



## INFORME

### AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA

*(C.E.I.P. Al Andalus)*

|            |                     |
|------------|---------------------|
| Nº OFERTA  | CO_1306             |
| Nº INFORME | IN_1306_48_20160315 |

| 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.....                              | 5         |
| 1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS.....     | 7         |
| 1.4.1 Producción de ACS .....                                   | 7         |
| 1.4.2 Distribución - Grupos de bombeo .....                     | 8         |
| 1.4.3 Unidades Terminales.....                                  | 9         |
| 1.5 Iluminación.....  | 15        |
| 1.5.1 Iluminación interior .....                                | 16        |
| 1.5.2 Iluminación exterior .....                                | 17        |
| 1.5.3 Sistemas de control .....                                 | 18        |
| 1.5.4 Condiciones de funcionamiento.....                        | 18        |
| 1.6 Otros equipos .....   | 19        |
| 1.7 Resumen de potencias instaladas .....                       | 22        |
| <b>2. CONSUMOS ANUALES.....</b>                                 | <b>23</b> |
| 2.1 Consumos eléctricos .....                                   | 23        |
| 2.2 Consumos térmicos.....                                      | 26        |
| 2.3 Consumos energéticos totales .....                          | 26        |
| 2.4 Índices energéticos.....                                    | 26        |
| 2.4.1 Índices energéticos eléctricos .....                      | 26        |
| <b>3. MEDICIONES REALIZADAS .....</b>                           | <b>27</b> |
| 3.1 Medidas eléctricas.....                                     | 27        |
| 3.1.1 Registros trifásicos .....                                | 27        |
| 3.1.2 Registros monofásicos.....                                | 30        |
| 3.2 Medida de nivel de iluminación .....                        | 31        |
| 3.3 Medidas térmicas.....                                       | 34        |
| 3.3.1 Registradores de temperatura y humedad .....              | 34        |
| 3.4 Análisis termográfico.....                                  | 37        |
| 3.5 Certificación energética .....                              | 37        |
| <b>4. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO .....</b>                | <b>38</b> |
| 4.1 Desglose de consumos eléctricos.....                        | 38        |
| 4.2 Desglose de consumos térmicos .....                         | 39        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.3       | Contribución de energías renovables .....                         | 39        |
| <b>5.</b> | <b>ACTUACIONES PROPUESTAS .....</b>                               | <b>40</b> |
| 5.1       | Sustitución de iluminación existente por tecnología LED .....     | 40        |
| 5.2       | 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

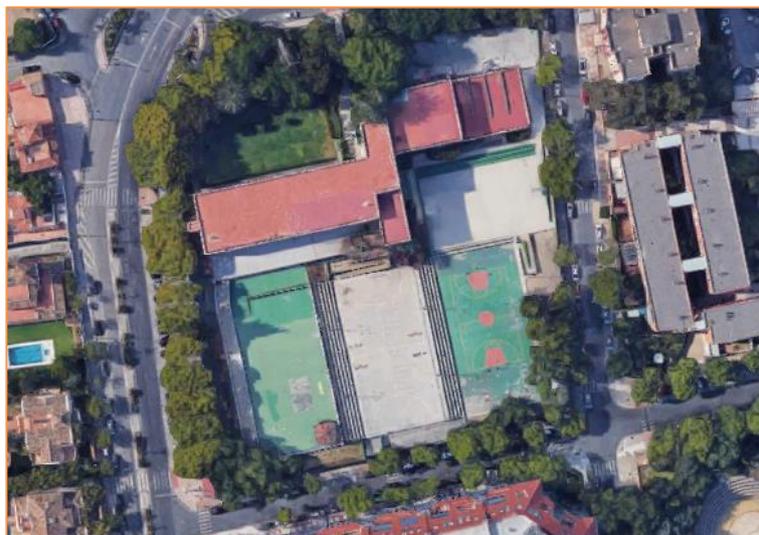
|                         |  |
|-------------------------|--|
| Denominación del Centro | CEIP Al Andalus  |
| Dirección               | Avda. Vega del mar, s/n, 29670 San Pedro de Alcántara                                    |
| Tipo de edificio        | Centro educativo   |
| Persona de Contacto     | Victoria Menacho (directora) 951 27 09 76 / Fax 951 27 09 75<br>alandalussp1@hotmail.com |
| Número de edificios     | 1  |

*Tabla 1 Resumen datos generales*

Las instalaciones del **CEIP Al Andalus** que se han auditado se encuentran situadas en la **Avenida Vega del Mar s/n** en la localidad de **San Pedro de Alcántara**.



*Imagen 1 Vista general del CEIP Al Andalus*



*Imagen 2 Vista aérea del CEIP Al Andalus*

|   |  |               |
|---|--|---------------|
|  | <b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b><br><b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b><br><b>C.E.I.P. AL ANDALUS</b> | <b>1306</b>   |
|   |  | <b>48</b>     |
|   |  | <b>Rev.06</b> |

| EDIFICIO        | Nº plantas | Sup. Útil m <sup>2</sup> | Ocupación | Horario   | Año de construcción | Año última reforma |
|-----------------|------------|--------------------------|-----------|---|---------------------|--------------------|
| CEIP Al Andalus | 4          | 8.813                    | 800       | Sept -Julio 9:00 a 19:00.<br>Julio - 15 Agosto 9:00 a 14:00.<br>El resto del año cerrado. | 1980                | 2013               |

Tabla 2 Resumen de horario, usos y datos constructivos

En el año 2005 se construyó el comedor y en el año 2013 se anuló el algibe y se instalaron acumuladores.

| EDIFICIO           | Nº personas | Horario de funcionamiento        | Uso            |
|--------------------|-------------|----------------------------------|----------------|
| Dirección          | 1           | 9:00 a 15:00                     | Administrativo |
| Aulas              | 25          | De 9:00 a 14:00<br>16:00 a 18:00 | Educativo      |
| Jefe de estudios   | 1           | 9:00 a 15:00                     | Administrativo |
| Secretaría         | 2           | 9:00 a 15:00                     | Administrativo |
| Biblioteca         | 20          | 9:00 a 14:00                     | Educativo      |
| Comedor            | 325         | 14:00 a 16:00                    | Otros          |
| Cocina             | 15          | 8:00 a 16:00                     | Otros          |
| Música             | 25          | 9:00 a 14:00                     | Educativo      |
| Gimnasio           | 25          | 9:00 a 14:00                     | Deportivo      |
| Manualidades       | 12          | 16:00 a 18:00                    | Educativo      |
| Sala de profesores | 10          | 9:00 a 14:00<br>16:00 a 18:00    | Administrativo |

Tabla 3 Ocupación y horario por zonas y actividades del Edificio

## 1.2 Planos y distribución

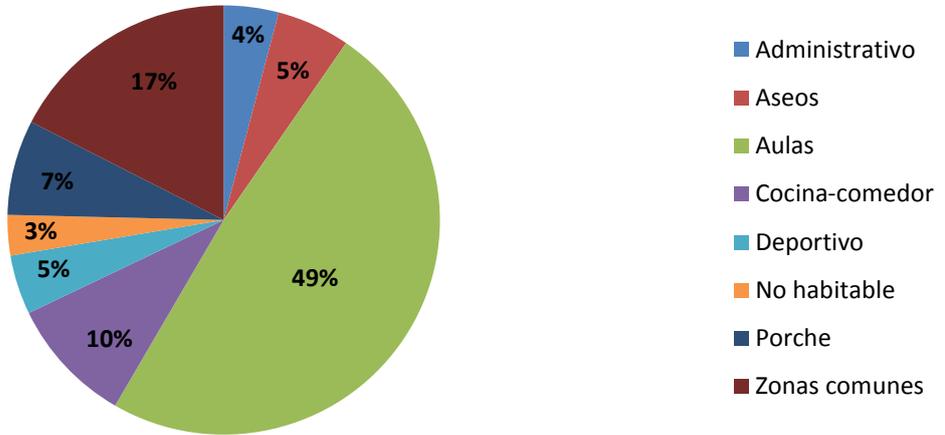
En la tabla siguiente se muestran los metros cuadrados según los usos para cada una de las plantas.

| USO                          | Planta 0 | Planta 1 | Planta 2 | Planta 3 | Sup. Total (m <sup>2</sup> ) |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|------------------------------|
| Administrativo               | --       | 148,04   | 17,00    | --       | 165,04                       |
| Aseos                        | 79,01    | 62,40    | 78,75    | --       | 220,16                       |
| Aulas                        | 154,83   | 508,00   | 746,00   | 553,80   | 1.962,63                     |
| Cocina-comedor               | 381,95   | --       | --       | --       | 381,95                       |
| Deportivo                    | 180,00   | --       | --       | --       | 180,00                       |
| No habitable                 | 89,69    | 16,52    | 8,23     | 8,00     | 122,44                       |
| Porche                       | 288,11   | --       | --       | --       | 288,11                       |
| Zonas comunes                | 81,85    | 263,90   | 223,20   | 133,20   | 702,15                       |
| Sup. Total (m <sup>2</sup> ) | 1.255,44 | 998,86   | 1.073,18 | 695,00   | 4.022,48                     |

Tabla 4 Distribución de Superficie por usos

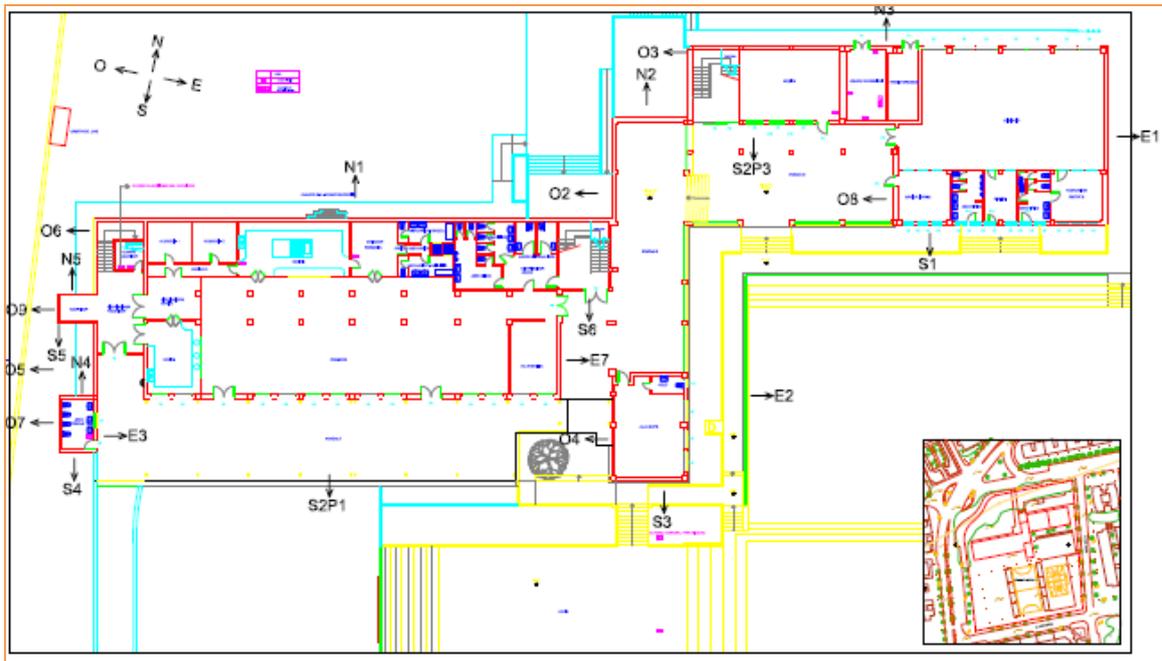
A continuación se muestra un gráfico donde se recogen las superficies según el tipo de uso. En él se observa que la zona dedicada a aulas abarca el 49% de la superficie total de la instalación, mientras que el resto se reparte entre los diferentes usos, destacando el espacio destinado a zonas comunes con un 17%.

### Superficie según usos

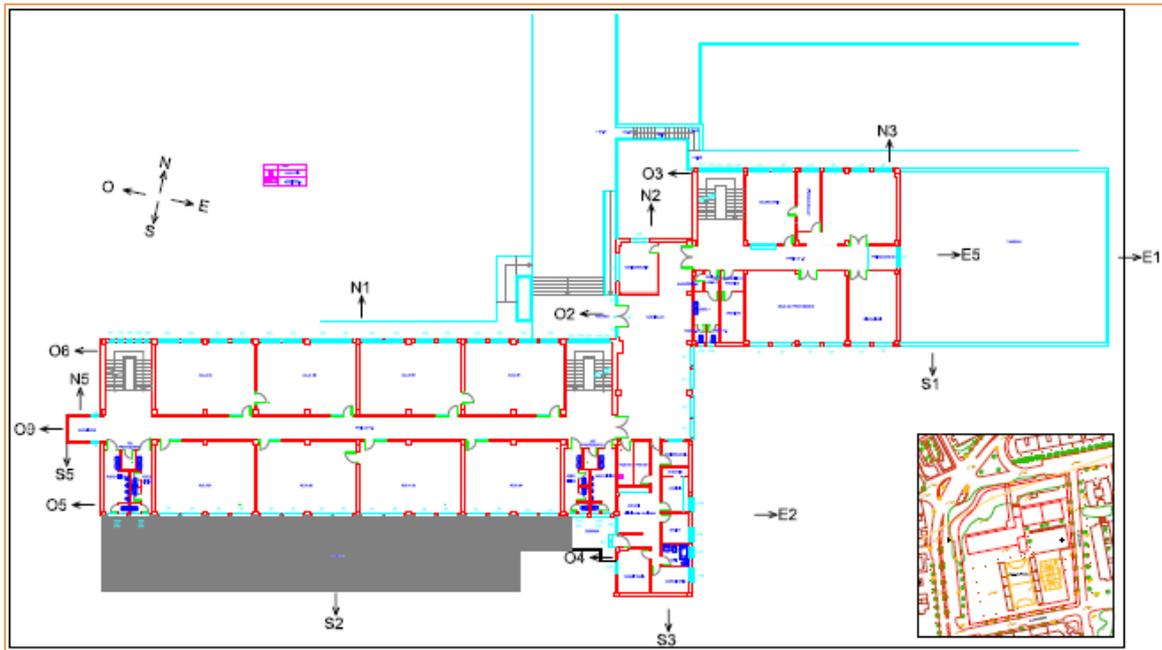


*Gráfico 1 Superficie según Usos*

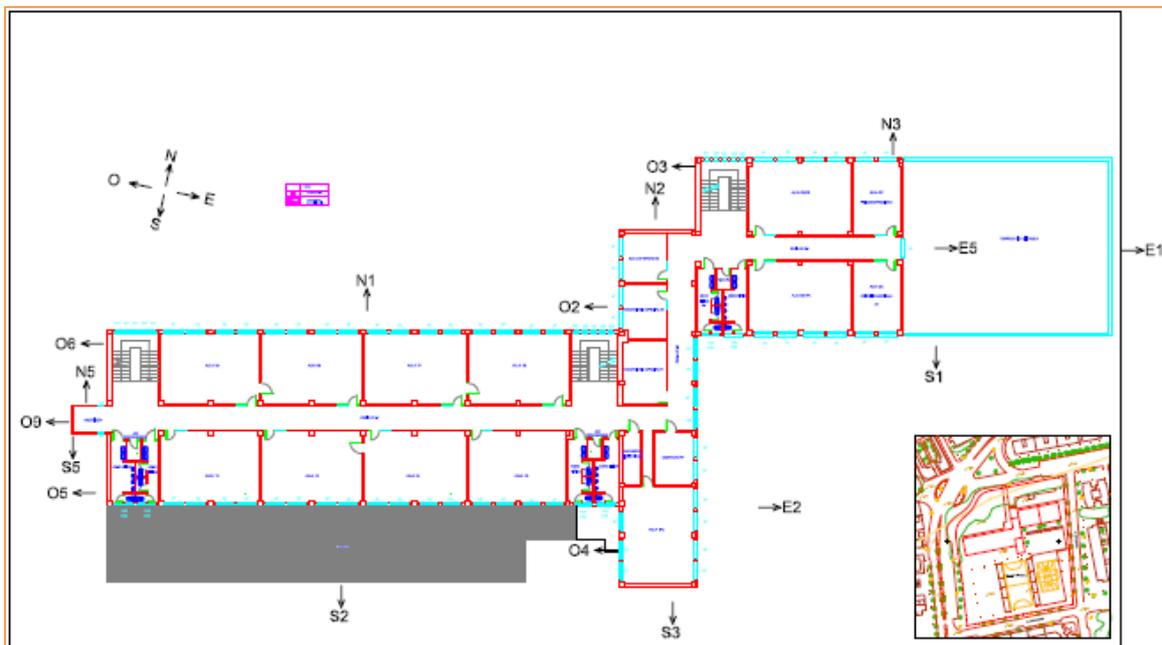
A continuación se muestran los planos por planta de la instalación:



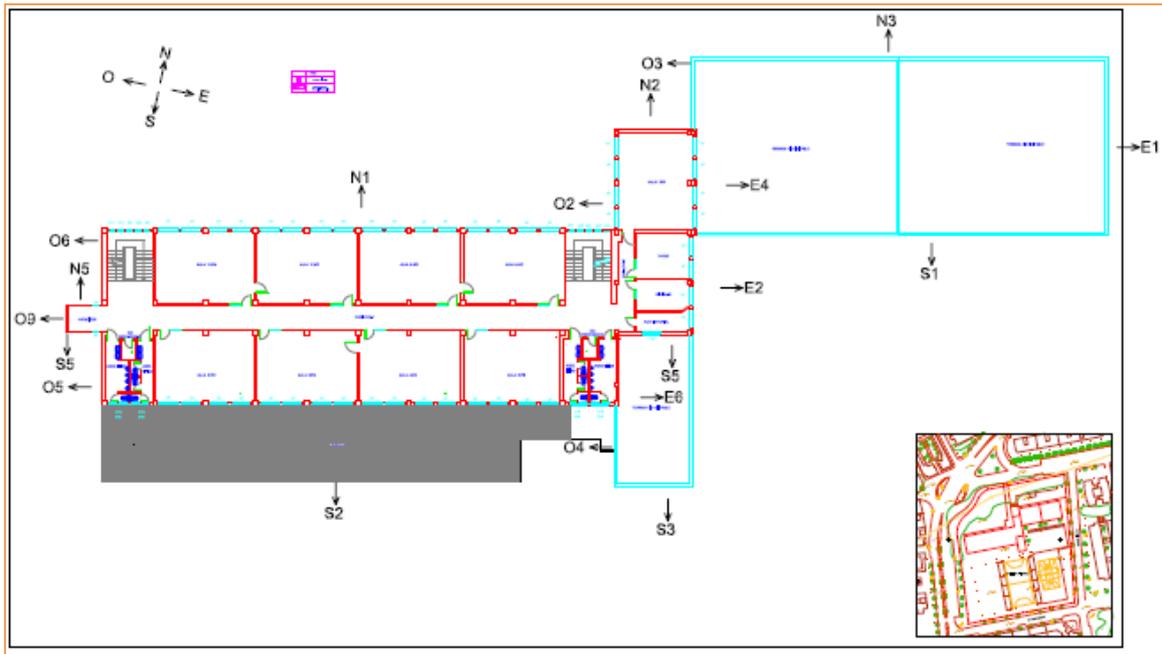
*Plano 1 Planta Baja*



Plano 2 Planta Primera



Plano 3 Planta Segunda



*Plano 4 Planta Tercera*

### 1.3 Envoltente 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 reguladoras de la envoltente 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 1980; y por lo tanto lo hizo bajo la influencia de dichas normas MV.

El edificio en planta tiene forma rectangular repartida en dos bloques adyacentes. Todas las fachadas del edificio presentan las mismas características constructivas, caracterizando las fachadas por acabados en ladrillo caravista entremezclando con elementos verticales entre los cerramientos con un revoco liso en color verde.

La cubierta es plana y transitable formada por grava.

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



*Imagen 3 Diferentes tipos de carpintería exterior*

|   |  |               |
|---|--|---------------|
|  | <b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b><br><b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b><br><b>C.E.I.P. AL ANDALUS</b> | <b>1306</b>   |
|   |  | <b>48</b>     |
|   |  | <b>Rev.06</b> |

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

El centro consta de un sistema de calefacción compuesto por radiadores de diferentes tipologías (pared, suelo y portátil) con batería de calentamiento mediante resistencia eléctrica para cubrir las necesidades térmicas de las estancias que lo requieran.

La producción de ACS en el centro se lleva a cabo mediante una caldera mural, ubicada en la estancia office a la que da servicio.

Por otra parte, el centro cuenta con una UTA destinada a la ventilación de diferentes estancias a través de difusores.

##### 1.4.1 Producción de ACS

A continuación se describen las características de los equipos generadores de calor existentes en el centro:

|   |                         |
|---|-------------------------|
| <b>Nº generador</b>                               | <b>Tipo 1</b>           |
| <b>Generador</b>                                  | <b>Caldera</b>          |
| <b>Zona de tratamiento</b>                        | Office                  |
| <b>Servicio</b>                                   | <b>ACS</b>              |
| <b>Combustible</b>                                | <b>GLP</b>              |
| <b>Tipo</b>                                       | <b>Mural - Estándar</b> |
| <b>Marca</b>                                      | Junkers                 |
| <b>Modelo</b>                                     | WR11 G31 S2895 FD 482   |
| <b>Potencia útil nominal (kWt)</b>                | <b>16,90</b>            |
| <b>Tipo quemador</b>                              | Atmosférico             |
| <b>Sistema de gestión centralizado</b>            | No                      |
| <b>Control - encendido / apagado</b>              | Manual                  |
| <b>Mes inicio calefacción</b>                     | Enero                   |
| <b>Mes final calefacción</b>                      | Diciembre               |
| <b>días/semana</b>                                | (L-V)                   |
| <b>horario funcionamiento/día (por la mañana)</b> | 12:00-14:00             |
| <b>horario funcionamiento/día (por la tarde)</b>  | 14:00-16:00             |

*Tabla 5 Características central de producción ACS*

Las imágenes de la caldera se muestran a continuación:



*Imagen 4 Office – Caldera mural*

#### 1.4.2 Distribución - Grupos de bombeo

A continuación se resumen los grupos de bombeo existentes en el centro:

| Nº bomba                    | 1                                      | 2                                      |
|-----------------------------|--|--|
| Circuito                    | <b>Grupo de presión agua sanitaria</b> | <b>Grupo de presión agua sanitaria</b> |
| Edificio                    | Edificio principal                     | Edificio principal                     |
| Ubicación                   | <b>Grupo de presión</b>                | <b>Grupo de presión</b>                |
| Denominación                | <b>B1</b>                              | <b>B2</b>                              |
| Tipo                        | Rótor seco - simple                    | Rótor seco - simple                    |
| Marca                       | ESPA                                   | ESPA                                   |
| Modelo                      | VE94 6                                 | VE94 6                                 |
| Variador de frecuencia      | No                                     | No                                     |
| Caudal (l/h)                | 13.020,00                              | 13.020,00                              |
| Presión disponible (m.c.a.) | 122,4                                  | 122,4                                  |
| Potencia abs (kW)           | 2,30                                   | 2,30                                   |

*Tabla 6 Características grupos de bombeo*



*Imagen 5 Grupos de bombeo – Grupo de presión de agua sanitaria*

|   |  |               |
|---|--|---------------|
|  | <b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b><br><b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b><br><b>C.E.I.P. AL ANDALUS</b> | <b>1306</b>   |
|   |  | <b>48</b>     |
|   |  | <b>Rev.06</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 por zonas:

#### Radiadores y convectores eléctricos

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

| Característica                | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Unidad terminal               | Convector eléctrico   | Radiador eléctrico    | Radiador eléctrico    | Radiador eléctrico    | Radiador eléctrico    |
| Tipo                          | Suelo                 | Suelo                 | Pared                 | Suelo                 | -                     |
| Servicio                      | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           |
| Edificio                      | CEIP Al Andalus       |
| Planta                        | 1                     | 1                     | 2                     | 0                     | 0                     |
| Zona de tratamiento           | Jefe de estudios      | Sala profesores       | Aula Psicomotricidad  | Aula 80 5ªB           | Aula matinal          |
| Marca                         | DUCASA                | -                     | -                     | -                     | -                     |
| Cantidad                      | 1                     | 1                     | 2                     | 1                     | 1                     |
| Batería calor                 | Resistencia eléctrica |
| Pot. Calorífica Unitaria (kW) | 1,00                  | 1,50                  | 2,00                  | 1,20                  | 1,50                  |
| Pot. Abs. (kW)                | 1,00                  | 1,50                  | 4,00                  | 1,20                  | 1,50                  |
| Regulación                    | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        |
| Tipo control                  | Usuario               | Usuario               | Usuario               | Usuario               | Usuario               |

Tabla 7 Características de radiadores y convectores instalados

| Característica                | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | 10                    |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Unidad terminal               | Convector eléctrico   | Radiador eléctrico    | Convector eléctrico   | Convector eléctrico   | Convector eléctrico   |
| Tipo                          | Suelo                 | Suelo                 | -                     | -                     | -                     |
| Servicio                      | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           |
| Edificio                      | CEIP Al Andalus       |
| Planta                        | 1                     | 1                     | 1                     | 1                     | 1                     |
| Zona de tratamiento           | Aula 37               | Aula 38               | Aula 39               | Aula 40               | Aula 31               |
| Marca                         | Equation              | Comelec               | Equation              | Comelec               | Equation              |
| Cantidad                      | 1                     | 1                     | 1                     | 1                     | 1                     |
| Batería calor                 | Resistencia eléctrica |
| Pot. Calorífica Unitaria (kW) | 1,80                  | 1,20                  | 1,80                  | 1,20                  | 1,80                  |
| Pot. Abs. (kW)                | 1,80                  | 1,20                  | 1,80                  | 1,20                  | 1,80                  |
| Regulación                    | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        |
| Tipo control                  | Usuario               | Usuario               | Usuario               | Usuario               | Usuario               |

Tabla 8 Características de radiadores y convectores instalados

| Característica                | 11                    | 12                    | 13                    | 14                    | 15                    |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Unidad terminal               | Convector eléctrico   | Convector eléctrico   | Convector eléctrico   | Radiador eléctrico    | Radiador eléctrico    |
| Tipo                          | -                     | -                     | -                     | Suelo                 | Suelo                 |
| Servicio                      | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           |
| Edificio                      | CEIP Al Andalus       |
| Planta                        | 1                     | 1                     | 1                     | 2                     | 2                     |
| Zona de tratamiento           | Aula 32               | Aula 33               | Aula 34               | Aula psicomotricidad  | Apoyo 24              |
| Marca                         | Equation              | Comelec               | Equation              | -                     | Comelec               |
| Cantidad                      | 1                     | 1                     | 1                     | 2                     | 1                     |
| Batería calor                 | Resistencia eléctrica |
| Pot. Calorífica Unitaria (kW) | 1,80                  | 1,20                  | 1,80                  | 4,00                  | 1,20                  |
| Pot. Abs. (kW)                | 1,80                  | 1,20                  | 1,80                  | 8,00                  | 1,20                  |
| Regulación                    | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        |
| Tipo control                  | Usuario               | Usuario               | Usuario               | Usuario               | Usuario               |

*Tabla 9 Características de radiadores y convectores instalados*

| Característica                | 16                    | 17                    | 18                    | 19                    | 20                    |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Unidad terminal               | Radiador eléctrico    |
| Tipo                          | Suelo                 | -                     | -                     | -                     | -                     |
| Servicio                      | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           |
| Edificio                      | CEIP Al Andalus       |
| Planta                        | 2                     | 2                     | 2                     | 2                     | 2                     |
| Zona de tratamiento           | Aula 23 6ºB           | Aula 26               | Aula 29               | Aula 13               | Aula 14               |
| Marca                         | -                     | Comelec               | Comelec               | Comelec               | Comelec               |
| Cantidad                      | 1                     | 1                     | 1                     | 1                     | 1                     |
| Batería calor                 | Resistencia eléctrica |
| Pot. Calorífica Unitaria (kW) | 1,20                  | 1,20                  | 1,20                  | 1,20                  | 1,20                  |
| Pot. Abs. (kW)                | 1,20                  | 1,20                  | 1,20                  | 1,20                  | 1,20                  |
| Regulación                    | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        |
| Tipo control                  | Usuario               | Usuario               | Usuario               | Usuario               | Usuario               |

*Tabla 10 Características de radiadores y convectores instalados*

| Característica      | 21                    | 22                    | 23                    | 24                    | 25                    |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Unidad terminal     | Radiador eléctrico    |
| Tipo                | -                     | Pared                 | -                     | -                     | -                     |
| Servicio            | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           |
| Edificio            | CEIP Al Andalus       |
| Planta              | 2                     | 2                     | 3                     | 3                     | 3                     |
| Zona de tratamiento | Aula 15               | Aula 16               | Aula 2 6ºC            | Aula 3 6ºA            | Aula 4 4ºA            |
| Marca               | Comelec               | Comelec               | Equation              | Equation              | Equation              |
| Cantidad            | 1                     | 1                     | 1                     | 1                     | 1                     |
| Batería calor       | Resistencia eléctrica |

| Característica                | 21             | 22             | 23             | 24             | 25             |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Pot. Calorífica Unitaria (kW) | 1,20           | 1,20           | 1,80           | 1,80           | 1,80           |
| Pot. Abs. (kW)                | 1,20           | 1,20           | 1,80           | 1,80           | 1,80           |
| Regulación                    | Sin regulación | Sin regulación | Sin regulación | Sin regulación | Sin regulación |
| Tipo control                  | Usuario        | Usuario        | Usuario        | Usuario        | Usuario        |

*Tabla 11 Características de radiadores y convectores instalados*

| Característica                | 26                    | 27                    | 28                    | 29                    | 30                    |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Unidad terminal               | Radiador eléctrico    |
| Servicio                      | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           |
| Edificio                      | CEIP Al Andalus       |
| Planta                        | 3                     | 3                     | 3                     | 3                     | 3                     |
| Zona de tratamiento           | Aula 5 4ºB            | Aula 8 4ºC            | Aula 10 5ºC           | Aula 9 5ºD            | Aula 11 5ºA           |
| Marca                         | Equation              | Equation              | Equation              | Equation              | Equation              |
| Cantidad                      | 1                     | 1                     | 1                     | 1                     | 1                     |
| Batería calor                 | Resistencia eléctrica |
| Pot. Calorífica Unitaria (kW) | 1,80                  | 1,80                  | 1,80                  | 1,80                  | 1,80                  |
| Pot. Abs. (kW)                | 1,80                  | 1,80                  | 1,80                  | 1,80                  | 1,80                  |
| Regulación                    | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        |
| Tipo control                  | Usuario               | Usuario               | Usuario               | Usuario               | Usuario               |

*Tabla 12 Características de radiadores y convectores instalados*

| Característica                | 31                    | 32                    | 33                    |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Unidad terminal               | Radiador eléctrico    | Radiador eléctrico    | Radiador eléctrico    |
| Servicio                      | Calefacción           | Calefacción           | Calefacción           |
| Edificio                      | CEIP Al Andalus       | CEIP Al Andalus       | CEIP Al Andalus       |
| Planta                        | 3                     | 3                     | 3                     |
| Zona de tratamiento           | CAR 75                | Inglés 76             | Aula 7 3ºB            |
| Cantidad                      | 1                     | 1                     | 1                     |
| Batería calor                 | Resistencia eléctrica | Resistencia eléctrica | Resistencia eléctrica |
| Pot. Calorífica Unitaria (kW) | 1,20                  | 1,20                  | 2,50                  |
| Pot. Abs. (kW)                | 1,20                  | 1,20                  | 2,50                  |
| Regulación                    | Sin regulación        | Sin regulación        | Sin regulación        |
| Tipo control                  | Usuario               | Usuario               | Usuario               |

*Tabla 13 Características de radiadores y convectores instalados*



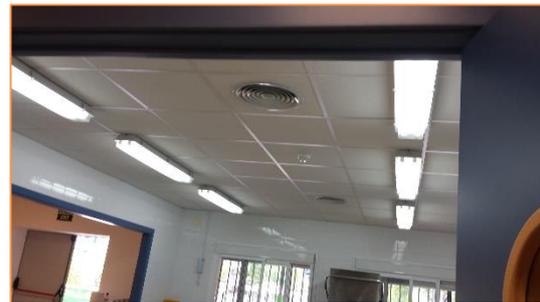
*Imagen 6 Tipología de **unidades interiores instaladas- Radiadores y convectores eléctricos de suelo***



*Imagen 7 Tipología de **unidades interiores instaladas- Radiadores y convectores eléctricos de suelo***

### UTAs - Unidades de tratamiento de aire

En este caso, no ha sido posible definir las características técnicas de la UTA de que consta el centro al encontrarse ubicada en el interior del falso techo. Por otra parte, el consumo eléctrico derivado de este equipo se debe únicamente a los ventiladores de impulsión y retorno. Se trata de un equipo destinado a la ventilación del edificio. Además, según información facilitada por el personal del centro, se encuentra en desuso.



*Imagen 8 Tipología de UTAs instaladas –Elementos de difusión de aire*

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

| Zona           | Superficie Calefactada (m <sup>2</sup> ) | Pot. Calorífica (kW) | Ratio (W/ m <sup>2</sup> ) |
|----------------|--|----------------------|----------------------------|
| Administrativo | 68,70                                    | 2,50                 | 36,39                      |
| Aulas          | 1.544,60                                 | 50,20                | 32,50                      |
| <b>Total</b>   | <b>1.613,30</b>                          | <b>52,70</b>         | <b>32,67</b>               |

Tabla 14 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:

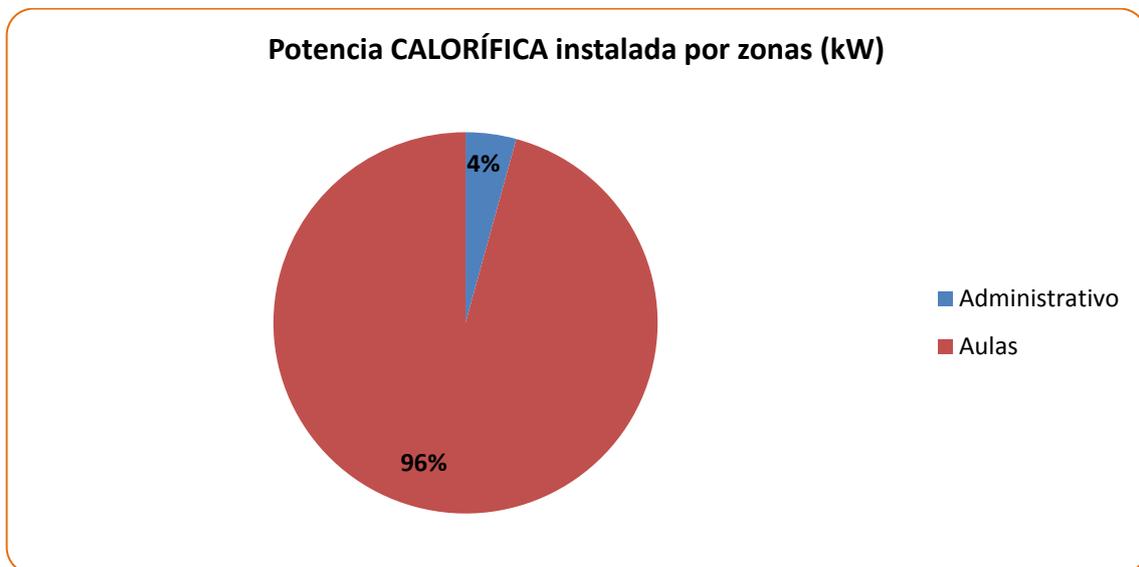


Gráfico 2 Porcentaje de potencia calorífica instalada por zonas

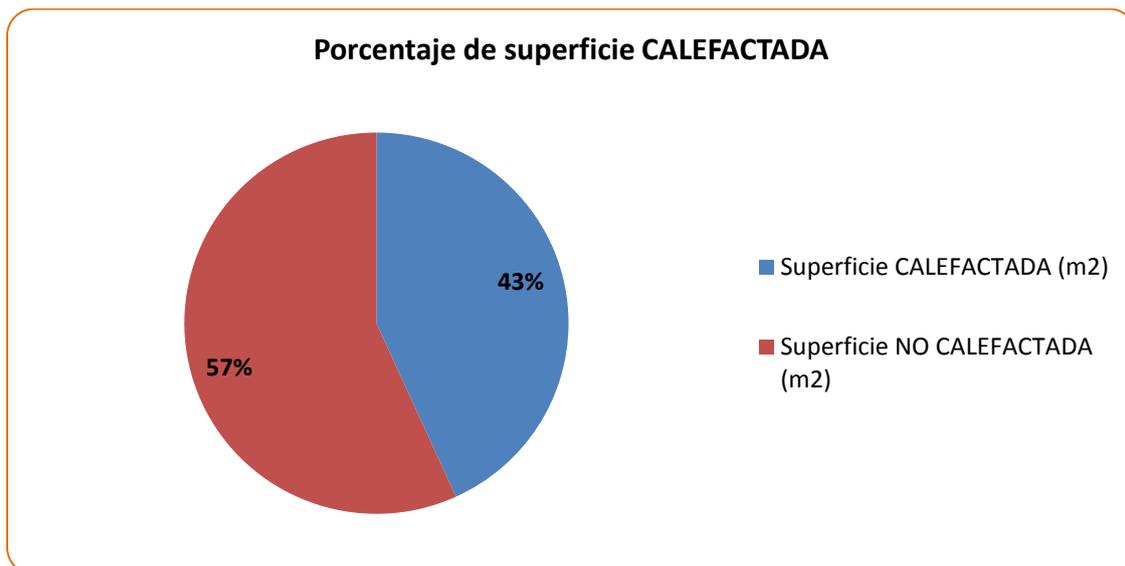


Gráfico 3 Porcentaje de superficie calefactada

### 1.5 Iluminación

La potencia total instalada es de 44,73 kW, que se distribuye según usos tal como se muestra en el siguiente gráfico.

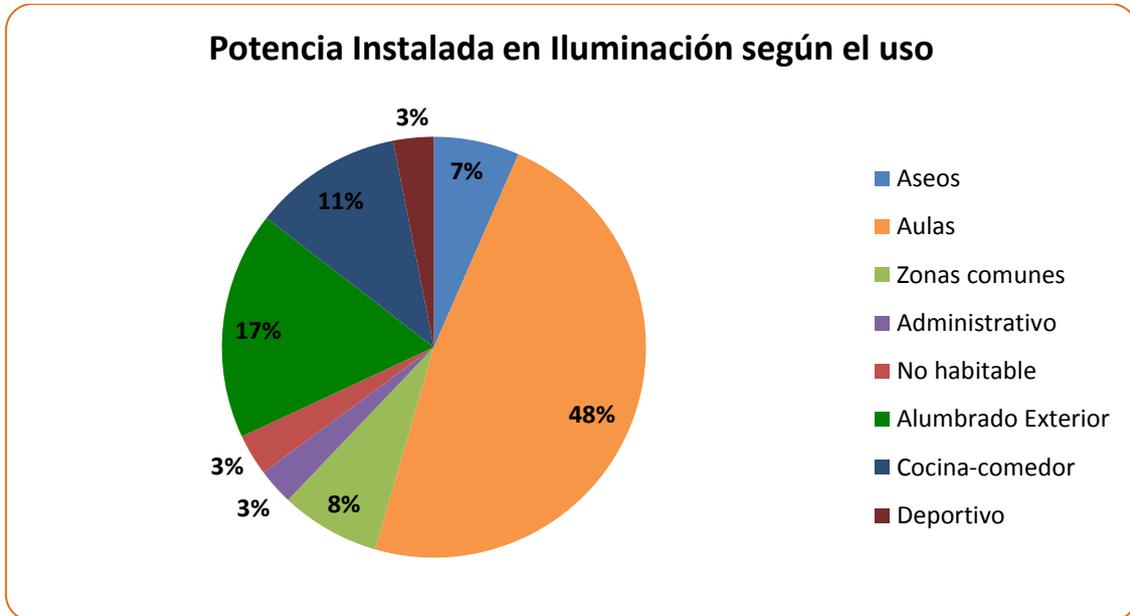


Gráfico 4 % Potencia instalada en iluminación según el uso

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.

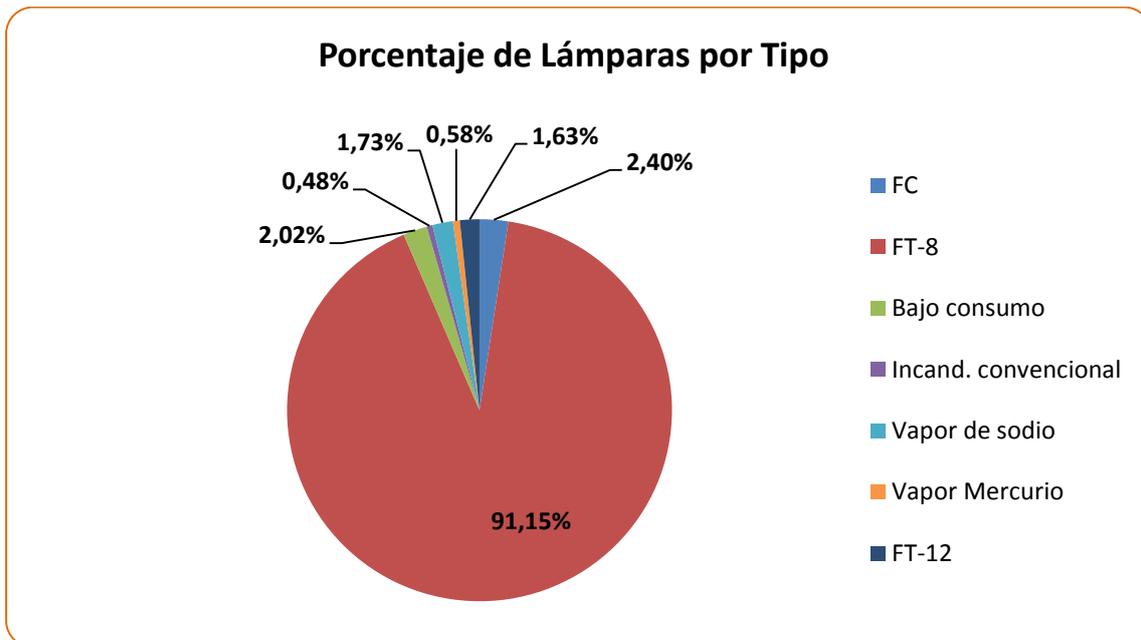


Gráfico 5 % de cada tipo de lámpara instalada

### 1.5.1 Iluminación interior

En la tabla siguiente se muestra un resumen detallado por zonas 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                   | 453        | 35,42        |
| FT-8                 | 443        | 34,62        |
| 1                    | 78         | 3,22         |
| 36                   | 71         | 3,07         |
| 18                   | 7          | 0,15         |
| 4                    | 68         | 5,88         |
| 18                   | 68         | 5,88         |
| 2                    | 297        | 25,53        |
| 36                   | 294        | 25,40        |
| 18                   | 3          | 0,13         |
| FT-12                | 10         | 0,79         |
| 1                    | 3          | 0,12         |
| 40                   | 2          | 0,10         |
| 20                   | 1          | 0,02         |
| 2                    | 7          | 0,67         |
| 40                   | 7          | 0,67         |
| -                    | 32         | 1,49         |
| FT-8                 | 2          | 0,14         |
| 2                    | 2          | 0,14         |
| 36                   | 2          | 0,14         |
| Incand. convencional | 4          | 0,20         |
| 1                    | 4          | 0,20         |
| 60                   | 2          | 0,12         |
| 40                   | 2          | 0,08         |
| FC                   | 24         | 1,00         |
| 1                    | 23         | 0,92         |
| 40                   | 23         | 0,92         |
| 2                    | 1          | 0,08         |
| 40                   | 1          | 0,08         |
| Vapor de sodio       | 1          | 0,13         |
| 1                    | 1          | 0,13         |
| 125                  | 1          | 0,13         |
| Bajo consumo         | 1          | 0,02         |
| 1                    | 1          | 0,02         |
| 20                   | 1          | 0,02         |
| <b>Total general</b> | <b>485</b> | <b>36,91</b> |

Tabla 15 Resumen de lámparas instaladas

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

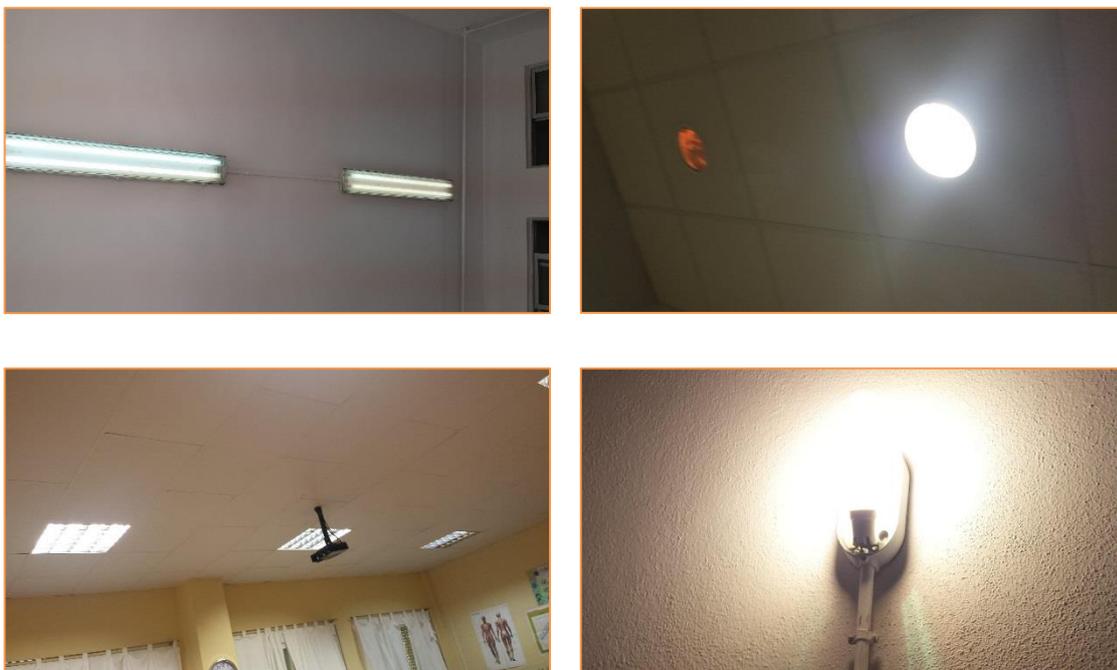


Imagen 9 Tipos de luminarias instaladas

### 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)    |
|----------------------|-----------|-------------|
| -                    | 44        | 7,82        |
| Incand. convencional | 1         | 0,06        |
| 1                    | 1         | 0,06        |
| 60                   | 1         | 0,06        |
| Vapor de sodio       | 17        | 6,55        |
| 1                    | 17        | 6,55        |
| 150                  | 1         | 0,15        |
| 400                  | 16        | 6,40        |
| Bajo consumo         | 20        | 0,44        |
| 1                    | 20        | 0,44        |
| 26                   | 6         | 0,16        |
| 20                   | 14        | 0,28        |
| Vapor Mercurio       | 6         | 0,78        |
| 1                    | 6         | 0,78        |
| 150                  | 1         | 0,15        |
| 125                  | 5         | 0,63        |
| <b>Total general</b> | <b>44</b> | <b>7,82</b> |

Tabla 16 Resumen de iluminación exterior



*Imagen 10 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.

### 1.6 Otros equipos

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

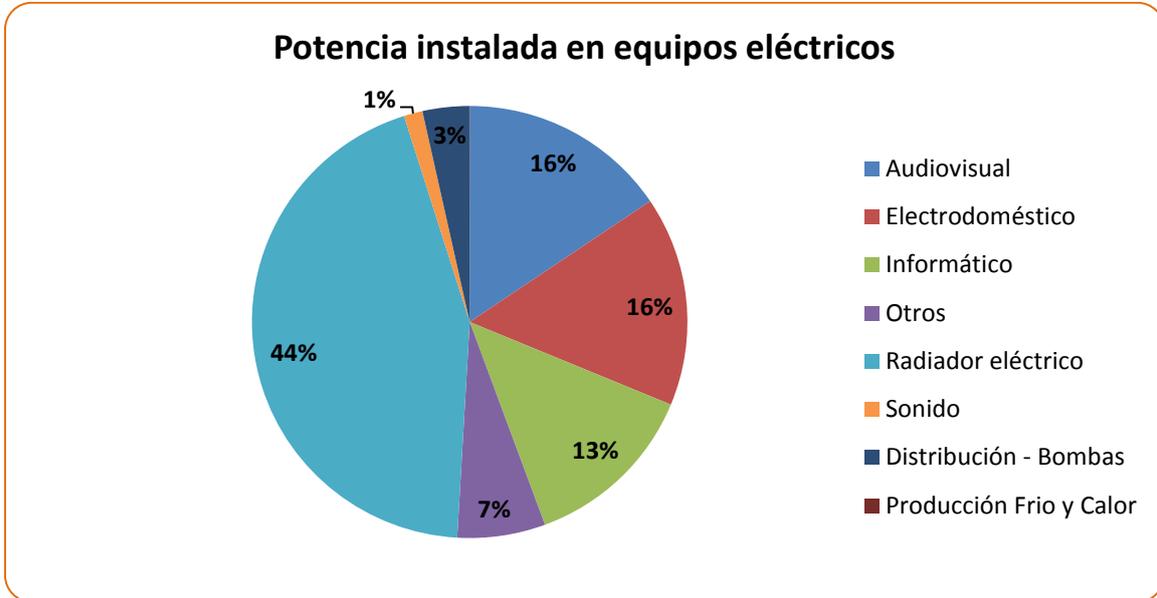
| Tipos de Equipos                 | Suma de N° Equipos | Suma de Potencia total (kW) |
|----------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| <b>Audiovisual</b>               | <b>60</b>          | <b>20,648</b>               |
| <b>Proyector</b>                 | <b>29</b>          | <b>11,352</b>               |
| 450                              | 21                 | 9,45                        |
| 226                              | 7                  | 1,582                       |
| 320                              | 1                  | 0,32                        |
| <b>DVD</b>                       | <b>1</b>           | <b>0,05</b>                 |
| 50                               | 1                  | 0,05                        |
| <b>Smartboard</b>                | <b>29</b>          | <b>8,996</b>                |
| 300                              | 25                 | 7,5                         |
| 374                              | 4                  | 1,496                       |
| <b>TV</b>                        | <b>1</b>           | <b>0,25</b>                 |
| 250                              | 1                  | 0,25                        |
| <b>Electrodoméstico</b>          | <b>15</b>          | <b>20,836</b>               |
| <b>Lavavajillas</b>              | <b>2</b>           | <b>9,7</b>                  |
| 6900                             | 1                  | 6,9                         |
| 2800                             | 1                  | 2,8                         |
| <b>Máquina de café</b>           | <b>2</b>           | <b>2,4</b>                  |
| 1200                             | 2                  | 2,4                         |
| <b>Microondas</b>                | <b>2</b>           | <b>2,5</b>                  |
| 1200                             | 1                  | 1,2                         |
| 1300                             | 1                  | 1,3                         |
| <b>Nevera</b>                    | <b>1</b>           | <b>0,11</b>                 |
| 110                              | 1                  | 0,11                        |
| <b>Freidora</b>                  | <b>2</b>           | <b>4</b>                    |
| 2000                             | 2                  | 4                           |
| <b>Congelador arcón</b>          | <b>2</b>           | <b>0,68</b>                 |
| 220                              | 1                  | 0,22                        |
| 460                              | 1                  | 0,46                        |
| <b>Mesa fría de 4 puertas</b>    | <b>1</b>           | <b>0,39</b>                 |
| 390                              | 1                  | 0,39                        |
| <b>Mesa fría de 2 hojas</b>      | <b>1</b>           | <b>0,25</b>                 |
| 250                              | 1                  | 0,25                        |
| <b>Nevera industrial 2 hojas</b> | <b>1</b>           | <b>0,8</b>                  |
| 800                              | 1                  | 0,8                         |
| <b>Báscula</b>                   | <b>1</b>           | <b>0,006</b>                |
| 6                                | 1                  | 0,006                       |
| <b>Informático</b>               | <b>58</b>          | <b>17,4431</b>              |
| <b>Impresora</b>                 | <b>8</b>           | <b>7,7</b>                  |
| 250                              | 2                  | 0,5                         |

| Tipos de Equipos                 | Suma de Nº Equipos | Suma de Potencia total (kW) |
|----------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| 1900                             | 1                  | 1,9                         |
| 360                              | 2                  | 0,72                        |
| 1440                             | 1                  | 1,44                        |
| 1600                             | 1                  | 1,6                         |
| 1540                             | 1                  | 1,54                        |
| <b>Ordenador de sobremesa</b>    | <b>26</b>          | <b>7,63</b>                 |
| 130                              | 1                  | 0,13                        |
| 300                              | 25                 | 7,5                         |
| <b>Portátil</b>                  | <b>21</b>          | <b>2,07</b>                 |
| 150                              | 3                  | 0,45                        |
| 90                               | 18                 | 1,62                        |
| <b>Router</b>                    | <b>2</b>           | <b>0,04</b>                 |
| 20                               | 2                  | 0,04                        |
| <b>Switch</b>                    | <b>1</b>           | <b>0,0031</b>               |
| 3,1                              | 1                  | 0,0031                      |
| <b>Otros</b>                     | <b>37</b>          | <b>8,675</b>                |
| <b>Ventilador</b>                | <b>9</b>           | <b>0,475</b>                |
| 60                               | 1                  | 0,06                        |
| 50                               | 5                  | 0,25                        |
| 55                               | 3                  | 0,165                       |
| <b>Extractor</b>                 | <b>3</b>           | <b>0,24</b>                 |
| 200                              | 1                  | 0,2                         |
| 20                               | 2                  | 0,04                        |
| <b>Tostadora</b>                 | <b>1</b>           | <b>0,95</b>                 |
| 950                              | 1                  | 0,95                        |
| <b>Máquina para plastificar</b>  | <b>1</b>           | <b>0,22</b>                 |
| 220                              | 1                  | 0,22                        |
| <b>Router</b>                    | <b>18</b>          | <b>0,36</b>                 |
| 20                               | 18                 | 0,36                        |
| <b>Grabador cámara seguridad</b> | <b>1</b>           | <b>0,04</b>                 |
| 40                               | 1                  | 0,04                        |
| <b>Trituradora</b>               | <b>1</b>           | <b>0,39</b>                 |
| 390                              | 1                  | 0,39                        |
| <b>Kettle</b>                    | <b>3</b>           | <b>6</b>                    |
| 2000                             | 3                  | 6                           |
| <b>Sonido</b>                    | <b>89</b>          | <b>1,844</b>                |
| <b>Altavoz</b>                   | <b>18</b>          | <b>0,36</b>                 |
| 20                               | 18                 | 0,36                        |
| <b>Altavoces</b>                 | <b>48</b>          | <b>0,9</b>                  |
| 10                               | 6                  | 0,06                        |
| 20                               | 42                 | 0,84                        |

| Tipos de Equipos               | Suma de N° Equipos | Suma de Potencia total (kW) |
|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| <b>Piano</b>                   | <b>1</b>           | <b>0,024</b>                |
| 24                             | 1                  | 0,024                       |
| <b>Radio CD</b>                | <b>11</b>          | <b>0,45</b>                 |
| 40                             | 10                 | 0,4                         |
| 50                             | 1                  | 0,05                        |
| <b>Altavoces de techo</b>      | <b>10</b>          | <b>0,06</b>                 |
| 6                              | 10                 | 0,06                        |
| <b>Equipo de música</b>        | <b>1</b>           | <b>0,05</b>                 |
| 50                             | 1                  | 0,05                        |
| <b>Radiador eléctrico</b>      | <b>35</b>          | <b>58,7</b>                 |
| <b>Radiador</b>                | <b>35</b>          | <b>58,7</b>                 |
| 1500                           | 2                  | 3                           |
| 2000                           | 2                  | 4                           |
| 1200                           | 14                 | 16,8                        |
| 1000                           | 1                  | 1                           |
| 1800                           | 13                 | 23,4                        |
| 4000                           | 2                  | 8                           |
| 2500                           | 1                  | 2,5                         |
| <b>Distribución - Bombas</b>   | <b>2</b>           | <b>4,6</b>                  |
| <b>Bomba</b>                   | <b>2</b>           | <b>4,6</b>                  |
| 2300                           | 2                  | 4,6                         |
| <b>Producción Frio y Calor</b> | <b>1</b>           | <b>0,03</b>                 |
| <b>Quemador</b>                | <b>1</b>           | <b>0,03</b>                 |
| 30                             | 1                  | 0,03                        |
| <b>Total general</b>           | <b>297</b>         | <b>132,7761</b>             |

Tabla 17 Resumen equipos eléctricos y potencia unitaria.

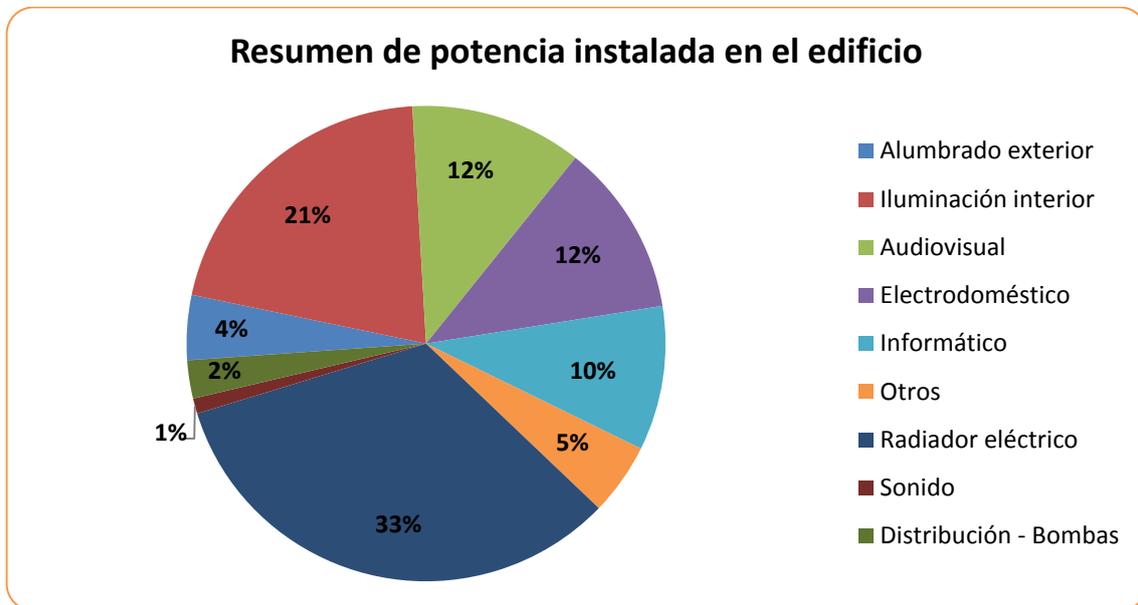
El siguiente gráfico muestra el peso porcentual que cobra cada tipología de equipo eléctrico en cuanto a potencia instalada.



*Gráfico 6 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 7 Potencia instalada por usos*

|   |  |               |
|---|--|---------------|
|  | <b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b><br><b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b><br><b>C.E.I.P. AL ANDALUS</b> | <b>1306</b>   |
|   |  | <b>48</b>     |
|   |  | <b>Rev.06</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>                           | ES0031103021918001QS0F | <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>       | 35,71                  | 35,71                   | 35,71     |
| <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 Diciembre del 2013 hasta Diciembre del 2014.

| Fecha inicio | Fecha Fin  | Consumo P1 (kWh) | Consumo P2 (kWh) | Consumo P3 (kWh) | Potencia Maximétrica (kW) | Facturado Reactiva (€) | Base imponible (€) |
|--------------|------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------|------------------------|--------------------|
| 30/12/2013   | 29/01/2014 | 1.718            | 10.604           | 787              | 33 /58 /11                | 112,93                 | 1.960,61           |
| 29/01/2014   | 26/02/2014 | 1.051            | 6.371            | 882              | 30 /58 /13                | 62,24                  | 1.328,28           |
| 26/02/2014   | 27/03/2014 | 870              | 5.550            | 876              | 22 /49 /10                | 75,31                  | 1.182,22           |
| 27/03/2014   | 29/04/2014 | 2.332            | 3.739            | 1.045            | 45 /49 /10                | 82,35                  | 1.369,94           |
| 29/04/2014   | 28/05/2014 | 2.341            | 3.362            | 865              | 38 /43 /9                 | 90,26                  | 1.160,30           |
| 28/05/2014   | 27/06/2014 | 2.188            | 3.294            | 923              | 38 /40 /9                 | 90,76                  | 1.140,28           |
| 27/06/2014   | 29/07/2014 | 507              | 990              | 777              | 10 /10 /6                 | 41,53                  | 528,17             |
| 29/07/2014   | 28/08/2014 | 406              | 759              | 675              | 10 /9 /7                  | 18,95                  | 440,87             |
| 28/08/2014   | 26/09/2014 | 1.779            | 2.653            | 898              | 40 /40 /10                | 69,70                  | 996,79             |
| 26/09/2013   | 29/10/2013 | 2.579            | 4.333            | 1.111            | 39 /40 /10                | 101,85                 | 1.345,71           |
| 29/10/2014   | 26/11/2014 | 1.054            | 6.073            | 900              | 27 /47 /14                | 104,10                 | 1.298,65           |
| 26/11/2014   | 29/12/2014 | 1.150            | 5.496            | 1.027            | 32 /51 /12                | 80,27                  | 1.316,09           |

Tabla 18 Facturación eléctrica

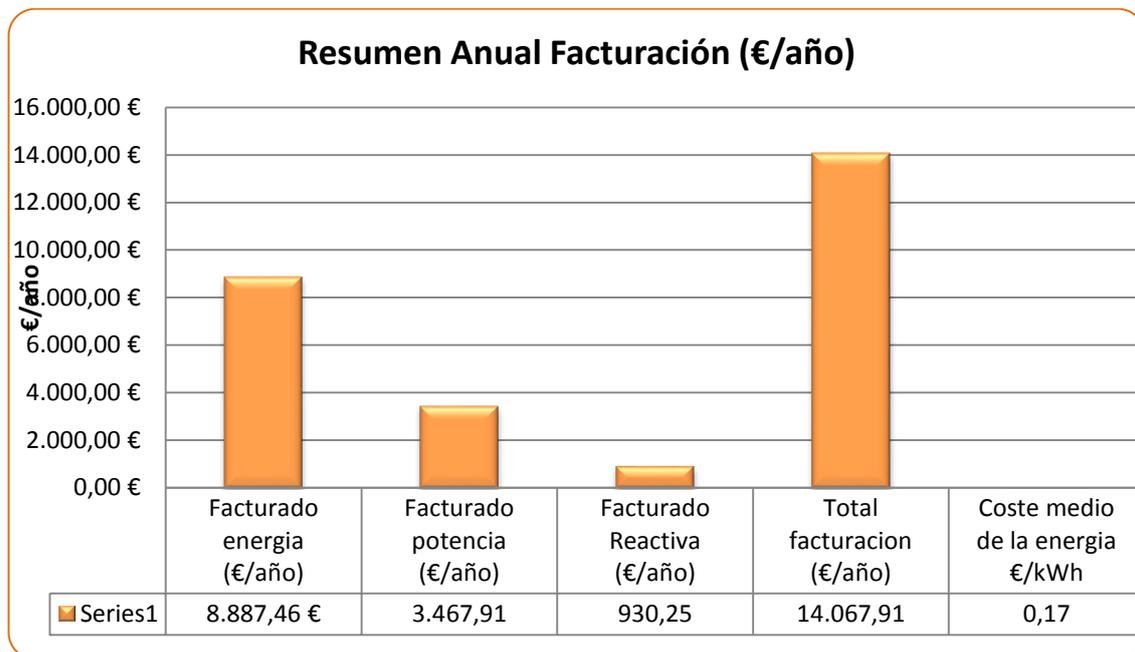
A partir de las facturas eléctricas se observa que existen **penalizaciones por energía reactiva**, siendo estas de **930,25 €/año**, por ello se recomienda colocar una batería de condensadores para eliminar estas penalizaciones en la facturación eléctrica (En el apartado de mejoras se puede ver la batería de condensadores recomendada).

|                                 | P1    | P2    | P3    |
|---------------------------------|-------|-------|-------|
| <b>Potencia contratada (kW)</b> | 35,71 | 35,71 | 35,71 |
| <b>Potencia registrada (kW)</b> | 45    | 58    | 14    |

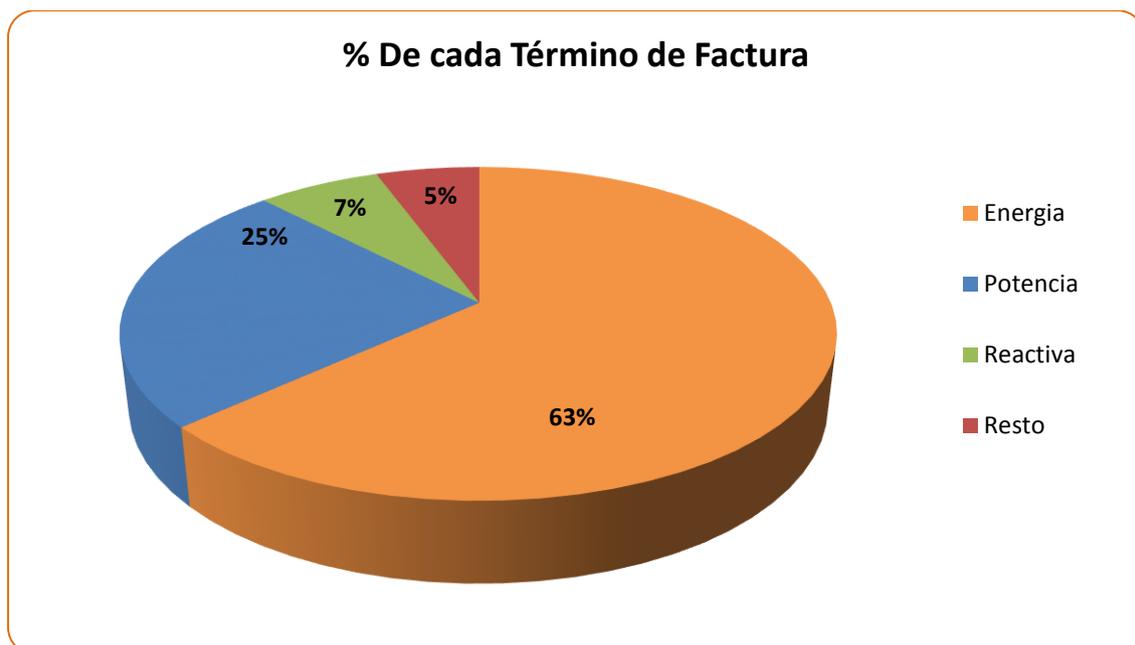
Tabla 19 Potencias contratada y registrada

Respecto a la potencia contratada se observa, tanto por las lecturas del maxímetro como con por las mediciones realizadas, que la contratada es inferior a la demandada. Sin Embargo, no se propone ningún ajuste debido a que en este aumento de potencia las penalizaciones por excesos son mayores que los ahorros obtenidos de manera que no es una opción rentable en estas condiciones. Aun así, se recomienda hacer un seguimiento de este concepto por si en un futuro esta opción fuese viable.

El gasto anual de la facturación eléctrica es el siguiente:



*Gráfico 8 Resumen Anual de Facturación*



*Gráfico 9 Resumen de los términos de Factura*

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

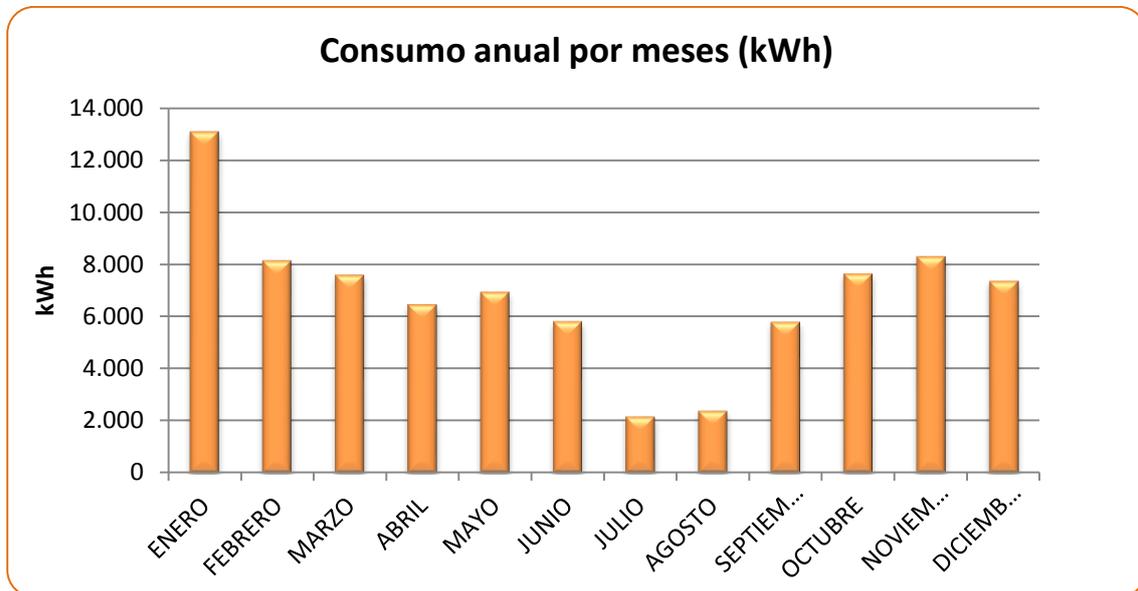


Gráfico 10 Consumo eléctrico mensual

El consumo anual por periodos se muestra a continuación:

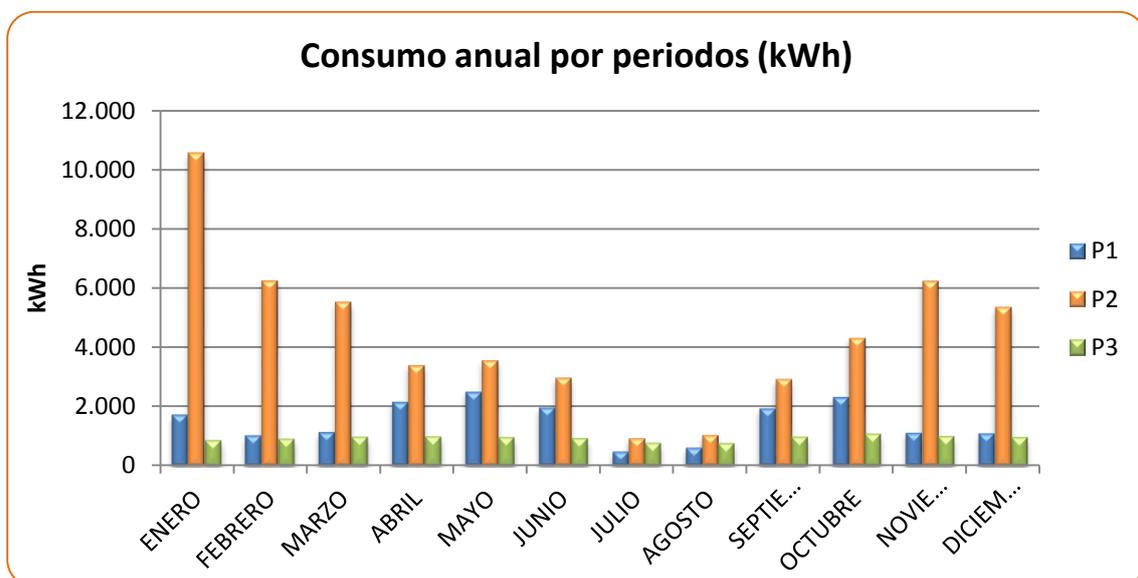


Gráfico 11 Consumo eléctrico por periodos

La siguiente tabla muestra los valores globales del periodo estudiado:

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| Total Consumo energía (kWh)        | 81.965    |
| Total Facturación (€)              | 14.067,91 |
| Media mensual de consumo (kWh/mes) | 6.830     |
| Media mensual de coste (€/mes)     | 1.172,33  |
| Coste medio energía (€/kWh)        | 0,172     |

Tabla 20 Resumen valores globales de la facturación eléctrica

## 2.2 Consumos térmicos

No ha sido posible obtener los datos del consumo de combustible en el centro para la producción térmica.

## 2.3 Consumos energéticos totales

|                   | Electricidad | Combustible (PCI) | Total     |
|-------------------|--------------|-------------------|-----------|
| Consumo (kWh/año) | 81.965       | -                 | 81.965    |
| Coste (€/año)     | 14.067,91    | -                 | 14.067,91 |

Tabla 21 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 año 2013 y el año 2014.

| PARÁMETROS GENERALES ELÉCTRICOS            |          |
|--|----------|
| Nº de personas que utilizan la instalación | 800      |
| Superficie total (m <sup>2</sup> )         | 4.022,48 |
| Pot. Instalada Iluminación Interior (kW)   | 36,9058  |
| Pot. Instalada Iluminación Exterior (kW)   | 7,82     |
| Pot. Instalada Equipos Eléctricos (kW)     | 132,7761 |
| Pot. Eléctrica Total Instalada (kW)        | 177,50   |

Tabla 22 Índices energéticos – Parámetros generales eléctricos

| ÍNDICES ELÉCTRICOS                   |           |
|--------------------------------------|-----------|
| kWh/año                              | 81.965,00 |
| €/kWh                                | 0,17      |
| kWh/m <sup>2</sup> Total             | 20,38     |
| €/m <sup>2</sup> Total               | 3,50      |
| kWh/persona uso                      | 102,46    |
| €/persona uso                        | 17,58     |
| Ton CO <sub>2</sub> /año             | 32,70     |
| Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>   | 8,13      |
| Pot. Iluminación en W/m <sup>2</sup> | 9,17      |

Tabla 23 Resumen Índices energéticos eléctricos

### 3. MEDICIONES REALIZADAS

#### 3.1 Medidas eléctricas

##### 3.1.1 Registros trifásicos

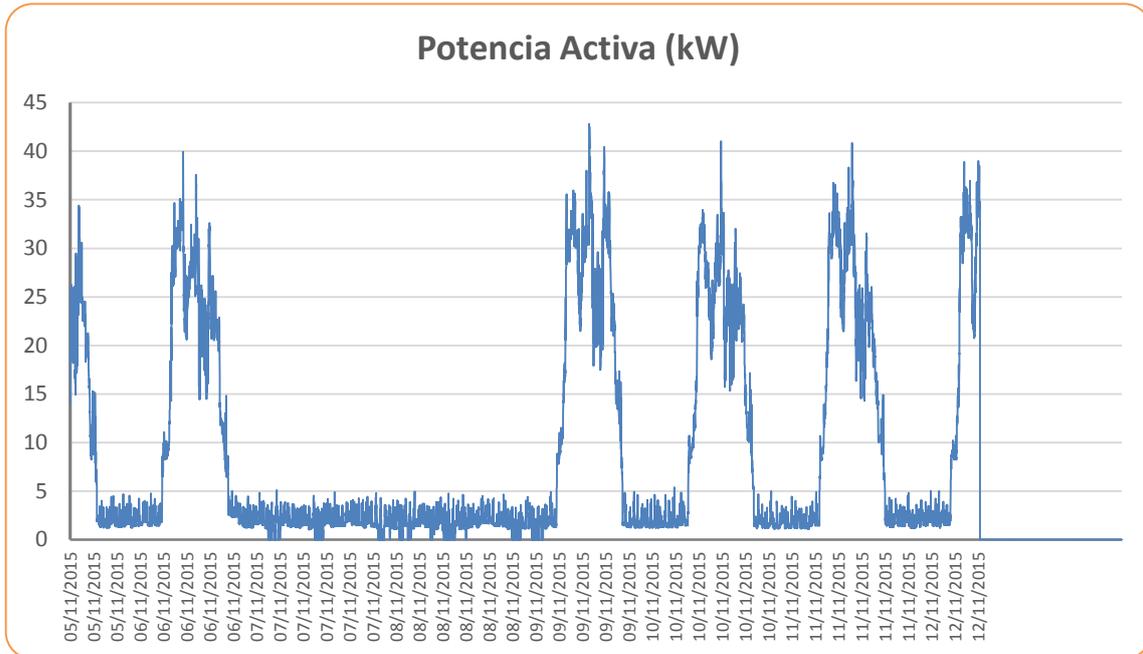


Gráfico 12 Datos de registro de potencia activa desde el 05/11/2015 al 12/11/2015

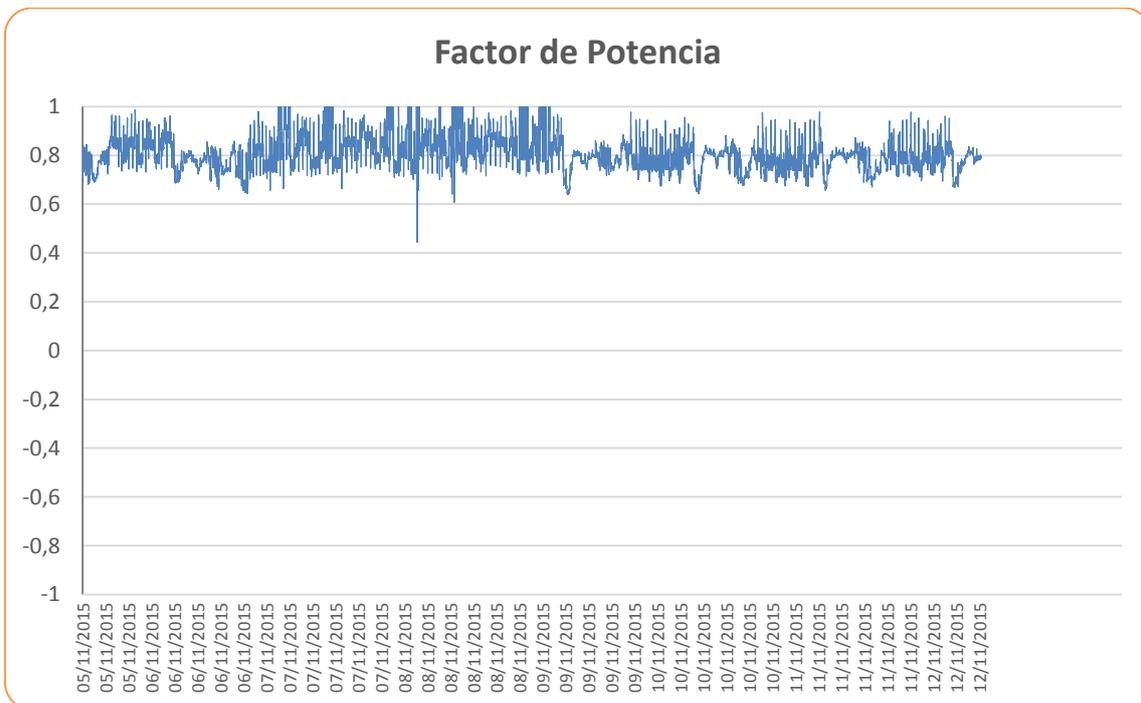
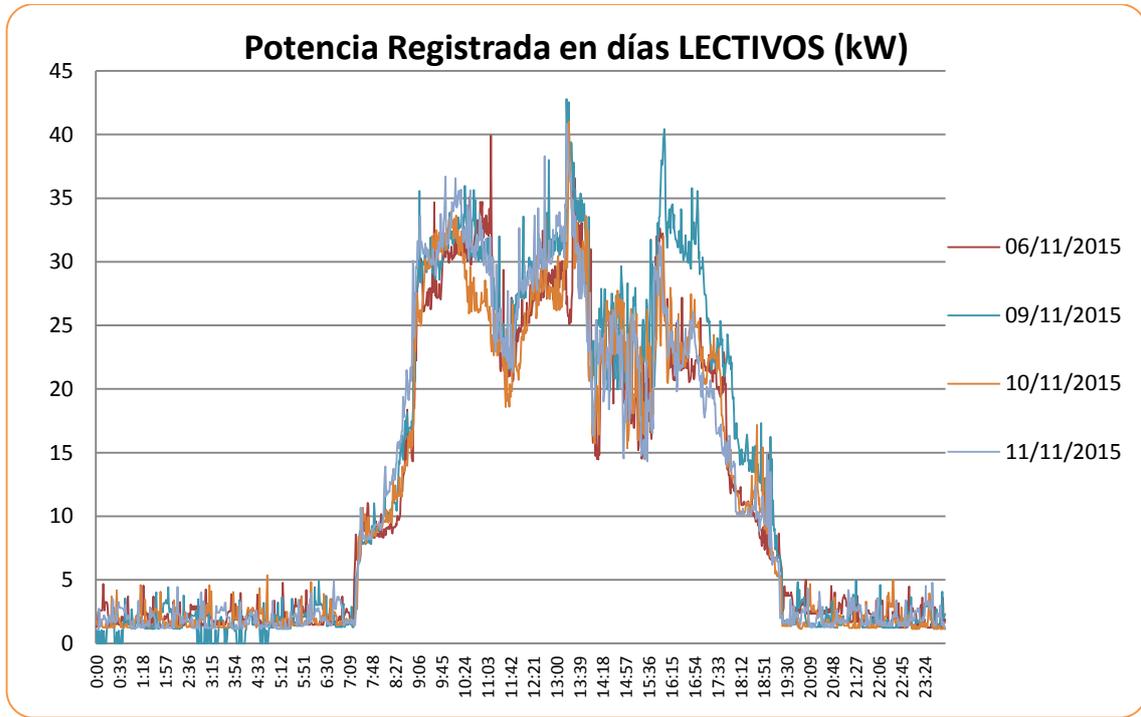
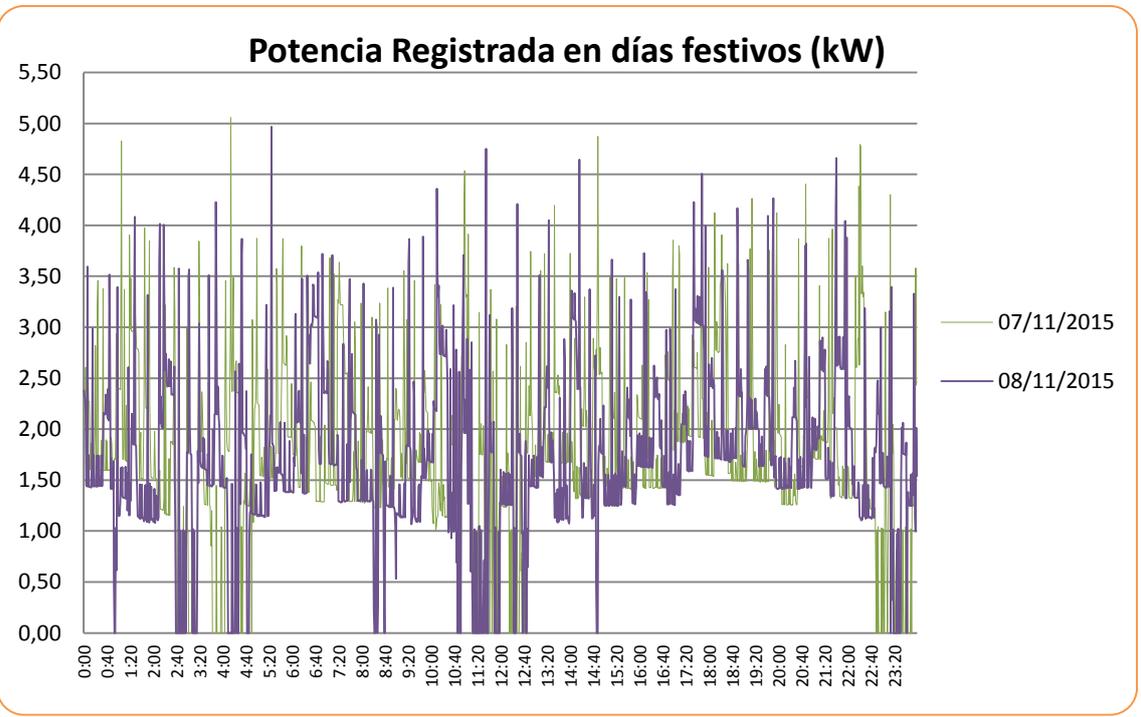


Gráfico 13 Factor de potencia trifásico registrado



*Gráfico 14 Potencia registrada en días lectivos (kW)*



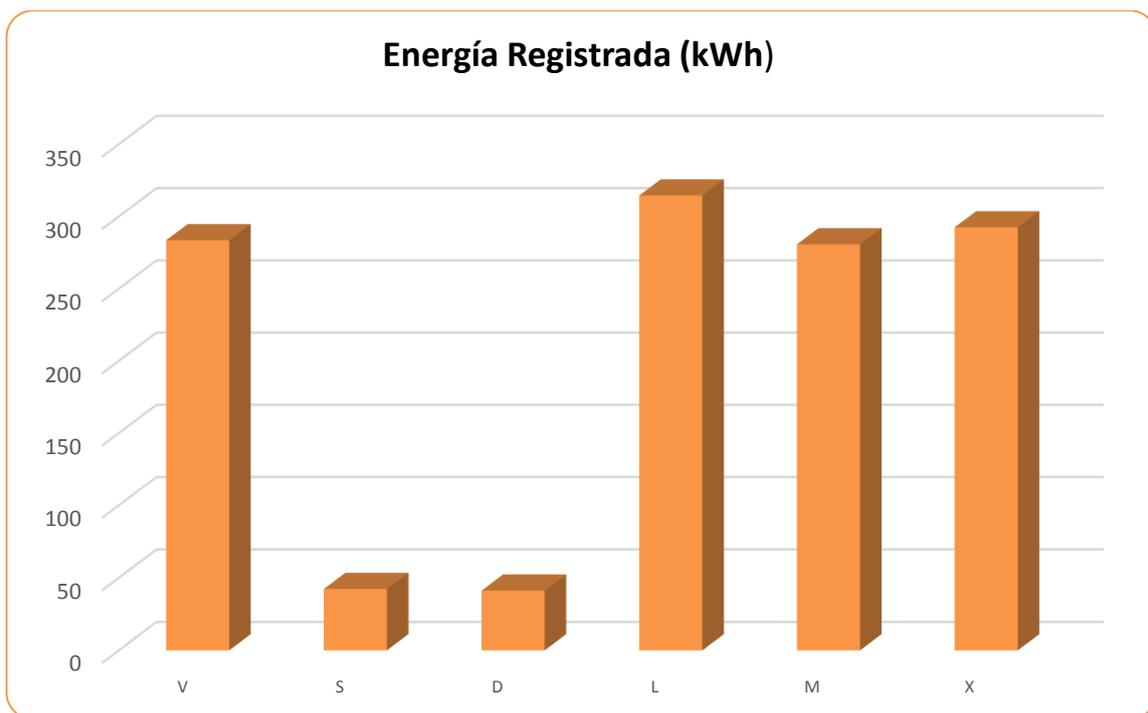
*Gráfico 15 Potencia registrada en días no lectivos (kW)*

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 1,2 kW debido a equipos que se mantienen conectados permanentemente.

Los días lectivos son muy homogéneos con una potencia máxima de 42,53 kW, en consonancia con las medidas de potencia maximétrica del último año de facturas eléctricas, y un horario principal de uso entre 7:30 y 19:30.

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

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



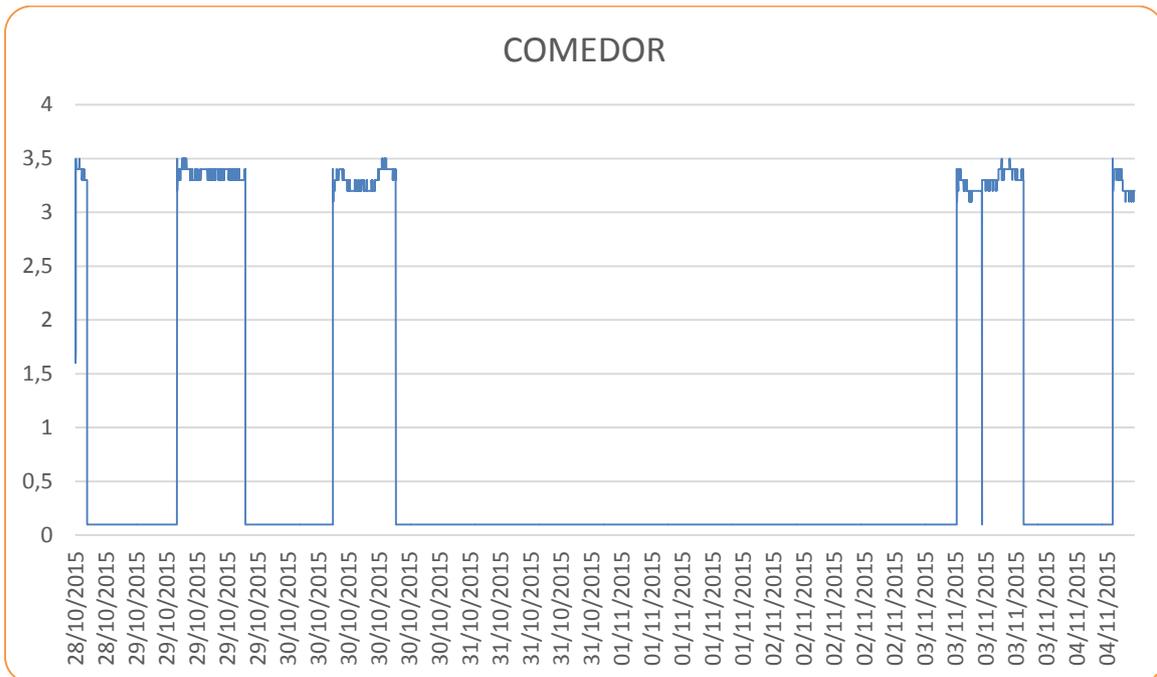
*Gráfico 16 Energía consumida por cada día de la semana*

El valor medio durante los días lectivos es de 6.148,6 kWh y durante los días festivos de 375,46 kWh. Con estos valores obtenemos un consumo mensual de 6.524,06kWh para el mes de noviembre, lo que representa un desvío respecto al valor facturado en noviembre de 2015 de un 0,71 % inferior; este desvío se explica por el consumo debido al uso fuera del horario habitual y 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.

**- Comedor**



*Gráfico 17 Registro de monofásico instalado en el comedor*



*Gráfico 18 Registro de monofásico instalado en la sala de música*

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

- Comedor: 8 h
- Sala de música: 3,5 h

### 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.

| Ubicación           | Potencia (W) | Área (m <sup>2</sup> ) | Iluminancia Media (lux) | Valor s/ Norma (lux) | VEEI  |
|---------------------|--------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-------|
| AMPA                | 96           | 12,78                  | 581                     | 300                  | 1,29  |
| Aula 80 5ºB         | 518,4        | 49,00                  | 311                     | 300                  | 3,40  |
| Baño Aula 80        | 40           | 4,50                   | 570                     | 150                  | 1,56  |
| Gimnasio            | 1382,4       | 180,00                 | 352                     | 300                  | 2,18  |
| Aseos minusválidos  | 80           | 5,00                   | 302                     | 150                  | 5,30  |
| Aseos niñas         | 200          | 11,90                  | 100                     | 150                  | 16,81 |
| Aula matinal        | 432          | 27,50                  | 220                     | 300                  | 7,14  |
| Comedor             | 3542,4       | 285,20                 | 425                     | 200                  | 2,92  |
| Pasillo 0           | 160          | 8,61                   | 280                     | 200                  | 6,64  |
| Office              | 518,4        | 30,00                  | 640                     | 200                  | 2,70  |
| Cocina              | 691,2        | 47,40                  | 210                     | 200                  | 6,94  |
| Vestuario masculino | 120          | 9,00                   | 136                     | 150                  | 9,80  |
| Vestuario femenino  | 120          | 9,00                   | 131                     | 150                  | 10,18 |
| Manualidades        | 192          | 21,00                  | 450                     | 300                  | 2,03  |
| Aula 37             | 691,2        | 58,00                  | 548                     | 300                  | 2,17  |
| Aula 38             | 691,2        | 58,00                  | 550                     | 300                  | 2,17  |
| Aula 39             | 691,2        | 58,00                  | 545                     | 300                  | 2,19  |
| Aula 40             | 691,2        | 58,00                  | 553                     | 300                  | 2,16  |
| Aula 31             | 691,2        | 58,00                  | 547                     | 300                  | 2,18  |
| Aula 32             | 691,2        | 58,00                  | 540                     | 300                  | 2,21  |
| Aula 33             | 691,2        | 58,00                  | 555                     | 300                  | 2,15  |
| Aula 34             | 691,2        | 58,00                  | 546                     | 300                  | 2,18  |
| Pasillo 1,1         | 475,2        | 120,20                 | 115                     | 200                  | 3,44  |
| Conserjería         | 86,4         | 15,34                  | 525                     | 300                  | 1,07  |
| Trastero CEG        | 60           | 5,12                   | 102                     | 100                  | 11,49 |

| Ubicación                  | Potencia (W) | Área (m <sup>2</sup> ) | Iluminancia Media (lux) | Valor s/ Norma (lux) | VEEI  |
|----------------------------|--------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-------|
| Pasillo 1,2                | 172,8        | 42,50                  | 150                     | 200                  | 2,71  |
| Dirección                  | 192          | 28,50                  | 293                     | 300                  | 2,30  |
| Biblioteca                 | 259,2        | 44,00                  | 250                     | 300                  | 2,36  |
| Jefe de estudios           | 86,4         | 11,40                  | 320                     | 300                  | 2,37  |
| Secretaria                 | 259,2        | 30,00                  | 650                     | 300                  | 1,33  |
| Sala profesores            | 432          | 57,30                  | 403                     | 300                  | 1,87  |
| Aseo 1                     | 43,2         | 6,50                   | 525                     | 150                  | 1,27  |
| Archivo                    | 144          | 10,00                  | 105                     | 100                  | 13,71 |
| Aseo profesores 1          | 21,6         | 2,25                   | 240                     | 150                  | 4,00  |
| Aseo niñas 1               | 172,8        | 12,00                  | 660                     | 150                  | 2,18  |
| Aseo niños 1               | 172,8        | 12,00                  | 530                     | 150                  | 2,72  |
| Aseo profesores 2          | 21,6         | 2,25                   | 240                     | 150                  | 4,00  |
| Aseo niñas 2               | 172,8        | 12,00                  | 660                     | 150                  | 2,18  |
| Aseo niños 2               | 172,8        | 12,00                  | 530                     | 150                  | 2,72  |
| Aula 26                    | 691,2        | 58,00                  | 548                     | 300                  | 2,17  |
| Aula 27                    | 691,2        | 58,00                  | 542                     | 300                  | 2,20  |
| Aula 28                    | 691,2        | 58,00                  | 550                     | 300                  | 2,17  |
| Aula 29                    | 691,2        | 58,00                  | 553                     | 300                  | 2,16  |
| Aula 13                    | 691,2        | 58,00                  | 556                     | 300                  | 2,14  |
| Aula 14                    | 691,2        | 58,00                  | 542                     | 300                  | 2,20  |
| Aula 15                    | 691,2        | 58,00                  | 545                     | 300                  | 2,19  |
| Aula 16                    | 691,2        | 58,00                  | 538                     | 300                  | 2,22  |
| Pasillo 2,1                | 518,4        | 120,20                 | 120                     | 200                  | 3,59  |
| Pasillo 2,3                | 129,6        | 51,70                  | 117                     | 200                  | 2,14  |
| Pasillo 2,2                | 172,8        | 51,30                  | 150                     | 200                  | 2,25  |
| Aula Psicomotricidad 21    | 172,8        | 27,50                  | 330                     | 300                  | 1,90  |
| Aula Psicomotricidad       | 172,8        | 27,50                  | 300                     | 300                  | 2,09  |
| Despacho PT                | 172,8        | 17,00                  | 474                     | 300                  | 2,14  |
| Recursos didácticos        | 86,4         | 8,23                   | 435                     | 300                  | 2,41  |
| Aseo profesores 3          | 21,6         | 2,25                   | 240                     | 150                  | 4,00  |
| Aseo niñas 3               | 172,8        | 12,00                  | 660                     | 150                  | 2,18  |
| Aseo niños 3               | 172,8        | 12,00                  | 530                     | 150                  | 2,72  |
| Aseo profesores 4          | 21,6         | 2,25                   | 240                     | 150                  | 4,00  |
| Aseo niñas 4               | 172,8        | 12,00                  | 660                     | 150                  | 2,18  |
| Aseo niños 4               | 172,8        | 12,00                  | 530                     | 150                  | 2,72  |
| Aseo profesores 5          | 21,6         | 2,25                   | 240                     | 150                  | 4,00  |
| Aseo niños 5               | 172,8        | 12,00                  | 530                     | 150                  | 2,72  |
| Aseo niñas 2.1             | 96           | 12,00                  | 725                     | 150                  | 1,10  |
| Aula 5ºC                   | 518,4        | 55,00                  | 430                     | 300                  | 2,19  |
| Aula 81 Educación especial | 172,8        | 22,40                  | 370                     | 300                  | 2,08  |
| Apoyo 24                   | 86,4         | 17,00                  | 212                     | 300                  | 2,40  |

| Ubicación             | Potencia (W) | Área (m <sup>2</sup> ) | Iluminancia Media (lux) | Valor s/ Norma (lux) | VEEI |
|-----------------------|--------------|------------------------|-------------------------|----------------------|------|
| Aula 23 6ºB           | 345,6        | 57,80                  | 180                     | 300                  | 3,32 |
| Educación especial 25 | 86,4         | 17,00                  | 212                     | 300                  | 2,40 |
| Aula 20 3ºA           | 345,6        | 57,80                  | 180                     | 300                  | 3,32 |
| Inglés 76             | 172,8        | 12,80                  | 425                     | 300                  | 3,18 |
| Aula 7 3ºB            | 518,4        | 58,00                  | 475                     | 300                  | 1,88 |
| Aula 2 6ºC            | 691,2        | 58,00                  | 548                     | 300                  | 2,17 |
| Aula 3 6ºA            | 691,2        | 58,00                  | 536                     | 300                  | 2,22 |
| Aula 4 4ºA            | 691,2        | 58,00                  | 547                     | 300                  | 2,18 |
| Aula 5 4ºB            | 691,2        | 58,00                  | 546                     | 300                  | 2,18 |
| Aula 8 4ºC            | 691,2        | 58,00                  | 554                     | 300                  | 2,15 |
| Aula 9 5ºD            | 691,2        | 58,00                  | 556                     | 300                  | 2,14 |
| Aula 10 5ºC           | 691,2        | 58,00                  | 546                     | 300                  | 2,18 |
| Aula 11 5ºA           | 691,2        | 58,00                  | 539                     | 300                  | 2,21 |

*Tabla 24 Resumen medidas de iluminación en diferentes estancias*

Se observa como los valores medidos de iluminancia están por debajo de los recomendados fundamentalmente en los pasillos y en algunas aulas, en el resto de casos están por encima.

En referencia al valor de eficiencia energética, se observa que los aseos y la zona dedicada a la cocina presentan un valor mayor que el exigido por la norma.

|   |  |               |
|---|--|---------------|
|  | <b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b><br><b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b><br><b>C.E.I.P. AL ANDALUS</b> | <b>1306</b>   |
|   |  | <b>48</b>     |
|   |  | <b>Rev.06</b> |

### 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:

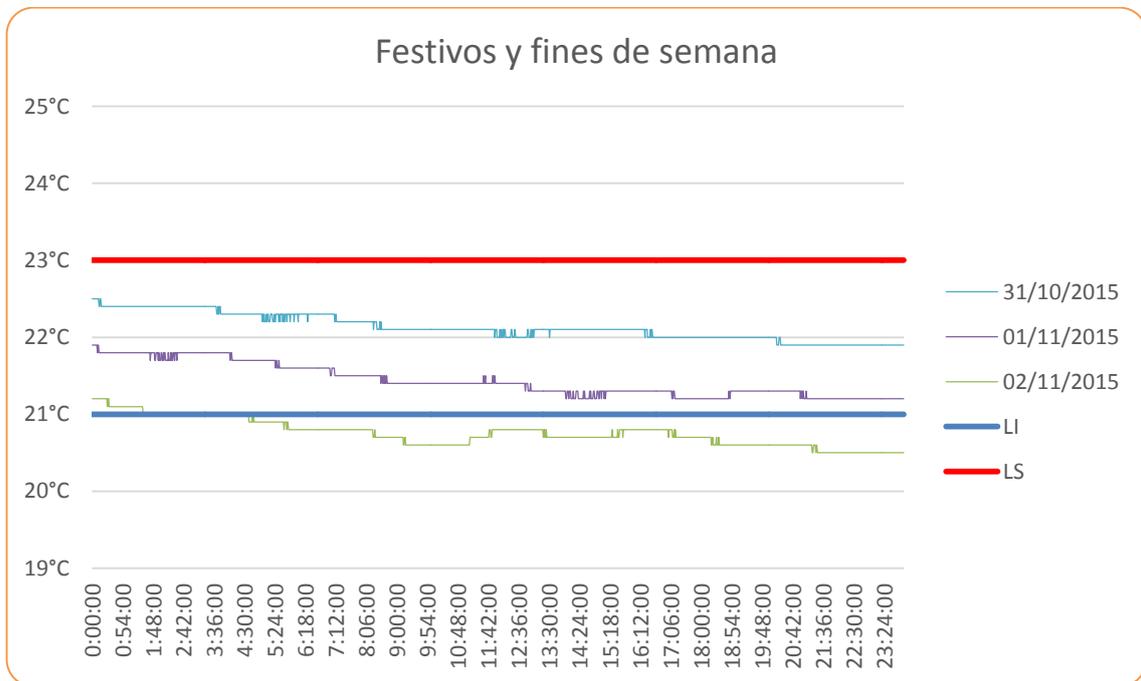
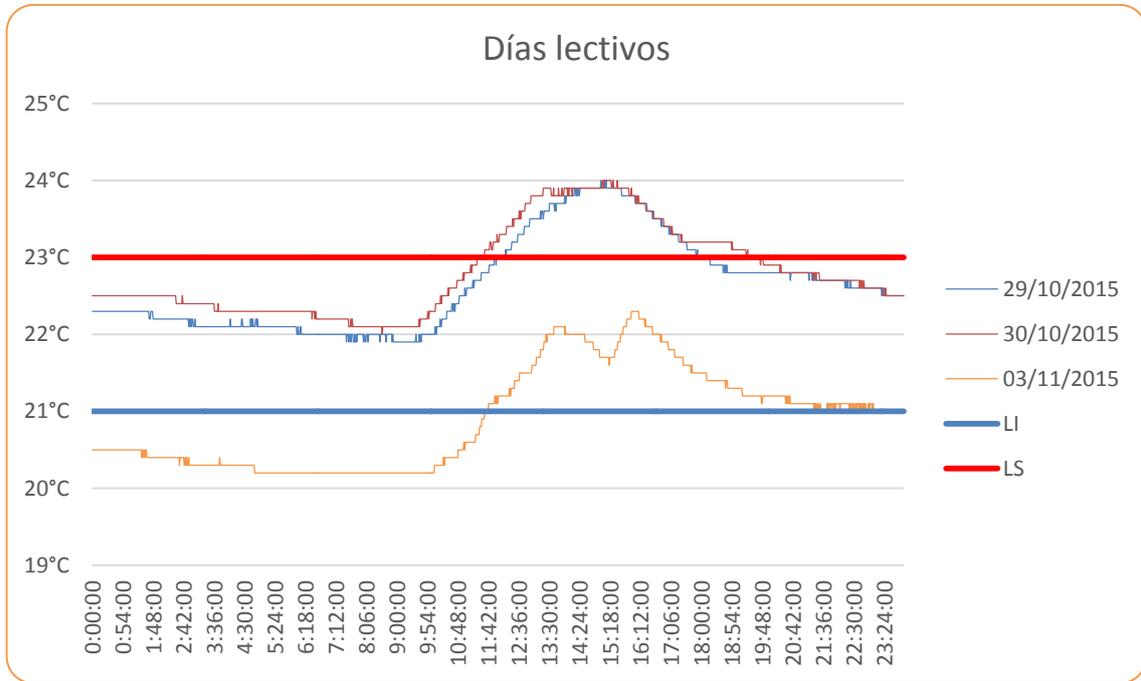
| Estación | Temperatura operativa (°C) | Humedad relativa (%) |
|----------|----------------------------|----------------------|
| Verano   | 23...25                    | 45...60              |
| Invierno | 21...23                    | 40...50              |

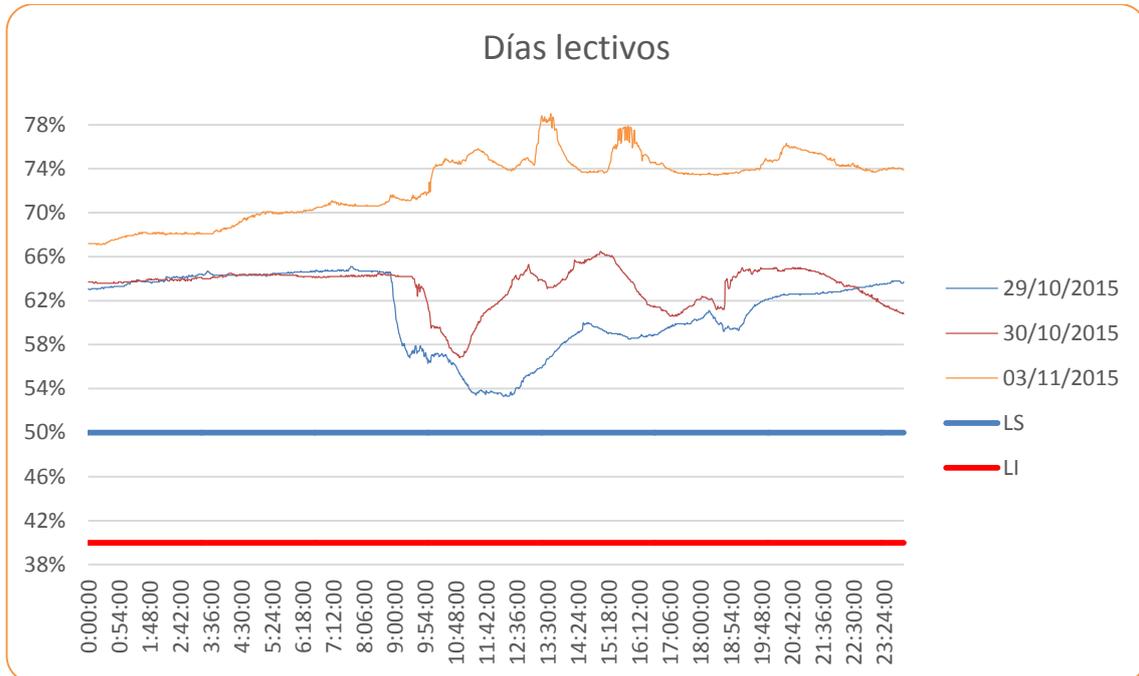
*Tabla 25 Condiciones interiores exigidas por el RITE*

#### REGISTRO DE INVIERNO

Durante el periodo comprendido entre los días 28/10/2015 y 04/11/2015, se realizaron registros de temperatura y humedad en un espacio calefactado y representativo del centro. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- **Sala de profesores (Planta 1)**





*Gráfico 21 Registro de humedad relativa – INVIERNO – Días lectivos*



*Gráfico 22 Registro de humedad relativa – INVIERNO – Días festivos*

Esta zona se encuentra tratada mediante radiador con batería de calentamiento mediante resistencia eléctrica.

La temperatura comienza a ascender a partir de las 09:00h hasta las 16:00h aproximadamente de lunes a viernes. Durante el periodo registrado la aportación térmica parece adecuada

excepto en casos puntuales en que las temperaturas permanecen fuera del intervalo normativo (21-23°C), aunque no es significativo.

Se observa como el equipo se desactiva fuera del horario de ocupación y durante los fines de semana.

La humedad se sitúa por encima del límite superior requerido por la normativa (50%) durante todo el horario de ocupación, oscilando entre el 54 y 79%.

Las principales conclusiones que se sacan son las siguientes:

- Se aprecian aportaciones térmicas suficientes.** En general las temperaturas se encuentran entre los 20°C y los 24°C durante los periodos de ocupación, sobrepasando en ocasiones puntuales los límites requeridos por la normativa (21-23°C), aunque no es significativo.
- En general, **no se mantiene encendida la calefacción más tiempo de lo necesario.**
- Se observa como la temperatura sigue la pauta de ocupación del edificio, aumentando desde las 09:00 hasta las 16:00 y a partir de esa hora va disminuyendo.
- No se han observado **encendidos de calefacción en días no lectivos.**

### 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 C.

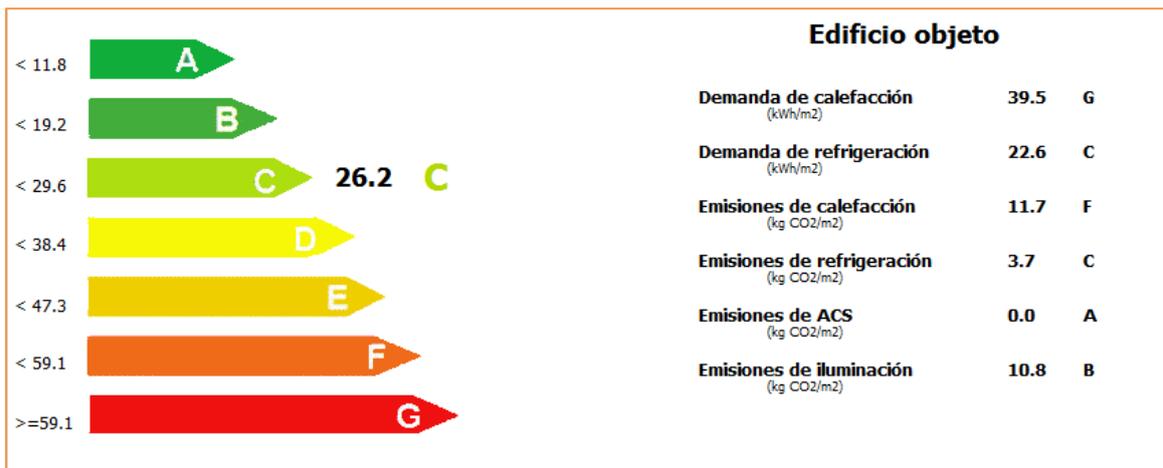


Imagen 11 Etiqueta Certificado Energético

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:

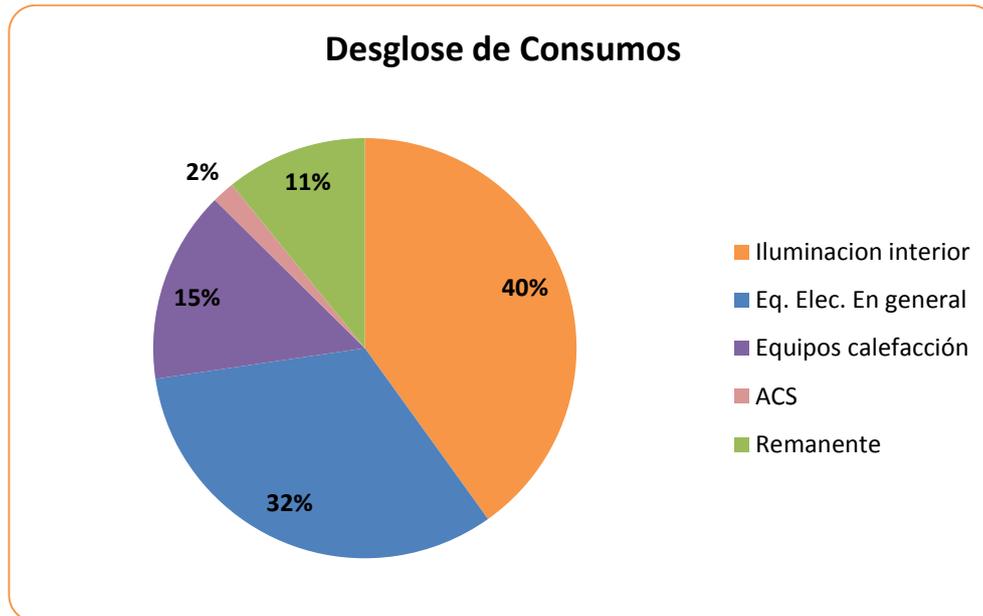


Gráfico 23 Desglose de consumos eléctricos

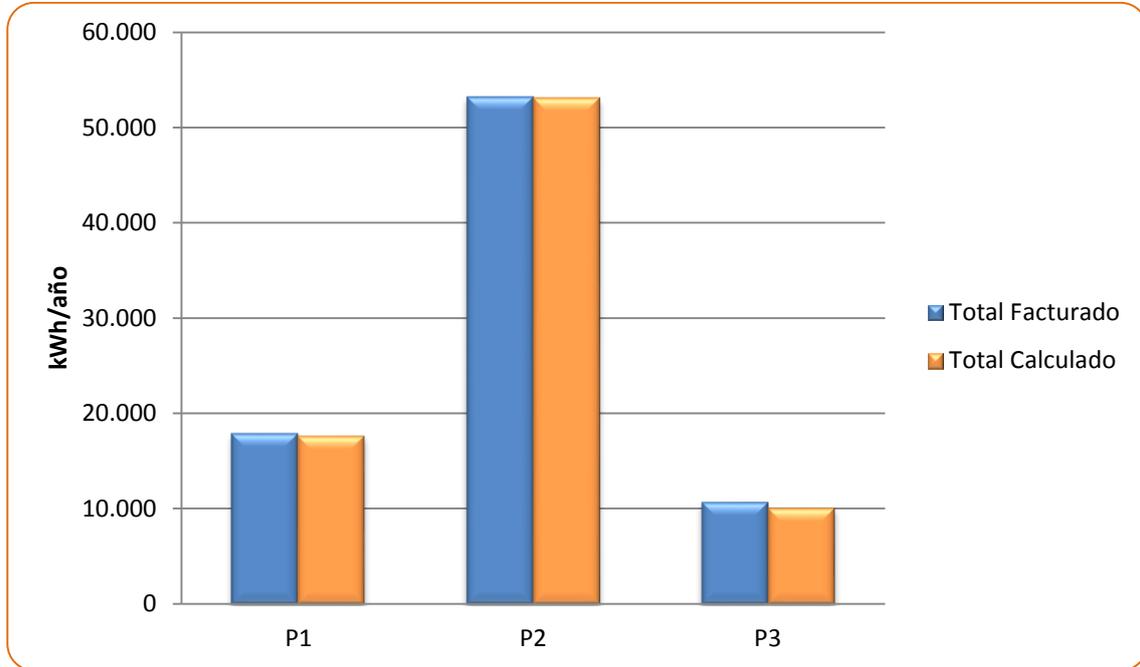
Los consumos más importantes son los referentes a la iluminación interior, equipos eléctricos y los equipos de climatización alimentados por energía eléctrica.

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 24 Desglose de consumos por periodo*

#### 4.2 Desglose de consumos térmicos

Como se ha comentado anteriormente, no ha sido posible obtener los datos del consumo de combustible en el centro 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 12 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><br><b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b><br><b>C.E.I.P. AL ANDALUS</b> | <b>1306</b>   |
|   |  | <b>48</b>     |
|   |  | <b>Rev.06</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 | 23,00%  | 68,86%  | 8,14%   |

Los valores resultantes finales se muestran en la siguiente tabla:

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| Precio de la energía (cent€/kWh)   | 12,00801 |
| Precio de la potencia (€/kW y año) | 28,54    |

### Inversión

Al ser ésta una Auditoría 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      |                 |                |                                    |
| 17.415                  | 53,61%       | 21,25%       | 2.091,12 €       | 225,27 €     | 2.316,39 € | 26.149,31 €     | 11,29          | 6,95                               |

### 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><br><b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b><br><b>C.E.I.P. AL ANDALUS</b> | 1306   |
|   |  | 48     |
|   |  | Rev.06 |

## 5.2 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><br><b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b><br><b>C.E.I.P. AL ANDALUS</b> | 1306   |
|   |  | 48     |
|   |  | Rev.06 |

| Penalización por reactiva | Composición | Potencia a 440V |
|---------------------------|-------------|-----------------|
| €                         | kVAr        | kVAr            |
| 76,44                     | 6,25+3x12,5 | 43,75           |

Tabla 26 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 1.001,42 €.

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                            |
| --                      | -- | 977,81           | 1.001,42        | 1,02           | --                                 |

Tabla 27 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

|   |  |        |
|---|--|--------|
|  | <b>AUDITORÍA ENERGÉTICA</b><br><b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b><br><b>C.E.I.P. AL ANDALUS</b> | 1306   |
|   |  | 48     |
|   |  | Rev.06 |

## 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 13 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><br><b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b><br><b>C.E.I.P. AL ANDALUS</b> | <b>1306</b>   |
|   |  | <b>48</b>     |
|   |  | <b>Rev.06</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

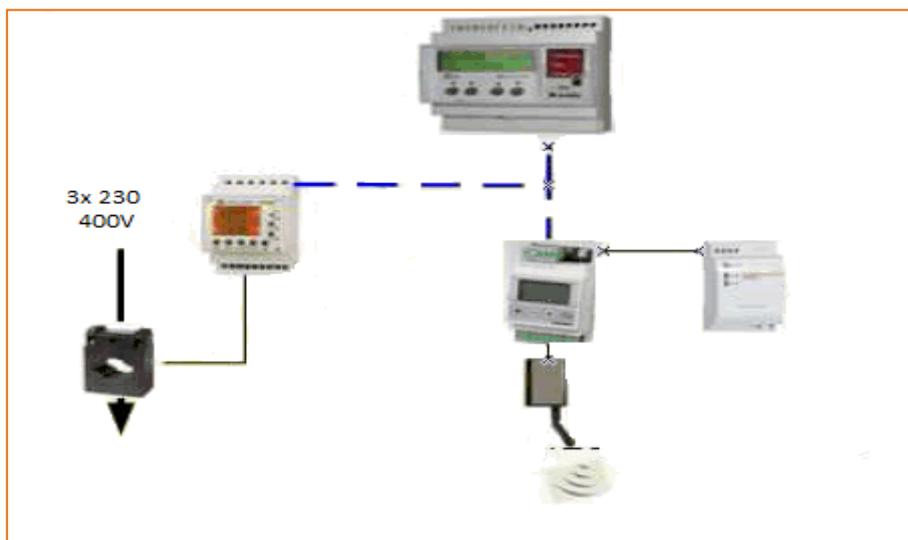
El potencial de ahorro con la utilización de sistemas de gestión de iluminación, como pueden ser sensores de luz, es de hasta un 60% del consumo de iluminación de las zonas controladas.

## 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 14 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><br><b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b><br><b>C.E.I.P. AL ANDALUS</b> | <b>1306</b>   |
|   |  | <b>48</b>     |
|   |  | <b>Rev.06</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><br><b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b><br><b>C.E.I.P. AL ANDALUS</b> | <b>1306</b>   |
|   |  | <b>48</b>     |
|   |  | <b>Rev.06</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><br><b>AYUNTAMIENTO DE MARBELLA</b><br><b>C.E.I.P. AL ANDALUS</b> | <b>1306</b>   |
|   |  | <b>48</b>     |
|   |  | <b>Rev.06</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 | 17.415                  | 53,61          | 2.316,39         | 26.149,31        | 11,29          | 6,95                               |
| Instalación de Batería de condensadores    | -                       | -              | 977,81           | 1.001,42         | 1,02           | -                                  |
| <b>TOTAL ELÉCTRICAS</b>                    | <b>14.415</b>           | <b>53,61</b>   | <b>3.249,2</b>   | <b>27.150,55</b> | <b>8,35</b>    | <b>6,95</b>                        |

Tabla 28 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