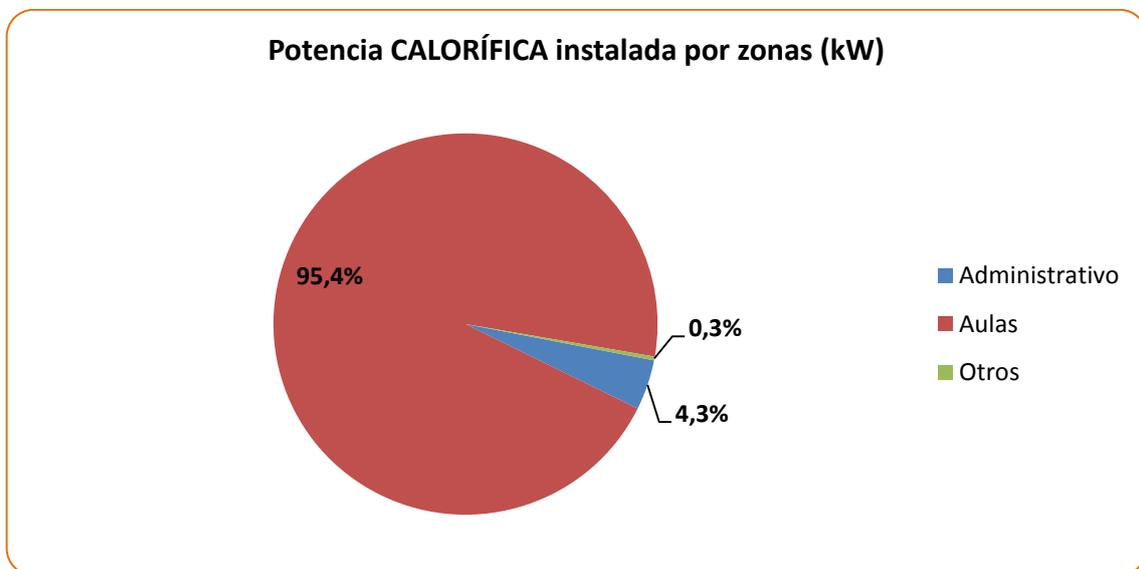


Gráfico 2 Porcentaje de potencia calorífica instalada por zonas

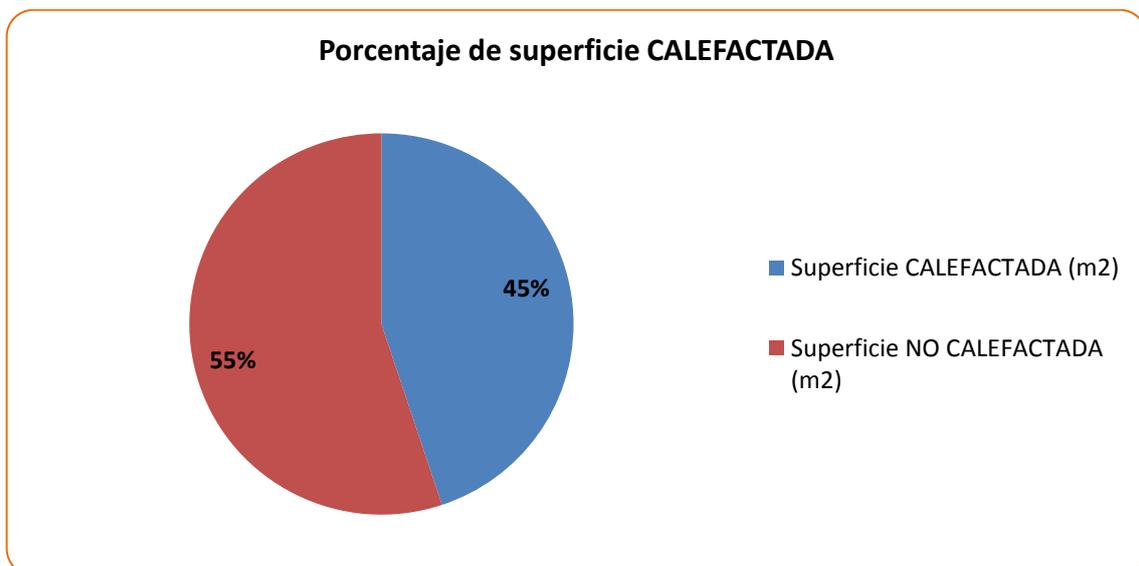


Gráfico 3 Porcentaje de superficie calefactada

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

Zona	Superficie Refrigerada (m2)	Pot. Frigorífica (kW)	Ratio (W/m2)
Otros	3,00	2,05	683,33
<b>Total</b>	<b>3,00</b>	<b>2,05</b>	<b>683,33</b>

Tabla 10 Resumen de potencia de frío instalada por zonas

En los siguientes gráficos se representa el porcentaje de la potencia frigorífica instalada por zonas y de la superficie calefactada en el centro:

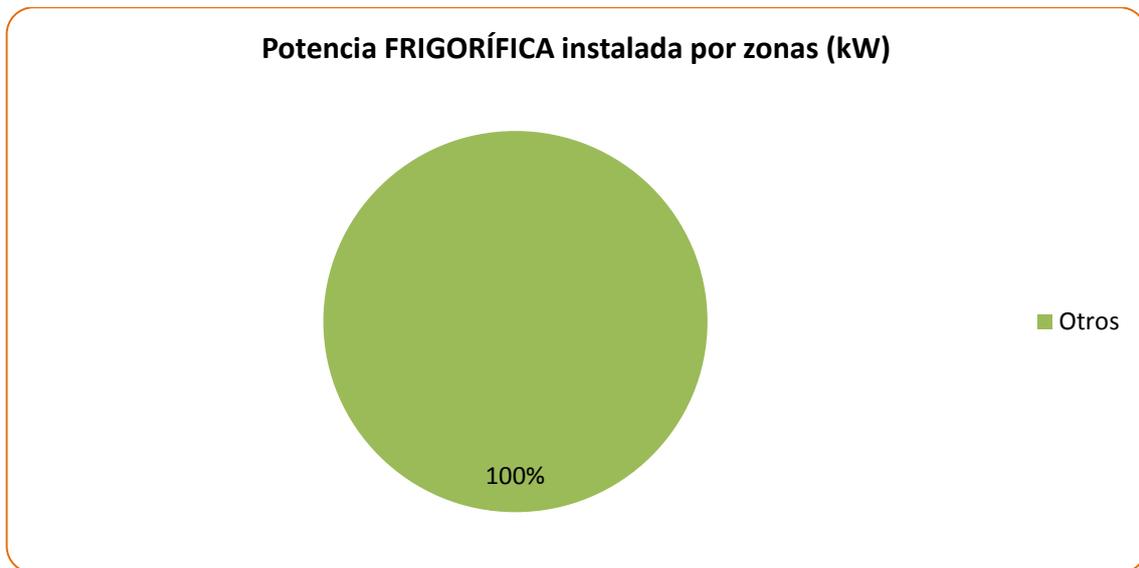


Gráfico 4 Porcentaje de potencia frigorífica instalada por zonas

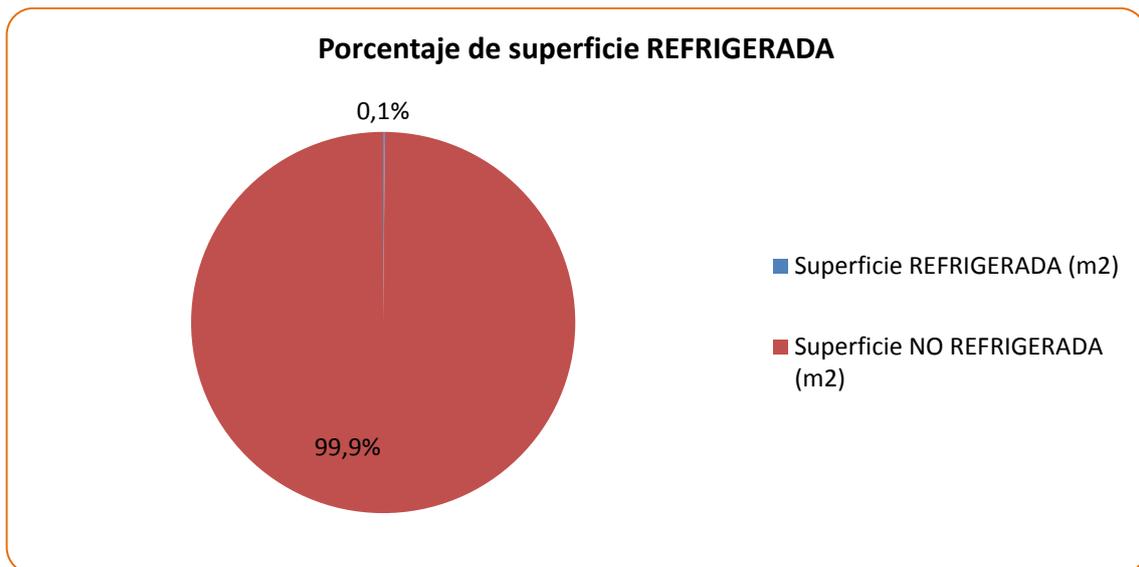


Gráfico 5 Porcentaje de superficie refrigerada

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

### 1.5 Iluminación

La potencia total instalada es de 49,14 kW, que se distribuye según usos tal como se muestra en el siguiente gráfico.

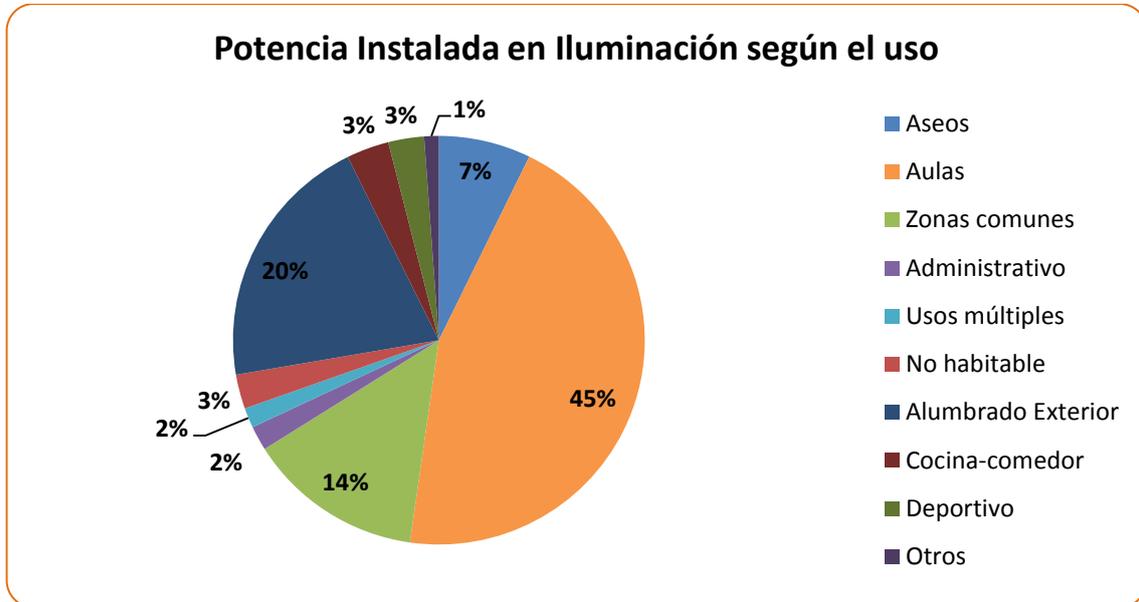


Gráfico 6 % Potencia instalada en iluminación según el uso

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.

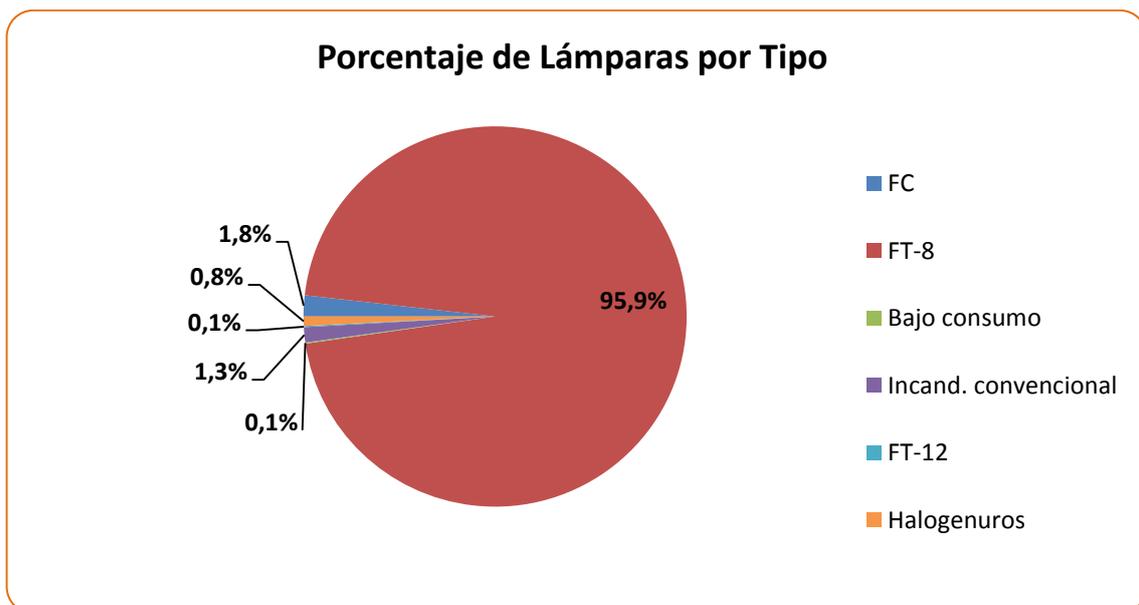


Gráfico 7 % de cada tipo de lámpara instalada

### 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	452	38,56
FT-8	443	38,02
2	419	36,12
36	417	36,03
18	2	0,09
1	3	0,09
36	1	0,04
18	2	0,04
4	21	1,81
18	21	1,81
FC	8	0,50
2	8	0,50
26	8	0,50
FT-12	1	0,05
1	1	0,05
40	1	0,05
-	10	0,55
FC	1	0,05
2	1	0,05
26	1	0,05
Incand. convencional	8	0,48
1	8	0,48
60	8	0,48
Bajo consumo	1	0,02
1	1	0,02
20	1	0,02
<b>Total general</b>	<b>462</b>	<b>39,12</b>

Tabla 11 Resumen de lámparas instaladas

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



*Imagen 7 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)
EM	20	1,73
FT-8	20	1,73
2	20	1,73
36	20	1,73
-	13	8,30
Incand. convencional	5	0,30
1	5	0,30
60	5	0,30
Halogenuros	8	8,00
1	8	8,00
1000	8	8,00
<b>Total general</b>	<b>33</b>	<b>10,03</b>

*Tabla 12 Resumen de iluminación exterior*



*Imagen 8 Luminarias situadas en el exterior del edificio*

### **1.5.3 Sistemas de control**

No existe ningún tipo de control de iluminación en ninguna zona del edificio.

### **1.5.4 Condiciones de funcionamiento**

Dado que las secciones de iluminación del centro educativo se activan de forma manual, las condiciones de funcionamiento están relacionadas directamente con el periodo de ocupación. Por este motivo se instalaron registradores monofásicos durante varias jornadas representativas para determinar el perfil de comportamiento.

En el caso del alumbrado exterior se estima que se activa de 19 a 21 horas todos los días lectivos del año.

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.

### 1.6 Otros equipos

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

Tipos de Equipos	Nº Equipos	Potencia total (kW)
<b>Audiovisual</b>	<b>77</b>	<b>12,316</b>
DVD/CD	1	0,02
20	1	0,02
<b>Ordenador sobremesa</b>	<b>2</b>	<b>0,6</b>
300	2	0,6
<b>Proyector</b>	<b>14</b>	<b>5,276</b>
250	1	0,25
200	2	0,4
400	2	0,8
226	1	0,226
450	8	3,6
<b>Televisión Tubo</b>	<b>15</b>	<b>2,75</b>
300	1	0,3
175	14	2,45
<b>Pantalla motorizada</b>	<b>1</b>	<b>0,04</b>
40	1	0,04
<b>VHS</b>	<b>1</b>	<b>0,03</b>
30	1	0,03
<b>Pizarra Digital</b>	<b>12</b>	<b>3,6</b>
300	12	3,6
<b>Mesas con sistema de audio</b>	<b>30</b>	<b>0</b>
0	30	0
<b>Sistema control de audio</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
0	1	0
<b>Electrodoméstico</b>	<b>29</b>	<b>34,162</b>
<b>Frigorífico</b>	<b>5</b>	<b>1</b>
150	1	0,15
70	1	0,07
350	2	0,7
80	1	0,08
<b>Horno</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>
1500	1	1,5
<b>Lavavajillas</b>	<b>2</b>	<b>10,35</b>
3450	1	3,45
6900	1	6,9
<b>Máquina de café</b>	<b>1</b>	<b>0,6</b>
600	1	0,6
<b>Mesa Caliente</b>	<b>1</b>	<b>2,5</b>
2500	1	2,5
<b>Microondas</b>	<b>3</b>	<b>2,4</b>
800	3	2,4
<b>Campana extractora</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
0	1	0
<b>Frigorífico Industrial</b>	<b>3</b>	<b>1,8</b>

Tipos de Equipos	Nº Equipos	Potencia total (kW)
600	3	1,8
<b>Freidora</b>	<b>1</b>	<b>4,5</b>
4500	1	4,5
<b>Pelapatatas Industrial</b>	<b>1</b>	<b>0,4</b>
400	1	0,4
<b>Cortafiambre</b>	<b>1</b>	<b>0,544</b>
544	1	0,544
<b>Lavadora</b>	<b>2</b>	<b>2,65</b>
2100	1	2,1
550	1	0,55
<b>Afilador eléctrico</b>	<b>1</b>	<b>0,08</b>
80	1	0,08
<b>Congelador arcón</b>	<b>3</b>	<b>0,438</b>
146	3	0,438
<b>Kettle / Calienta agua</b>	<b>1</b>	<b>1,9</b>
1900	1	1,9
<b>Vitrocera mica</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
2000	1	2
<b>Tostador Industrial</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>
1500	1	1,5
<b>Informático</b>	<b>125</b>	<b>39,831</b>
<b>Ordenador sobremesa</b>	<b>86</b>	<b>25,8</b>
300	86	25,8
<b>Scanner</b>	<b>1</b>	<b>0,015</b>
15	1	0,015
<b>Fotocopiadora</b>	<b>7</b>	<b>10,05</b>
1500	4	6
1440	1	1,44
1650	1	1,65
960	1	0,96
<b>Fax</b>	<b>1</b>	<b>0,026</b>
26	1	0,026
<b>Impresora doméstica</b>	<b>8</b>	<b>2,179</b>
250	2	0,5
400	1	0,4
50	1	0,05
27	1	0,027
25	2	0,05
1152	1	1,152
<b>Switch</b>	<b>5</b>	<b>0,171</b>
47	3	0,141
15	2	0,03
<b>Servidor</b>	<b>2</b>	<b>1,5</b>
750	2	1,5
<b>Router</b>	<b>15</b>	<b>0,09</b>
6	15	0,09
<b>Otros</b>	<b>12</b>	<b>11,86</b>

Tipos de Equipos	Nº Equipos	Potencia total (kW)
<b>Secador de manos</b>	<b>7</b>	<b>10,5</b>
1500	7	10,5
<b>Trituradora de papel</b>	<b>1</b>	<b>0,39</b>
390	1	0,39
<b>Ventilador</b>	<b>1</b>	<b>0,07</b>
70	1	0,07
<b>Grúa ortopédica eléctrica</b>	<b>1</b>	<b>0,05</b>
50	1	0,05
<b>Dispensador de agua</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>
100	1	0,1
<b>Máquina expendedora bebidas</b>	<b>1</b>	<b>0,75</b>
750	1	0,75
<b>Sonido</b>	<b>22</b>	<b>0,49</b>
<b>Altavoz</b>	<b>20</b>	<b>0,4</b>
20	20	0,4
<b>Radio-CD</b>	<b>1</b>	<b>0,04</b>
40	1	0,04
<b>Amplificador</b>	<b>1</b>	<b>0,05</b>
50	1	0,05
<b>Radiador eléctrico</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Radiador eléctrico</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
2000	1	2
<b>Producción de frío y calor</b>	<b>1</b>	<b>0,62</b>
<b>Unidad exterior - Split</b>	<b>1</b>	<b>0,62</b>
620	1	0,62
<b>ACS</b>	<b>2</b>	<b>2,775</b>
<b>Termo-acumulador eléctrico</b>	<b>2</b>	<b>2,775</b>
1200	1	1,2
1575	1	1,575
<b>Calefacción</b>	<b>53</b>	<b>106</b>
<b>Radiador</b>	<b>53</b>	<b>106</b>
2000	53	106
<b>Refrigeración</b>	<b>1</b>	<b>2,2</b>
<b>Unidad interior - Split</b>	<b>1</b>	<b>2,2</b>
150	1	0,15
<b>Total general</b>	<b>323</b>	<b>210,204</b>

Tabla 13 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.

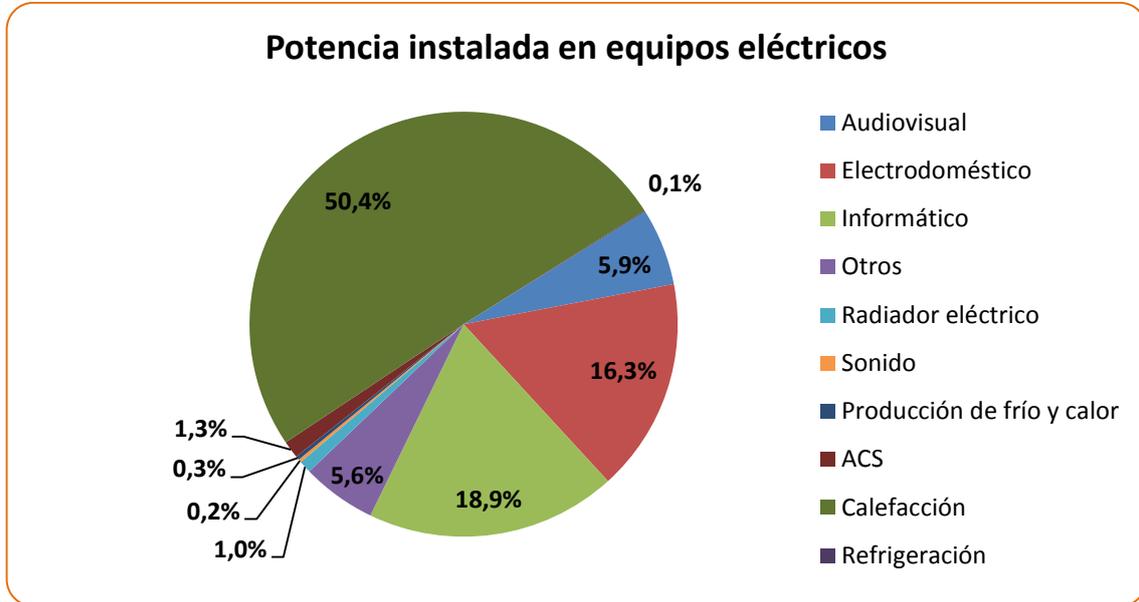


Gráfico 8 Potencia instalada por tipología de equipos

### 1.7 Resumen de potencias instaladas

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

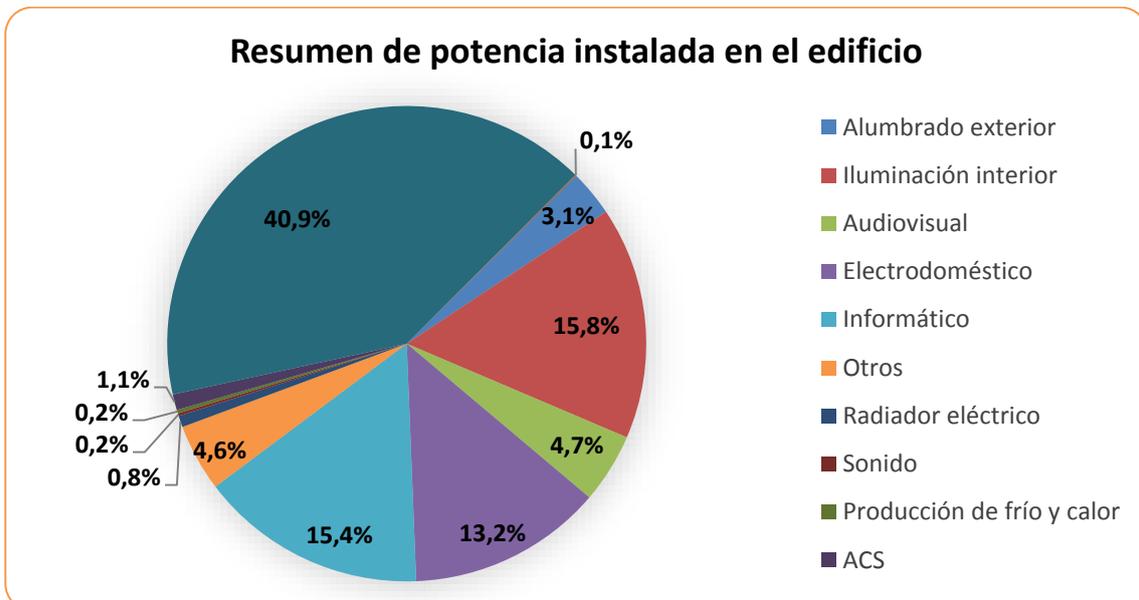


Gráfico 9 Potencia instalada por usos

## 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>	ES0031103006386001SF0F	<b>Tarifa de acceso</b>	3.0 A
<b>CONDICIONES DE CONTRATACION</b>			
	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
<b>Potencia contratada (kW)</b>	26,3	26,3	26,3
<b>Término de potencia (€/kW año)</b>	40,728525	24,437115	16,29141
<b>Término de energía (€/kWh)</b>	0,140053	0,110182	0,075633

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

Fecha inicio	Fecha Fin	Consumo P1 (kWh)	Consumo P2 (kWh)	Consumo P3 (kWh)	Potencia Maximétrica (kW)	Facturado Reactiva (€)	Base imponible (€)
27/12/2013	29/01/2014	1.234	8.317	1.706	37 /66 /16	0,00	1.804,59
29/01/2014	25/02/2014	1.212	8.514	1.688	37 /68 /13	0,00	1.743,31
25/02/2014	27/03/2014	1.032	6.854	1.462	25 /60 /9	11,60	1.425,54
27/03/2014	28/04/2014	2.848	4.785	1.520	56 /55 /13	4,41	1.770,40
28/04/2014	28/05/2014	3.177	4.510	1.371	54 /44 /8	17,68	1.653,58
28/05/2014	27/06/2014	2.771	3.918	1.286	49 /44 /11	13,87	1.483,48
27/06/2014	28/07/2014	832	1648	904	14 /14 /7	1,76	552,05
28/07/2014	28/08/2014	973	2.039	1.061	20 /20 /7	8,43	635,84
28/08/2014	26/09/2014	2.408	3.416	1.009	47 /47 /7	31,71	1.353,77
26/09/2014	29/10/2013	3.072	4.719	1.176	43 /46 /7	46,33	1.604,96
29/10/2013	26/11/2014	917	7.266	1.208	30 /55 /10	25,07	1.444,85
26/11/2014	29/12/2014	1.221	7.606	1.757	32 /62 /13	81,21	1.681,31

Tabla 14 Facturación eléctrica

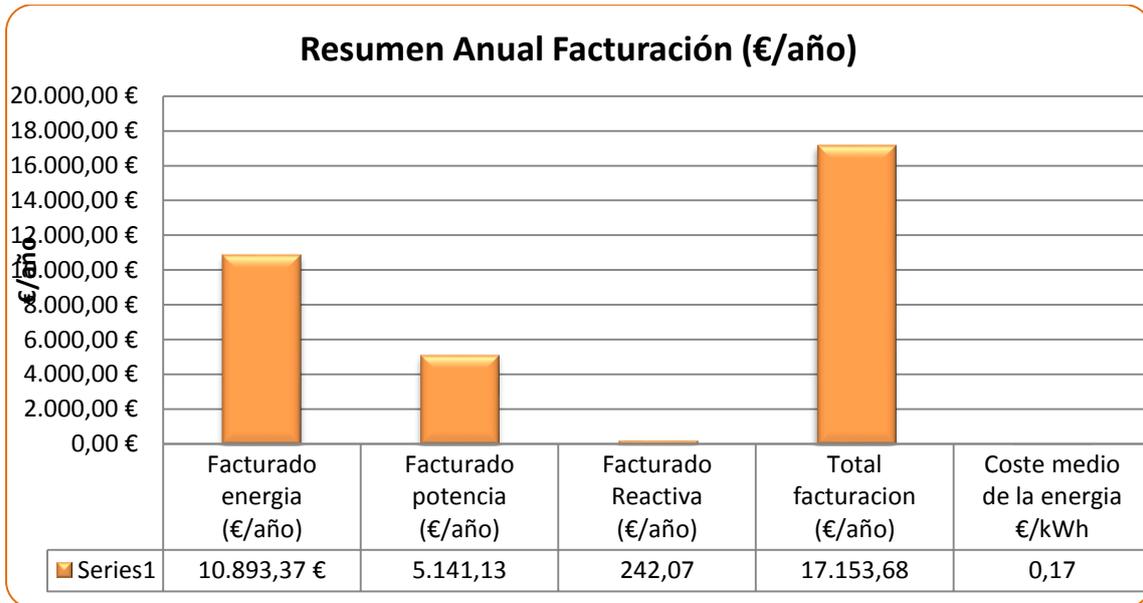
A partir de las facturas eléctricas se observa que existen **penalizaciones por energía reactiva**, siendo estas de **242,02 €/año**, por ello se recomienda colocar una batería de condensadores para eliminar estas penalizaciones en la facturación eléctrica (En el apartado de mejoras se puede ver la batería de condensadores recomendada).

	P1	P2	P3
<b>Potencia contratada (kW)</b>	26,3	26,3	26,3
<b>Potencia registrada (kW)</b>	56	68	16

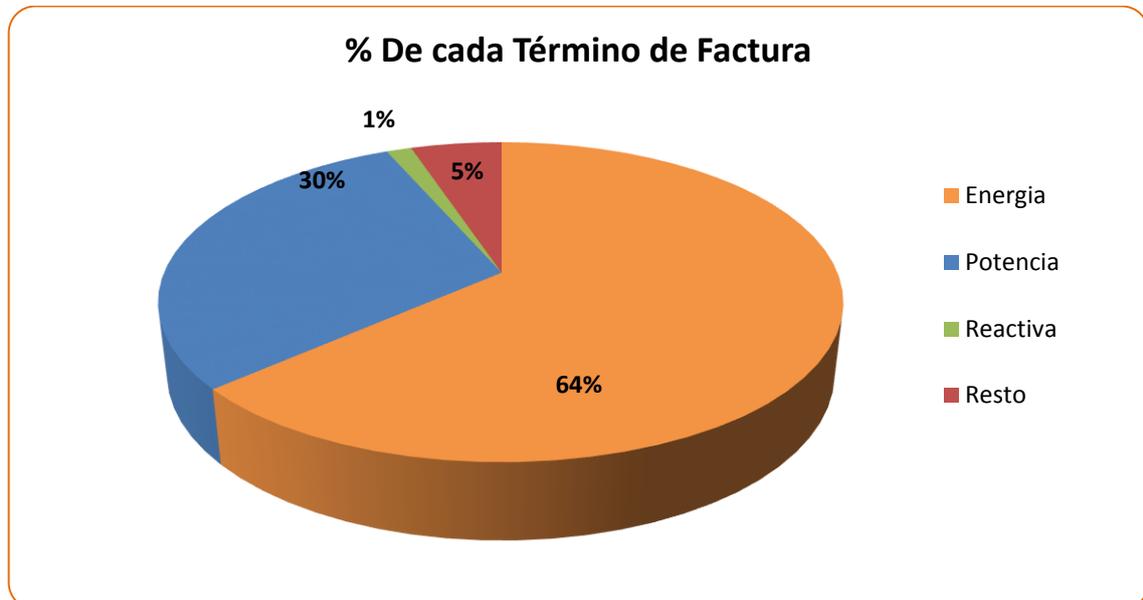
Tabla 15 Potencias contratada y registrada

Respecto a la potencia contratada se observa, tanto en las lecturas del máxímetro como por las mediciones realizadas, que la contratada es inferior a la demandada. Por ello se recomienda realizar un ajuste de la potencia según las necesidades de la instalación.

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:

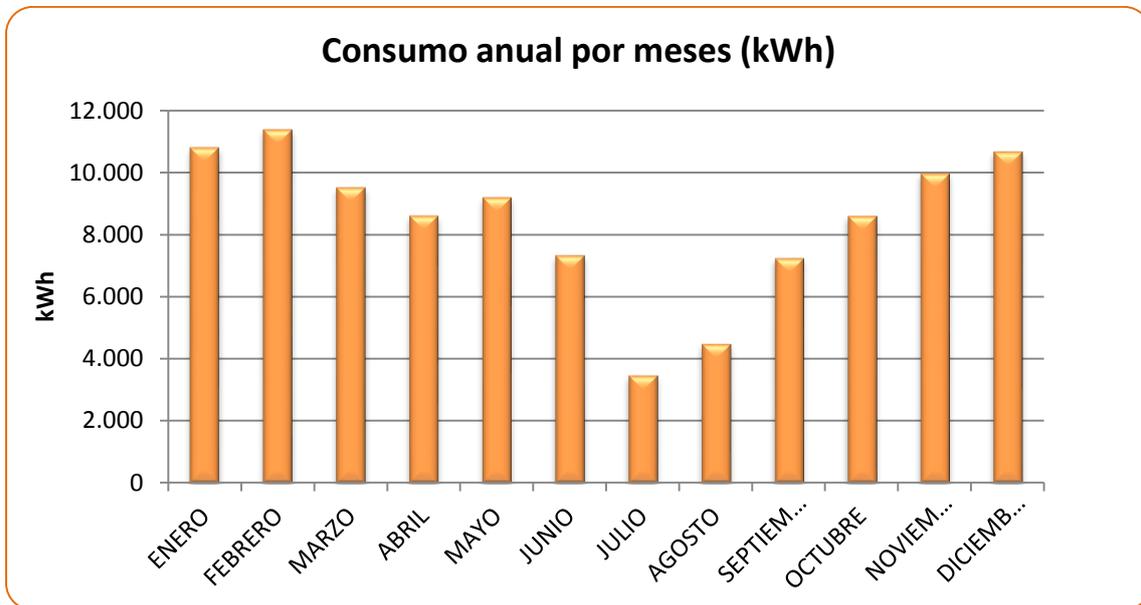


Gráfico 12 Consumo eléctrico mensual

El consumo anual por periodos se muestra a continuación:

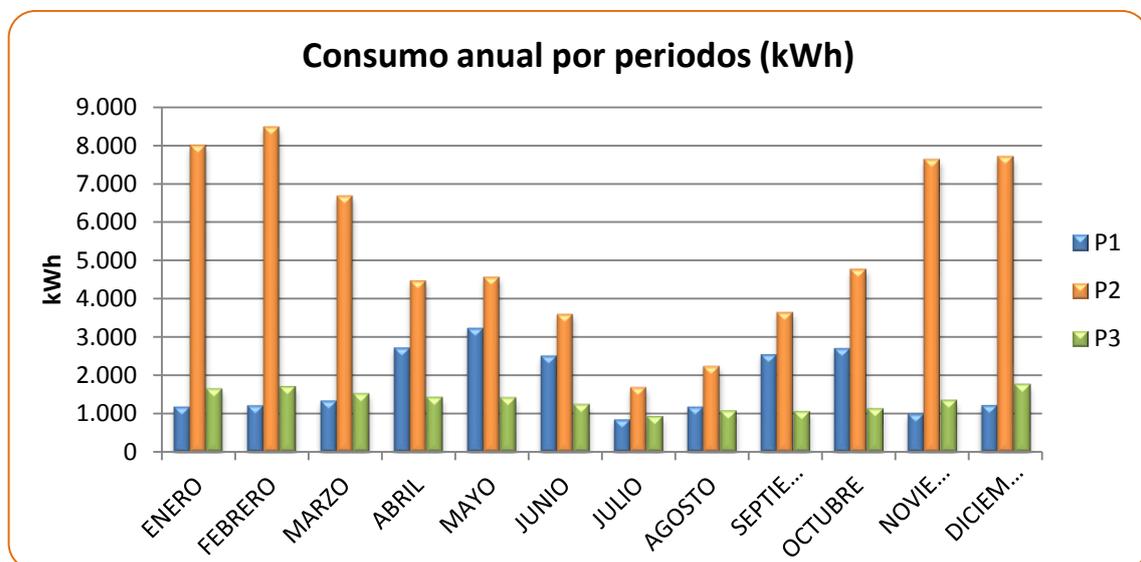


Gráfico 13 Consumo eléctrico por periodos

La siguiente tabla muestra los valores globales del periodo estudiado:

Total Consumo energía (kWh)	101.437
Total Facturación (€)	17.153,68
Media mensual de consumo (kWh/mes)	8.453
Media mensual de coste (€/mes)	1.429,47
Coste medio energía (€/kWh)	0,169

Tabla 16 Resumen valores globales de la facturación eléctrica

## 2.2 Consumos térmicos

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

## 2.3 Consumos energéticos totales

	Electricidad	Combustible (PCI)	Total
Consumo (kWh/año)	101.437,00	-	101.437,00
Coste (€/año)	17.153,68	-	17.153,68

Tabla 17 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	738
Superficie total (m <sup>2</sup> )	2.085,22
Pot. Instalada Iluminación Interior (kW)	41,02
Pot. Instalada Iluminación Exterior (kW)	8,12
Pot. Instalada Equipos Eléctricos (kW)	210,20
Pot. Eléctrica Total Instalada (kW)	259,35

Tabla 18 Índices energéticos – Parámetros generales eléctricos

ÍNDICES ELÉCTRICOS	
kWh/año	101.437,00
€/kWh	0,17
kWh/m <sup>2</sup> Total	48,65
€/m <sup>2</sup> Total	8,23
kWh/persona uso	137,45
€/persona uso	23,24
Ton CO <sub>2</sub> /año	40,47
Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	19,41
Pot. Iluminación en W/m <sup>2</sup>	19,67

Tabla 19 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

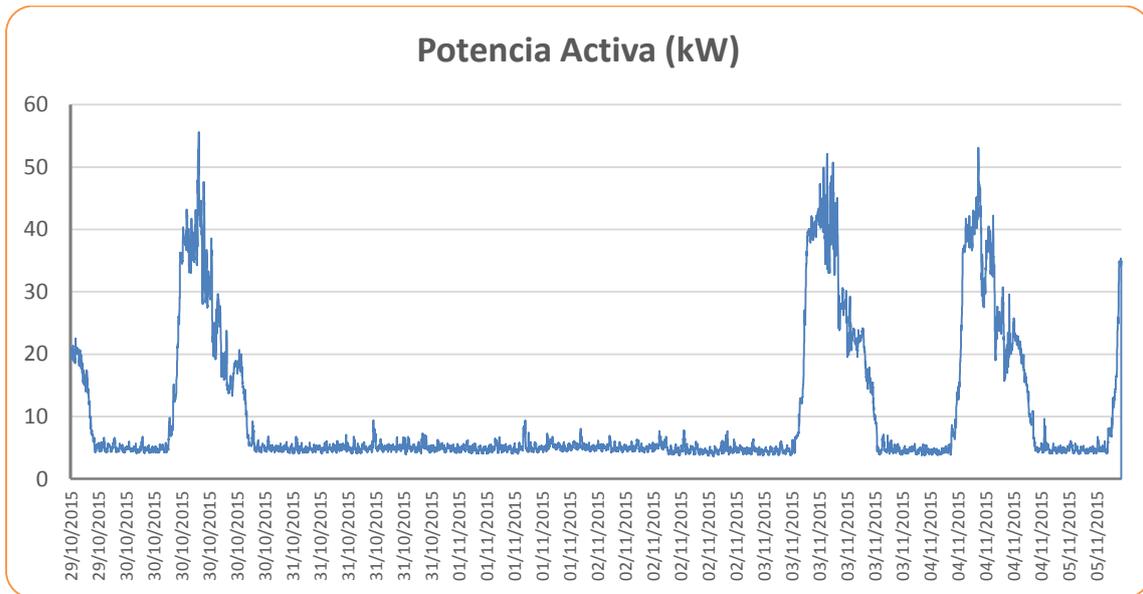


Gráfico 14 Datos de registro de potencia activa desde el 29/10/2015 al 05/11/2015

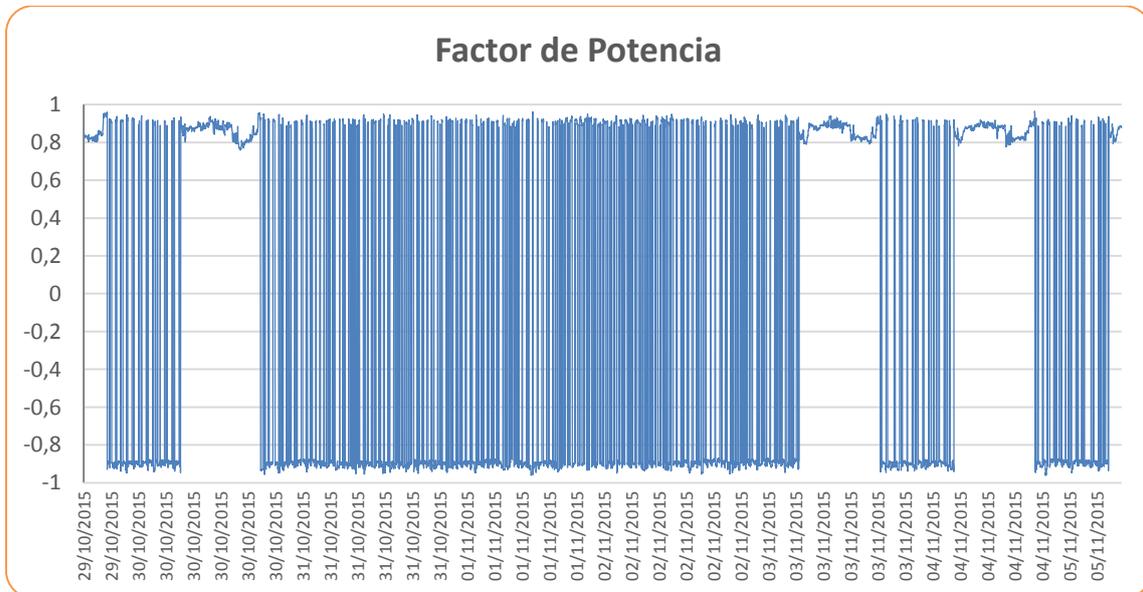
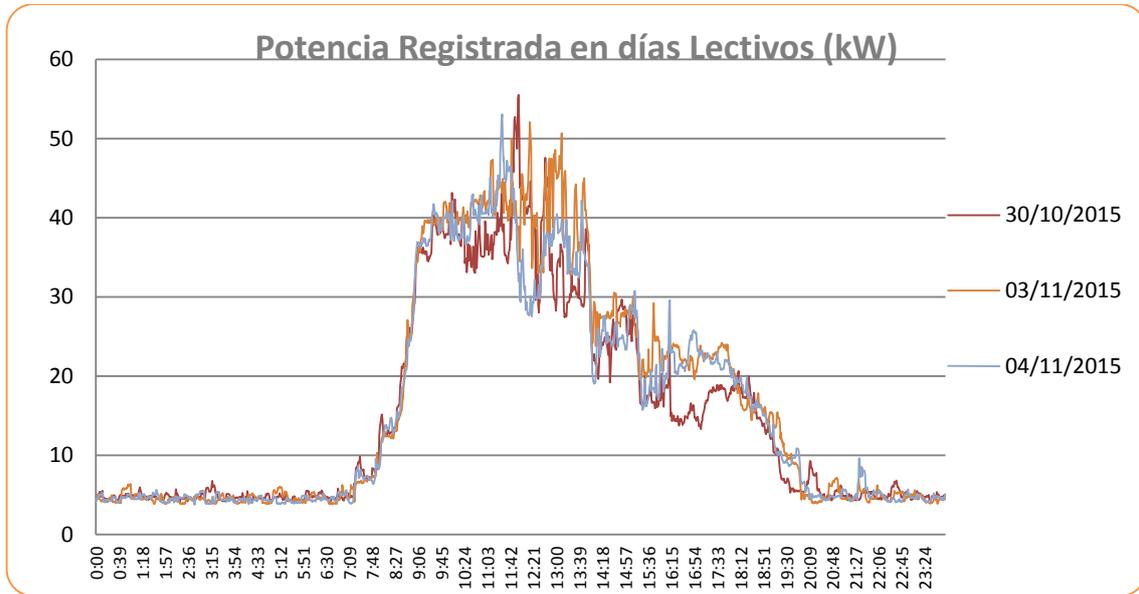
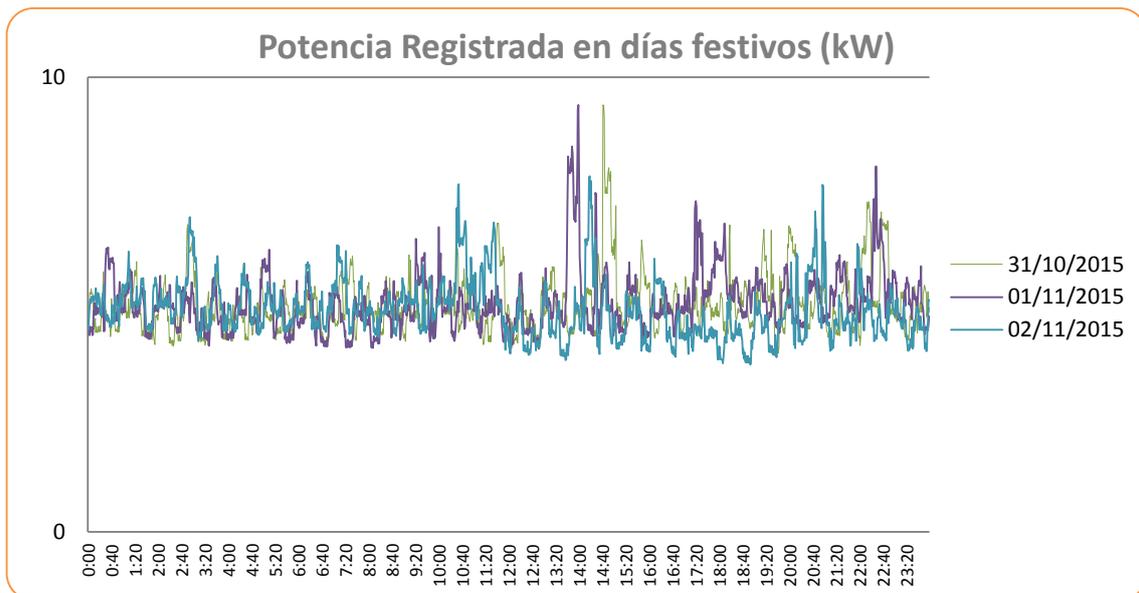


Gráfico 15 Factor de potencia trifásico registrado



*Gráfico 16 Potencia registrada en días lectivos (kW)*



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

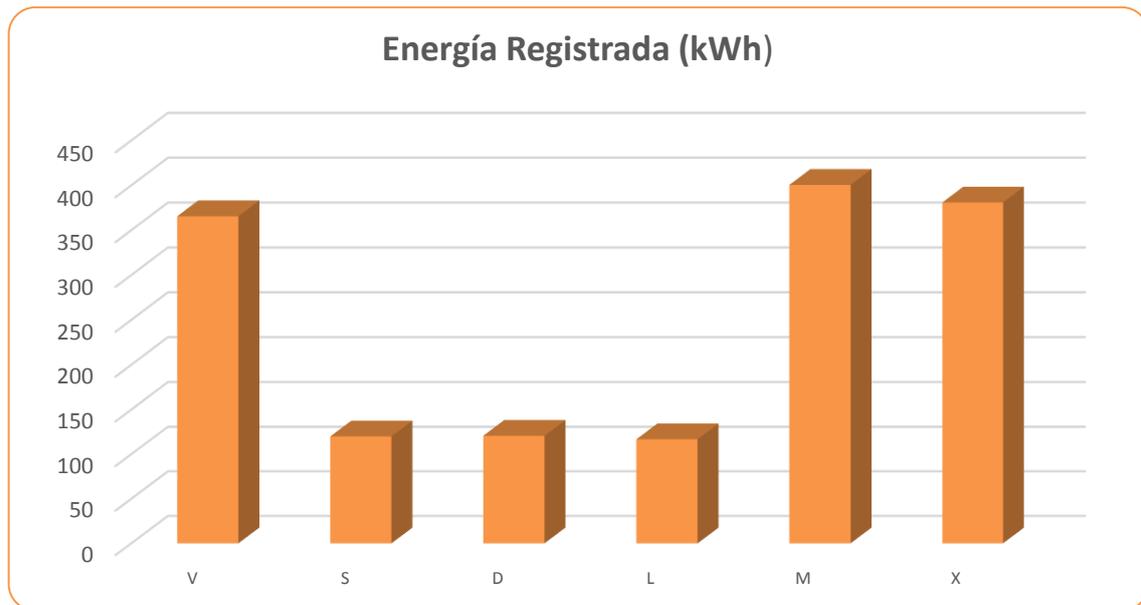
Se observa como la demanda energética es muy similar todos los días, con un perfil de uso con muy pocas variaciones. Durante la semana en que se han registrado los parámetros eléctricos se observa una demanda de potencia fija de entre 5 y 9 kW debido a equipos que se mantienen conectados permanentemente.

Los días lectivos son muy homogéneos con una potencia máxima de 55,8 kW, en consonancia con las medidas de potencia maximétrica del último año de facturas eléctricas, y un horario principal de uso entre 8:00 y 20:00.

Durante los días lectivos también se observa que desde las 19:00 hasta las 21:00 se hace uso de la iluminación del patio 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 382,29 kWh y durante los días festivos de 119,12 kWh. Con estos valores obtenemos un consumo mensual de 8836,94 kWh para el mes de noviembre, lo que representa un desvío respecto al valor facturado en noviembre de 2014 de un 11,53% inferior, este desvío se explica por el consumo debido a los equipos de climatización, ya que dependiendo de las condiciones climáticas tiene un mayor o menor uso.

### 3.1.2 Registros monofásicos

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

- **Alumbrado Sala de profesores**



Gráfico 19 Registro de monofásico instalado en la sala de profesores

- **Alumbrado aula 1 y aseo**

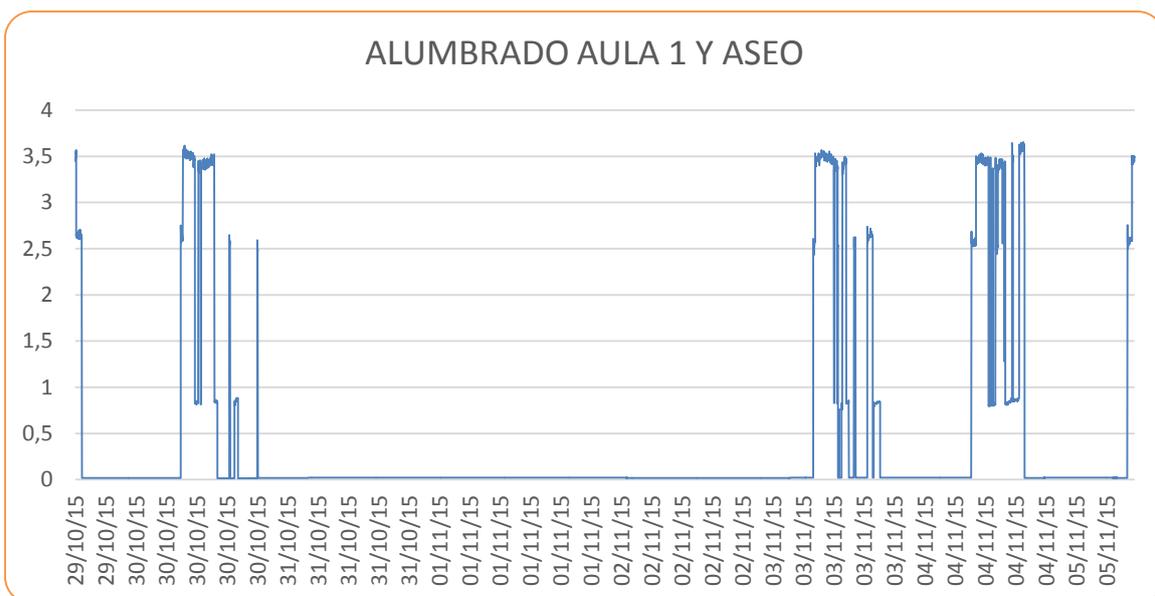
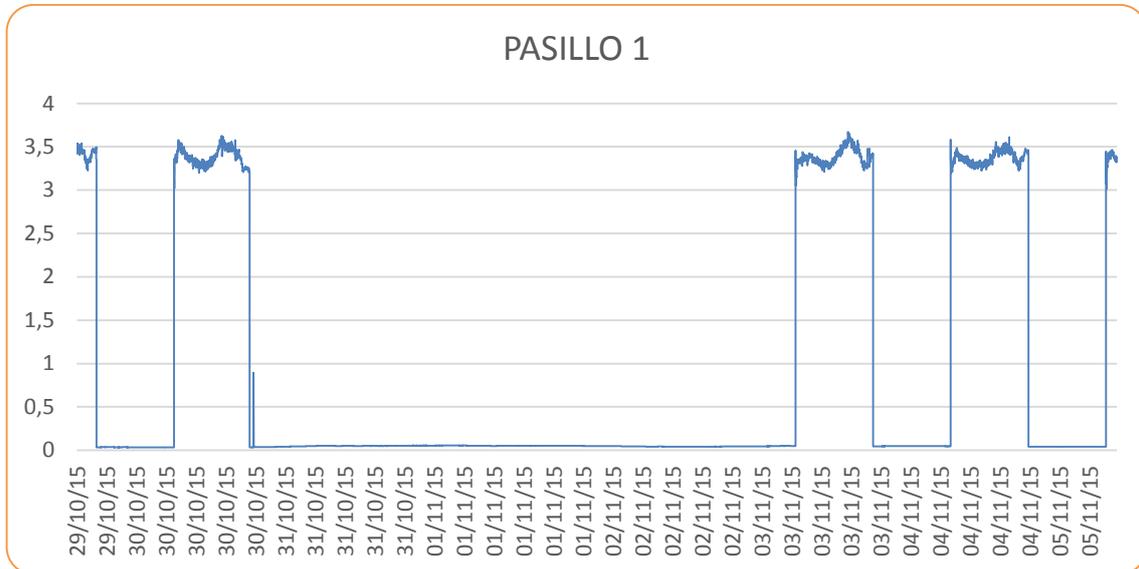


Gráfico 20 Registro de monofásico instalado en el aula1 y aseo

- **Alumbrado pasillo 1**



*Gráfico 21 Registro de monofásico instalado en alumbrado pasillo 1*

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

- Sala de profesores: 7h
- Aula 1 y aseo 12h
- Pasillo 1: 9h

### 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.

Planta	Ubicación	Potencia (W)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminancia Media (lux)	Valor s/ Norma (lux)	VEEI
-1	Distribuidor	345,6	51,80	416	200	1,60
-1	Biblioteca	691,2	49,80	807	500	1,72
-1	Aseo	124,8	5,10	398	150	6,15
-1	Almacén Gimnasio	43,2	2,10	281	150	7,32
0	Comedor	1296	163,20	291	200	2,73
0	Cocina	345,6	48,90	178	200	3,97
0	Distribuidor cocina	86,4	3,00	408	200	7,06
0	Vestuario 1	86,4	4,60	251	150	7,48
0	Vestuario 2	86,4	4,30	259	150	7,76
0	Almacén 1	172,8	19,60	181	150	4,87
0	Almacén 2	48	5,20	113	150	8,17
0	Almacén 3	86,4	4,10	231	150	9,12
0	Aula 03	518,4	52,00	421	300	2,37
0	Distribuidor Aseo Adaptado	52	4,00	274	200	4,74
0	Aula 02	518,4	45,80	322	300	3,52
0	Aula 01	518,4	52,50	262	300	3,77
0	Salón de actos	777,6	80,40	168	200	5,76
0	Conserjería	86,4	12,50	125	200	5,53
0	Pasillo Aseos	259,2	11,30	788	150	2,91
0	Pasillo Administración	259,2	18,70	391	150	3,55
0	Secretaría	259,2	23,00	252	300	4,47
0	Material	172,8	15,20	160	150	7,11
0	Jefe de estudios	172,8	15,90	340	300	3,20
0	Sala Profesores	259,2	31,40	209	300	3,95
0	Dirección	172,8	10,80	348	300	4,60
0	Aseos Administración 1	86,4	2,90	439	150	6,79
0	Aseos Administración 2	86,4	2,90	642	150	4,64
0	Pequeño grupo 01	172,8	11,80	401	300	3,65
0	Distribuidor Escalera 2	86,4	11,30	235	150	3,25
1	Distribuidor 1	86,4	10,90	282	150	2,81
1	Distribuidor 2	86,4	11,80	265	150	2,76
1	Pequeño Grupo 02	172,8	10,90	341	300	4,65
1	Aula Informática	777,6	52,50	370	300	4,00
1	Pequeño Grupo 03	259,2	23,50	163	300	6,77

Planta	Ubicación	Potencia (W)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminancia Media (lux)	Valor s/ Norma (lux)	VEEI
1	Pequeño Grupo 04	86,4	9,50	190	300	4,79
1	Aula 06	518,4	48,30	288	300	3,73
1	Aula 07	518,4	51,30	398	300	2,54
1	Aula 08	518,4	48,90	242	300	4,38
1	Aula 09	777,6	48,50	535	300	3,00
1	Pequeño Grupo 05	259,2	28,10	246	300	3,75
1	Aula 11	518,4	49,50	301	300	3,48
1	Aula 12	518,4	48,00	208	300	5,19
2	Pequeño Grupo 06	172,8	11,50	342	300	4,39
2	Aula 13	518,4	52,30	175	300	5,66
2	Aula 14	518,4	51,30	209	300	4,84
2	Aula 15	518,4	50,30	158	300	6,52
2	A.T.A.L.	86,4	9,70	209	300	4,26
2	Aula 16	518,4	49,80	279	300	3,73
2	Aula 17	518,4	51,30	298	300	3,39
2	Aula 18	518,4	49,60	295	300	3,54
2	Aula 19	518,4	51,80	242	300	4,14
2	Aula 21	518,4	48,00	257	300	4,20
2	Aula 22	518,4	51,80	195	300	5,13
2	Aula 23	518,4	51,50	285	300	3,53
0	Aula 1	777,6	49,00	418	300	3,80
0	Aula 2	777,6	49,10	370	300	4,28
0	Aula 3	777,6	48,40	323	300	4,97
0	Aula 4	777,6	47,20	381	300	4,32
1	Aula 5	777,6	50,70	410	300	3,74
1	Aula 6	777,6	46,70	260	300	6,40
1	Aula 7	777,6	49,90	350	300	4,45
1	Aula 8	777,6	49,40	395	300	3,99

*Tabla 20 Resumen medidas de iluminación en diferentes estancias*

Los valores medios de iluminancia están dentro de los recogidos en la normativa.

\*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 21 Condiciones interiores exigidas por el RITE

### REGISTRO VERANO

Durante el periodo comprendido entre los días 29/10/2015 y 05/11/2015, se realizaron registros de temperatura y humedad en un espacio representativo del centro. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- **Sala de profesores**

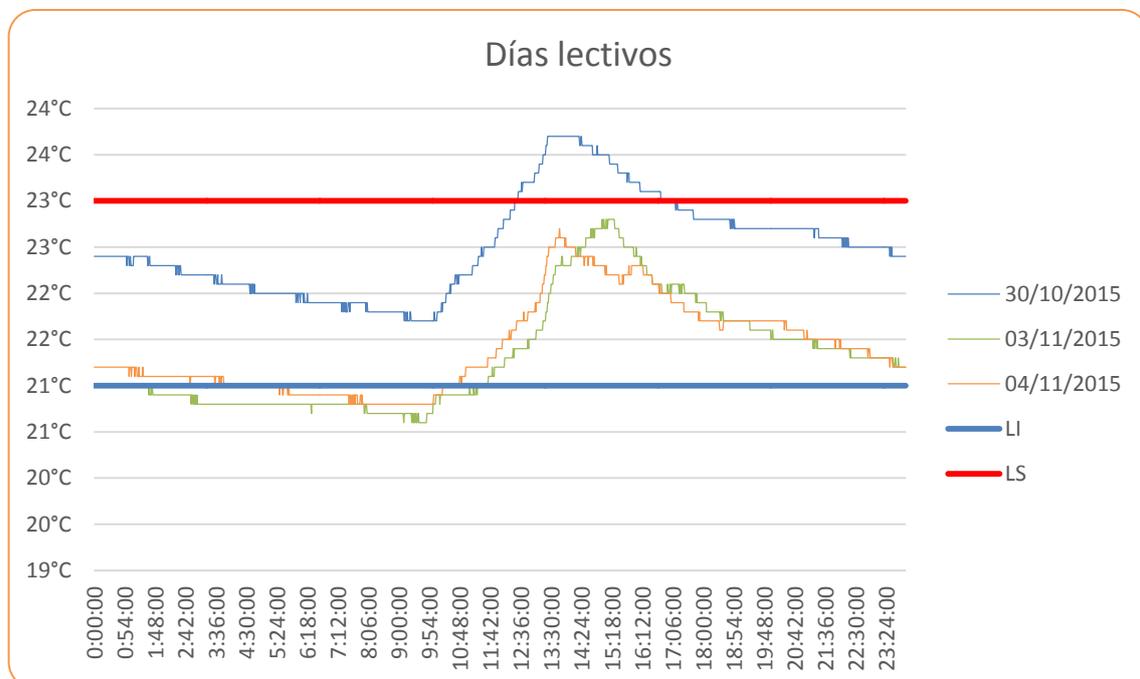


Gráfico 22 Registro de temperatura – INVIERNO – Días lectivos



*Gráfico 23 Registro de temperatura – INVIERNO – Días festivos*



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



*Gráfico 25 Registro de humedad relativa – INVIERNO – Días festivos*

Se observa un aumento de temperatura a las 9:00 de la mañana, coincidente con el inicio del uso del edificio, ese aumento de temperatura se debe al aporte calorífico de los usuarios y en algún momento determinado el uso de los sistemas de producción calorífica.

Las temperaturas oscilan entre los 21°C y 23°C durante los periodos de ocupación. En momentos puntuales se alcanzan los 24°C, superando el límite reglamentario de 23°C, lo que indica un exceso de aporte de calor que podría ser reducido mediante control por zonas o elementos.

Sin embargo, durante los días festivos la temperatura se mantiene uniforme en los 22°C, lo que indica un funcionamiento de la calefacción fuera del periodo de apertura del centro.

Las principales conclusiones que se sacan son las siguientes:

- Se aprecian aportaciones térmicas suficientes.** En general las temperaturas se encuentran entre los 22°C y los 23°C durante los periodos de ocupación, superándose de forma puntual los 23°C, que podría limitarse mediante la modificación de la consigna establecida en los elementos de control por zonas (V3V) existentes en la instalación.
- No se han observado **encendidos de calefacción en días festivos.**

### 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 principal se ha obtenido una calificación D.

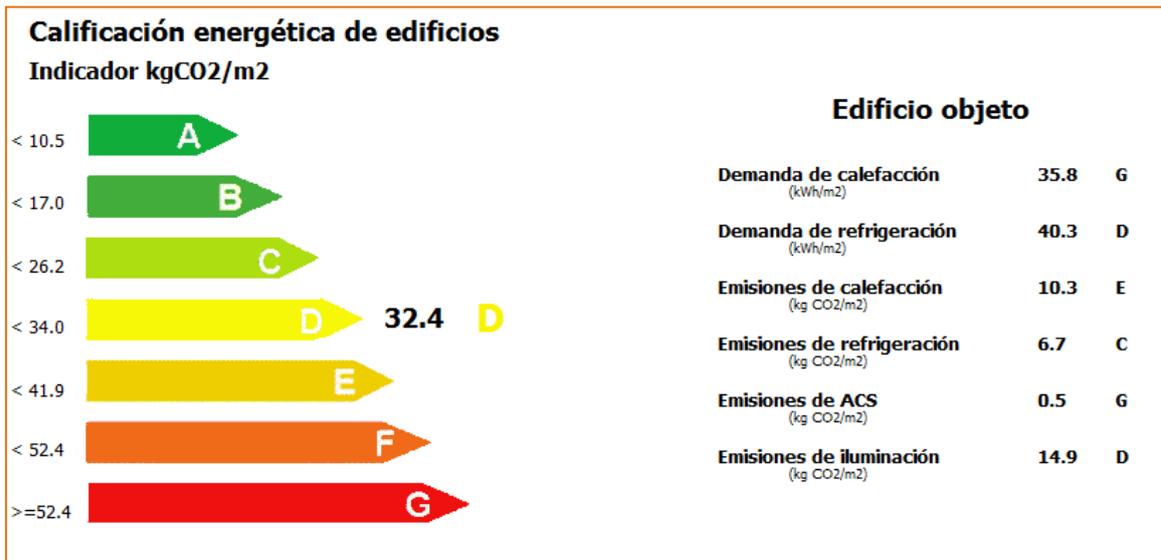


Imagen 9 Etiqueta Certificado Energético.

En el caso del segundo edificio se ha obtenido una calificación E.

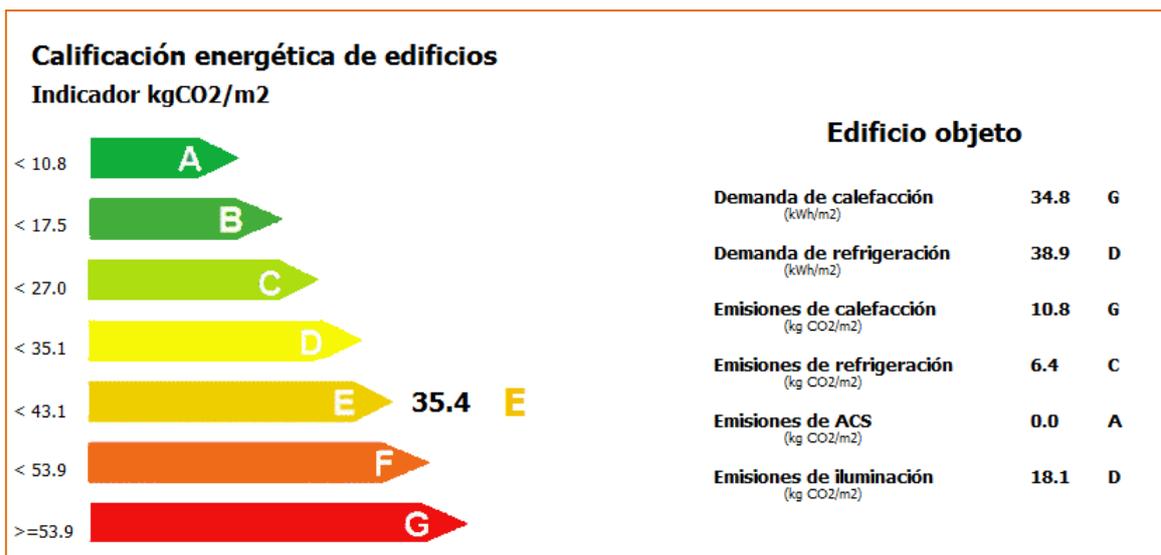


Imagen 10 Etiqueta Certificado Energético.

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:

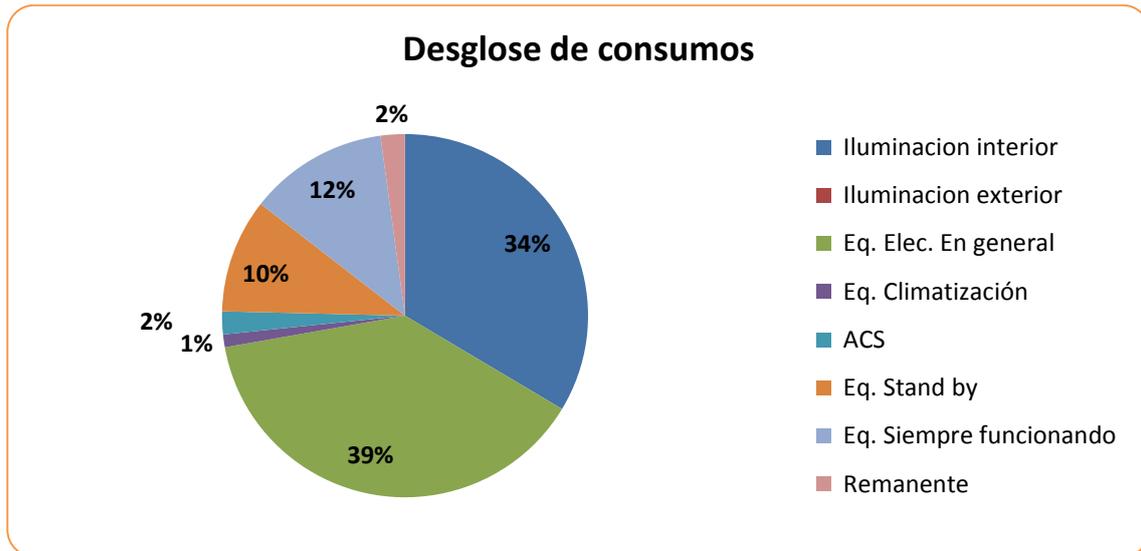


Gráfico 26 Desglose de consumos eléctricos

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

Por otra parte, existe un consumo energético destacable que corresponde a los aparatos eléctricos que están en modo espera (stand by). Este apartado engloba, por ejemplo, a:

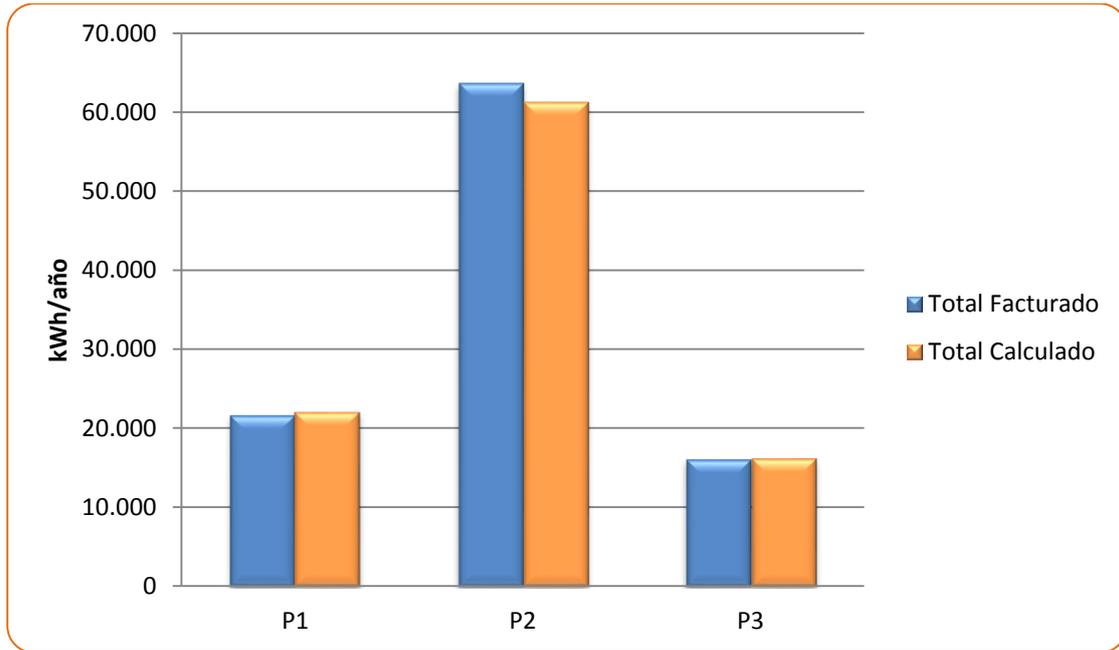
- Ordenadores, tanto de sobremesa como portátiles conectados a la red eléctrica.
- Impresoras, fotocopiadoras y escáneres.
- Televisores, proyectores, dvd, etc.
- Teléfonos con base de recarga.
- Equipos de sonido.

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 2%.



*Gráfico 27 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.

## 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>C.E.I.P. VICENTE ALEIXANDRE</b>	<b>1306</b>
		<b>29</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)	0,14721	0,11582	0,07950
Porcentaje de consumo de iluminación por periodo	28,53%	69,56%	1,91%

Los valores resultantes finales se muestran en la siguiente tabla:

Precio de la energía (cent€/kWh)	12,40780
Precio de la potencia (€/kW y año)	28,54

### 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			
18.068	53,96%	17,81%	2.241,91 €	256,82 €	2.498,73 €	25.906,08 €	10,37	7,21

### 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.

### 5.2 Ajuste de la potencia eléctrica contratada

**Descripción actuación:** adecuación de la potencia contratada en cada periodo de facturación

#### Descripción de la mejora

Adecuación de la potencia eléctrica contratada con la compañía eléctrica a la potencia que realmente demanda la instalación para de esa forma disminuir el valor económico del término de potencia en la facturación.

#### Aplicación de la mejora

Se ha realizado un análisis tarifario a partir de los datos de las facturas eléctricas del último año. Se observa que la potencia demandada se encuentra en varios de los periodos facturados por encima de la potencia contratada, por lo que se considera recomendable un ajuste de dicha potencia contratada.

Las siguientes gráficas presentan las potencias medidas por el maxímetro durante cada uno de los periodos frente a la potencia actualmente contratada, y la potencia óptima que se propone.

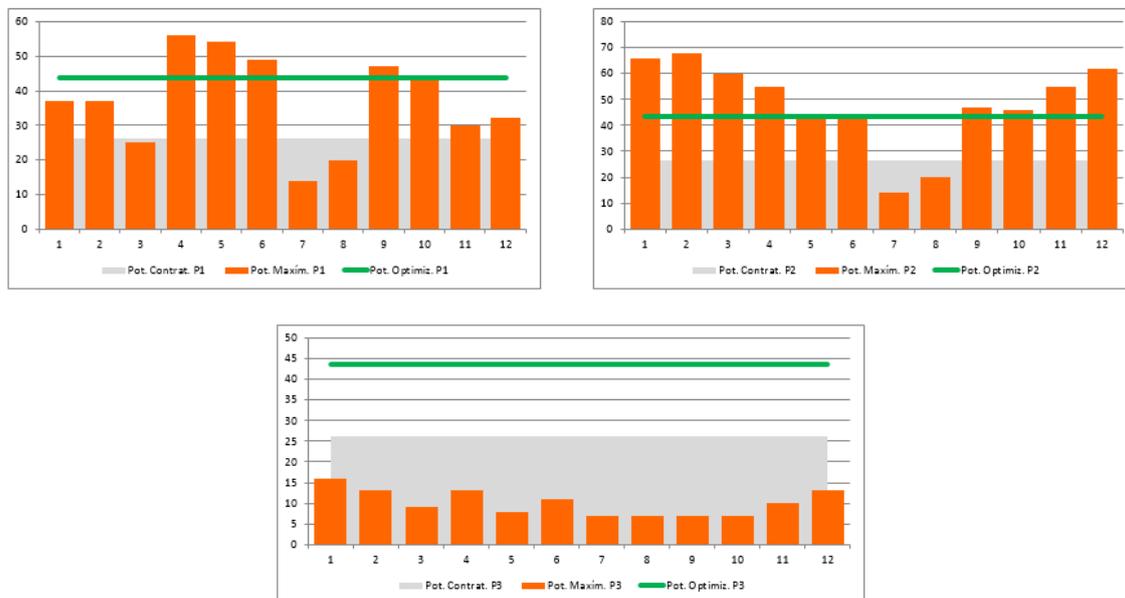


Gráfico 28 Potencias registradas y óptimas por periodo

Se ha realizado una simulación con los datos reales registrados por el maxímetro en el último año y diferentes valores de potencias contratadas. De esta forma se obtienen los valores que minimizan el importe en la facturación debida al término de potencia. Según dicho análisis se recomienda aumentar la potencia contratada a **43,6 / 43,6 / 43,6 kW** en los tres periodos, a pesar que las potencias registradas son superiores, debido al tipo de instalación y el contador instalado en la actualidad es el máximo permitido.

Para tomar esta decisión es necesario estudiar si hay previsto un aumento o disminución de equipos que impliquen un cambio en la demanda actual. Cualquier modificación de potencia

instalada o del uso actual de las instalaciones invalida esta opción, que se considera idónea en las condiciones actuales.

### Cálculo de ahorros

Para el cálculo del ahorro económico anual se ha tomado como precio del término de potencia fijado en el R.D. 1454/2005 del 2 de Diciembre para los contratos del Ayuntamiento de Marbella, al que se le ha añadido el 5,1127% de impuesto de electricidad.

Tipo de tarifa	P1 (€/kW año)	P2 (€/kW año)	P3 (€/kW año)
3.0 A	42,81	25,69	17,12

La inversión de la medida puede considerarse prácticamente nula, ya que las comercializadoras eléctricas cobran una cantidad media inferior a los 20€ por la realización de las gestiones.

### Ahorros económicos

POT CONTRATADA			POTENCIA RECOMENDADA			Ahorro económico €/año
P1	P2	P3	P1	P2	P3	
26,6	26,3	26,3	43,6	43,6	43,6	1.075,18

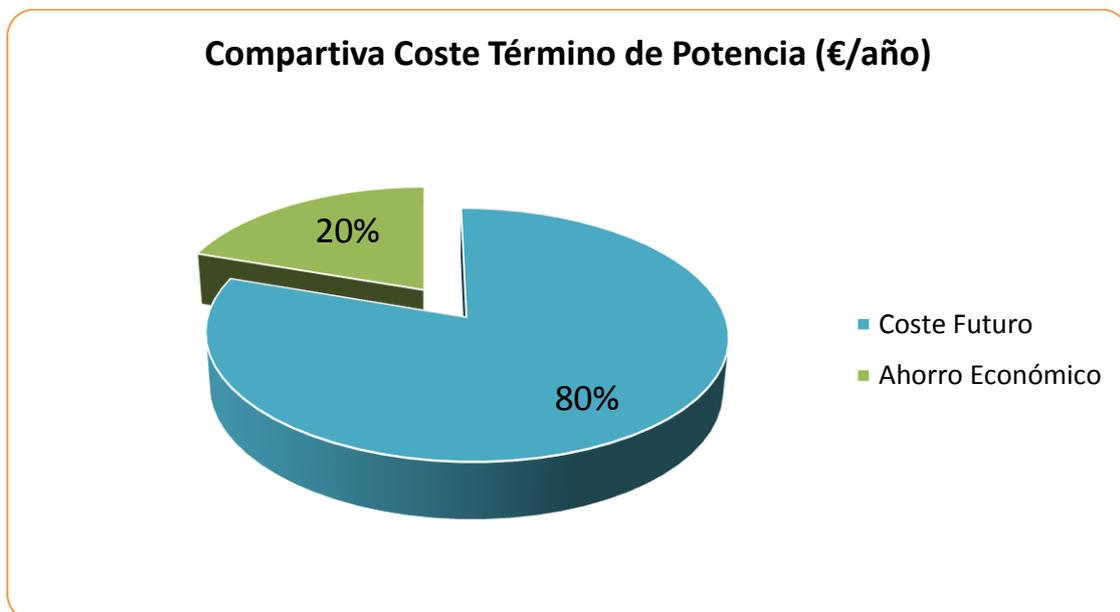


Gráfico 29 Ahorros obtenidos con el cambio de potencia

### Riesgo técnico

Esta medida no presenta ningún riesgo técnico para su aplicación siempre que las condiciones de uso y de equipos instalados se mantengan.

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>C.E.I.P. VICENTE ALEIXANDRE</b>	1306
		29
		Rev.04

### 5.3 Instalación de batería de condensadores

**Descripción actuación:** instalar una batería de condensadores para conseguir compensar el consumo de energía inductiva producida por los equipos consumidores.

#### Descripción de la mejora

La energía reactiva está asociada a la energía inductiva generada por los campos magnéticos internos de motores, transformadores (receptores) y otros elementos. Estos absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos necesarios para su funcionamiento, entregándola durante la destrucción de los mismos.

Existen algunos efectos negativos que se derivan del consumo de este tipo de energía:

- Costes económicos para el consumidor.
- Caídas de tensión.
- Pérdida de potencia.
- Sobrecargas en las redes de distribución.

Las compañías comercializadoras de energía eléctrica penalizan económicamente a sus clientes cuando se produce un exceso de consumo de ésta. Estas penalizaciones se aplican cuando el factor de potencia de la instalación es inferior a 0,95.

Ventajas de la compensación de la energía reactiva:

- Reducción en el recibo de electricidad.
- Aumento de la potencia disponible.
- Disminución de pérdidas por efecto Joule en los conductores y transformadores.
- Reducción de las caídas de tensión aguas arriba del punto de conexión del equipo de compensación.

#### Aplicación de la mejora

Con la instalación de la batería de condensadores se consigue que el factor de potencia de la instalación se encuentre por encima de 0,95 que es el valor mínimo exigido por la comercializadora eléctrica para no sufrir penalización económica.

A partir de los datos de las facturas eléctricas del último año se observa que existe penalización por energía reactiva, por lo que se recomienda la instalación de una batería de condensadores automática para la compensación global de la potencia reactiva en el cuadro general de la instalación.

En la siguiente tabla se muestran las características que tiene que tener la batería de condensadores necesaria para obtener un factor de potencia por encima de 0,95 y por tanto eliminar la penalización por energía reactiva existente en la facturación:

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>C.E.I.P. VICENTE ALEIXANDRE</b>	<b>1306</b>
		<b>29</b>
		<b>Rev.04</b>

Penalización por reactiva	Composición	Potencia a 440V
€	kVAr	kVAr
2,9	5+2x10	25

Tabla 22 Características de batería de condensadores

### Inversión

Al ser ésta una Auditoría en Grado de Inversión, para calcular la inversión necesaria y llevar a cabo la mejora se ha pedido presupuesto a los principales fabricantes. Con los datos anteriores se ha obtenido 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 es de 815,49 €.

La inversión incluye una batería de condensadores con regulación automática de la potencia calculada, interruptor y diferencial correspondiente, regulador de medida trifásico y la mano de obra correspondiente de montaje, conexionado y puesta en servicio.

Con los datos anteriores se obtienen los resultados de la siguiente tabla, donde se presentan los ahorros tanto energéticos como económicos con la implantación de la mejora, 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	%	€/año	€ <sup>1</sup>	años	Ton/año
--	--	254,45	815,49	3,20	--

Tabla 23 Ahorros obtenidos con la aplicación de la mejora

### Riesgo en la obtención del ahorro esperado

Los principales riesgos son los debidos a la instalación de equipos de baja calidad o a un mal dimensionamiento de la potencia de la batería de condensadores.

<sup>1</sup> Todos los precios son sin IVA

## 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

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>C.E.I.P. VICENTE ALEIXANDRE</b>	<b>1306</b>
		<b>29</b>
		<b>Rev.04</b>

Electrónicos regulables, de forma que siempre se mantiene un nivel de iluminación predefinido en la sala. Con 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

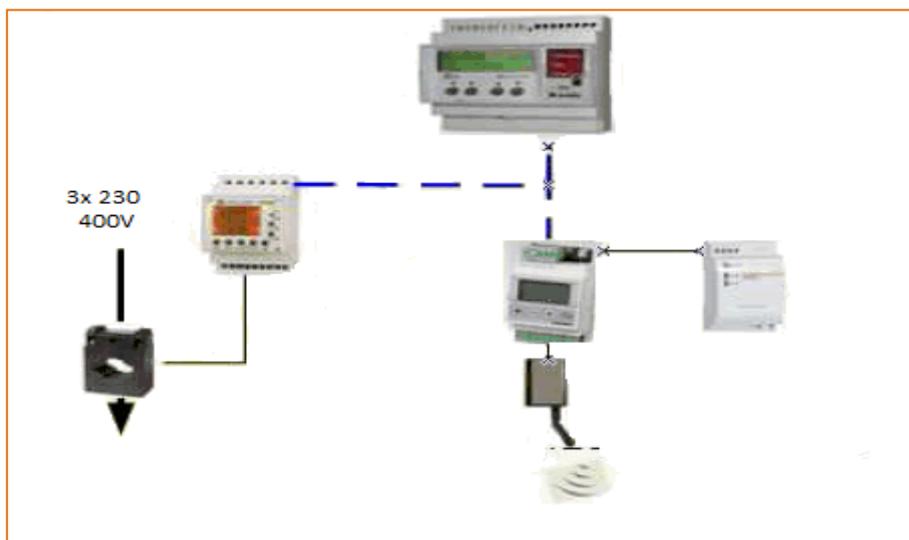
El potencial de ahorro con la utilización de sistemas de gestión de iluminación, como pueden ser sensores de luz, es de hasta un 60% del consumo de iluminación de las zonas controladas.

## 6.2 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

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>C.E.I.P. VICENTE ALEIXANDRE</b>	<b>1306</b>
		<b>29</b>
		<b>Rev.04</b>

datos de pulsos de los contadores de combustible y las sondas de temperatura se llevarán 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>C.E.I.P. VICENTE ALEIXANDRE</b>	<b>1306</b>
		<b>29</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 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

	<b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b> <b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b> <b>C.E.I.P. VICENTE ALEIXANDRE</b>	<b>1306</b>
		<b>29</b>
		<b>Rev.04</b>

la 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>2</sup>	€/año	€ <sup>3</sup>	años	Ton/año
Sustitución iluminación por tecnología LED	18.068	17,81%	2.498,73 €	25.906,08 €	10,37	7,21
Ajuste de Potencia eléctrica contratada	-	-	1.075,18	-	-	-
Instalación de Batería de condensadores	-	-	254,45	815,49	3,20	-
<b>TOTAL ELÉCTRICAS</b>	18.068	-	3.828,36	26.721,57	6,98	7,21

Tabla 24 Resumen de resultados de las actuaciones propuestas

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 vestuarios.
- 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>2</sup> Sobre el consumo eléctrico o térmico anual

<sup>3</sup> Todos los precios son sin IVA