

ANEXO V



Centro de formación

José Tovar

Santa Pola



INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| 1.1. Contexto..... | 5 |
| 1.2. Alcance | 6 |
| 1.3. Datos de partida disponibles..... | 6 |
| 2. METODOLOGÍA DE REALIZACIÓN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA. | 7 |
| 2.1. Recopilación y análisis de la información inicial | 7 |
| 2.2. Toma de datos y realización de mediciones | 7 |
| 2.3. Contabilidad energética | 7 |
| 2.4. Balance de energía | 7 |
| 2.5. Modelo energético | 7 |
| 2.6. Índices energéticos | 8 |
| 2.7. Diagnóstico energético y propuestas de mejoras | 8 |
| 3. DATOS GENERALES | 9 |
| 3.1. Identificación del centro | 9 |
| 3.2. Actividad del Centro | 10 |
| 3.3. Envoltente | 10 |
| 3.3.1. Orientación | 11 |
| 3.4. Instalaciones | 12 |
| 3.4.1. Iluminación | 12 |
| 3.4.1. Climatización | 18 |
| 3.4.1. Equipos ofimáticos y fuerza | 19 |
| 4. CAMPAÑA DE MEDICIONES | 20 |
| 4.1. Mediciones eléctricas | 20 |
| 4.1.1. Demanda eléctrica general del centro | 21 |
| 4.2. Mediciones de niveles de iluminación. | 24 |
| 4.2.1. El nivel de iluminación de los lugares de trabajo..... | 24 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.2. Valor de Eficiencia Energética de la Instalación de Iluminación | 26 |
| 4.2.3. Potencia máxima instalada | 27 |
| 4.3. Condiciones termo-higrométricas..... | 27 |
| 4.4. Termografías | 28 |
| 5. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL CENTRO | 30 |
| 5.1. Contratación de suministro eléctrico..... | 30 |
| 5.2. Distribución de consumos energéticos..... | 38 |
| 5.3. Modelo energético consumo eléctrico | 39 |
| 6. INDICADORES ENERGÉTICOS. | 40 |
| 7. MEDIDAS AHORRO Y EFICIENCIA | 41 |
| 7.1. Consideraciones | 41 |
| 7.1.1. Coste económico | 41 |
| 7.1.2. Coste ambiental..... | 41 |
| 7.2. Puntos ya existentes que favorecen el ahorro energético..... | 41 |
| 7.3. Medidas de ahorro y eficiencia energética | 42 |
| 7.3.1. Optimización de la Potencia Contratada | 42 |
| 7.3.2. Compensación del consumo de energía reactiva..... | 43 |
| 7.3.3. Sustitución a tecnología LED y mejora del control de iluminación . | 44 |
| 7.3.4. Ajuste de la temperatura de consigna..... | 48 |
| 7.4. Propuestas adicionales de medidas de ahorro y eficiencia energética. | 49 |
| 7.4.1. Sistema de Gestión de la Energía - Medida de mejora transversal...50 | |
| 7.4.2. Rehabilitación energética de la envolvente..... | 51 |
| 7.5. Resumen de MAEs | 53 |
| 8. CONCLUSIONES..... | 55 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto

En octubre del 2012 el Parlamento Europeo aprobó la Directiva Europea 27/2012/UE, creando un marco común para fomentar la eficiencia energética dentro de la Unión y estableciendo acciones concretas que lleven a la práctica algunas de las propuestas incluidas en el Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética de 2011-2020.

Esta Directiva y su trasposición a los estados miembros, obliga el desarrollo de auditorías energéticas en las organizaciones. Según el artículo 4 del Real Decreto 56/2016 por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE a la legislación española, las auditorías energéticas deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Deberán basarse en datos operativos actualizados, medidos y verificables, de consumo de energía y, en el caso de la electricidad, de perfiles de carga siempre que se disponga de ellos.
- Abarcarán un examen pormenorizado del perfil de consumo de energía de los edificios o grupos de edificios, o de las operaciones o instalaciones industriales, con inclusión del transporte dentro de las instalaciones o, en su caso, flotas de vehículos.
- Se fundamentarán, siempre que sea posible, en el análisis del coste del ciclo de vida antes que, en periodos simples de amortización, a fin de tener en cuenta el ahorro a largo plazo, los valores residuales de las inversiones a largo plazo y las tasas de descuento.
- Deberán ser proporcionadas y suficientemente representativas para que se pueda trazar una imagen fiable del rendimiento energético global, y se puedan determinar de manera fiable las oportunidades de mejora más significativa.

Los trabajos realizados en el presente informe recogen estas exigencias, así como los requisitos de calidad y la metodología descrita en la norma UNE-EN 16247-1:2012, desarrollando la auditoría energética del Centro de formación José Tovar de Santa Pola (Alicante).

1.2. Alcance

En el presente informe se realiza el análisis energético del Centro de formación José Tovar de Santa Pola (Alicante). Este análisis energético se basa en el estudio de los datos de consumos, características de los equipos consumidores de energía facilitados por el cliente, así como por los datos obtenidos por Eurocontrol con las mediciones en campo.

Por lo tanto, en el alcance del proyecto se incluye la toma de datos y mediciones en campo, llevadas a cabo del lunes 30/10/2017 al jueves 02/11/2017. Durante dicha visita se realizaron las siguientes mediciones:

- Medición eléctrica de la demanda de potencia.
- Mediciones lumínicas.
- Confort ambiental.
- Termografías.
- Verificación del inventario de equipamiento e instalaciones consumidoras de energía.

1.3. Datos de partida disponibles

Para el desarrollo del presente informe se han facilitado por parte del cliente los siguientes datos:

- Facturas mensuales de consumo eléctrico.
- Datos de potencia instalada en el edificio.

2. METODOLOGÍA DE REALIZACIÓN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA.

A continuación, se detallan los trabajos realizados por Eurocontrol en el proceso de auditoría energética y que cumple con los requisitos establecidos en la norma UNE-EN 16247-1:2012

2.1. Recopilación y análisis de la información inicial

En primer lugar, se ha recopilado y analizado los datos e información proporcionada por el cliente.

2.2. Toma de datos y realización de mediciones

Sobre la base de los datos obtenidos en la fase anterior se ha definido la necesidad de toma de datos y mediciones a realizar en las instalaciones.

Se han estudiado datos disponibles como la demanda térmica mensual del edificio, de acuerdo con la variable de Grados Día. (HDD para demanda térmica de calor y CDD para demanda térmica de frío), tanto de demanda de calor como de frío como ocupación, a efectos de poder cruzar consumos con la demanda térmica del edificio en cada mes. Además de los datos de consumos de energía, se han analizado los equipos o sistemas que explican los principales usos de energía, así como los horarios y modos de uso.

2.3. Contabilidad energética

Se ha estudiado la contabilidad energética a partir de los históricos facilitados por el cliente, para ello se ha tomado como referencia doce meses de septiembre 2016 a agosto 2017 inclusive.

2.4. Balance de energía

En esta fase, a partir de la información recabada, se ha desarrollado el balance de energía del emplazamiento tanto por fuente de energía, como por uso de energía.

2.5. Modelo energético

En esta fase se obtiene la fórmula matemática que describe el comportamiento energético del centro objeto del estudio (línea base).

2.6. Índices energéticos

En esta fase se obtienen los principales índices energéticos específicos de las instalaciones, con el objetivo de poder comparar el comportamiento energético del centro con otros centros similares y consigo misma en diferentes momentos del tiempo.

2.7. Diagnóstico energético y propuestas de mejoras

Basados en toda la información anterior, se han analizado las oportunidades de ahorro de energía para todos los servicios y operaciones que se realicen en las instalaciones. Para cada MAE (Medida de Ahorro y Eficiencia) se incluye:

- Descripción de la medida.
- Consumo inicial y esperado.
- Cálculo del ahorro energético y ahorro económico.
- Reducción de emisiones de CO₂.
- Inversión necesaria.
- Análisis Económico.

3. DATOS GENERALES

En el presente apartado se describe los datos generales y actividades que caracterizan el Centro de formación José Tovar de Santa Pola, así como una descripción de las instalaciones existentes y un inventario de los equipos que las componen.

3.1. Identificación del centro

El Centro de formación José Tovar es un edificio público dependiente de la autoridad municipal. Se trata de un centro destinado a la enseñanza primaria y cuenta con diversos talleres para la enseñanza de oficios como la carpintería. Actualmente el centro acoge a los alumnos del colegio Hispanidad, ya que este se encuentra en periodo de rehabilitación.

El edificio se encuentra ubicado en la Calle Jaloque Nº 8 en Santa Pola, Alicante.

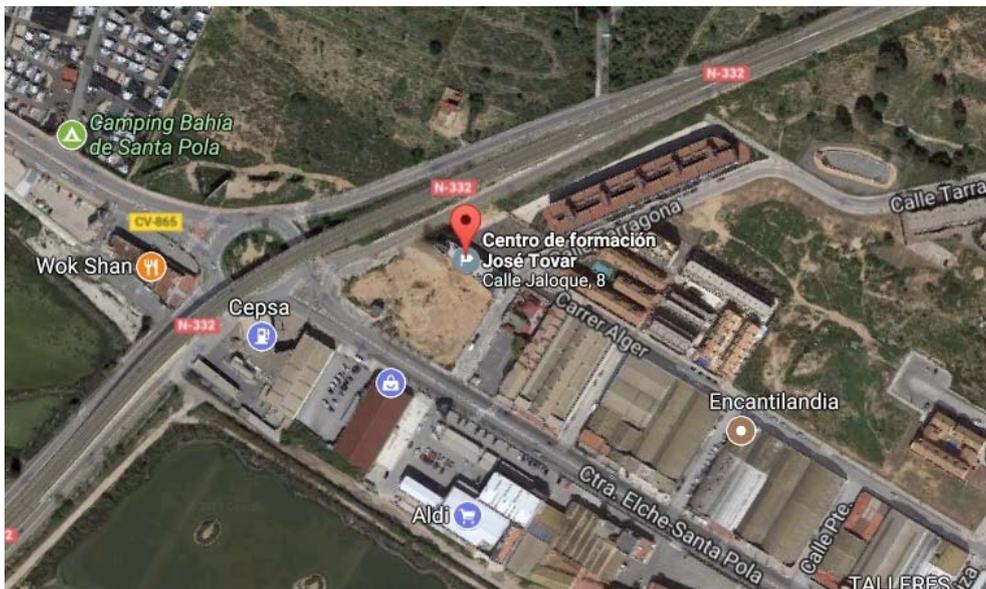


Imagen 1. Situación del Ayuntamiento de Santa Pola

El centro está ubicado en la periferia de la población y cuenta con una superficie total construida de 1.419 m², fue construido en el año 2.007. Se trata de un edificio con 2 plantas y una planta sótano.

3.2. Actividad del Centro

En el centro de formación José Tovar se desarrolla una actividad de tipo educativa, siendo su equipamiento e instalaciones el habitual de centros de enseñanza.

El régimen de funcionamiento es de lunes a viernes de 08:00 a 14:00 durante los meses de septiembre a junio. Señalar que existe un uso de las instalaciones fuera del horario para labores de limpieza y mantenimiento, prolongándose el horario de cierre del centro hasta las 20:00.

3.3. Envolverte

Fachada con acabado de chapa grecada, dada su tipología y fecha de construcción del edificio se presupone existencia de aislamiento térmico, pero se desconocen las propiedades del mismo. La cubierta es plana, no transitable. No es posible verificar la existencia de aislamiento térmico en cubierta.



Imagen 2. Fachada de chapa grecada (tipo sándwich).

Los huecos en fachada se resuelven mediante carpintería de aluminio con vidrio doble con cámara de aire. Los vidrios dobles con cámara de aire o gas argón tienen una transmitancia térmica que suele ser igual o inferior a 3,3 W/m²K. El coeficiente (U) representa la transferencia térmica a través del vidrio, por conducción, convección y radiación. Cuanto menor sea el valor de coeficiente U, mayores propiedades aislantes tendrá el vidrio.

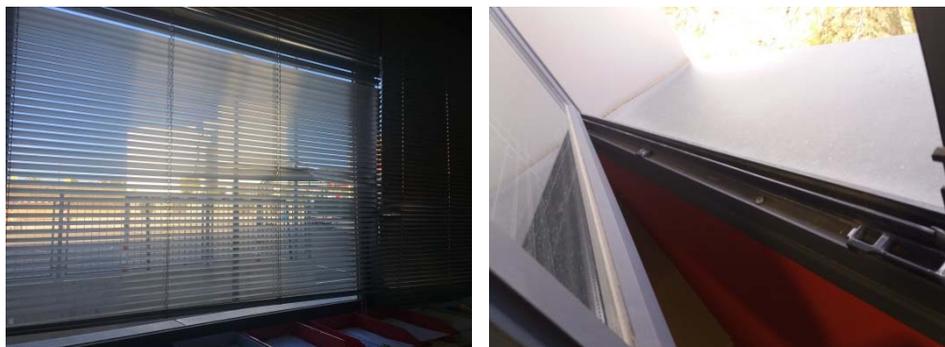


Imagen 3. Carpintería metálica con vidrio doble

Como protección solar, los huecos disponen persianas venecianas o cortinas de lamas verticales por el interior del edificio. Al estar colocados por el interior, a pesar de ofrecer un gran control y limitar la incidencia directa del sol, no evitan la entrada de la radiación solar. Este hecho hace que el vidrio alcance altas temperaturas, influyendo en el confort térmico de las estancias.

3.3.1. Orientación

Por último, es importante conocer la orientación del edificio, ya que, de esto dependerá el que ciertas zonas puedan aprovechar al máximo la iluminación natural, y lograr una mayor “ganancia” solar. Como se puede observar en la siguiente imagen, la fachada de acceso al edificio se encuentra orientada al sureste



Imagen 4. Orientación edificio

Las fachadas noreste y suroeste son las que más superficie y mayor número de huecos tienen, por lo que son las que más se van a ver perjudicadas/beneficiadas por su orientación. La fachada noreste no va a recibir la incidencia del sol durante todo el invierno, por lo que en general, son zonas “frías” y con poca posibilidad de aprovechar la luz natural. Para garantizar el confort interior y evitar demandas excesivas de calefacción durante la época hibernal, es conveniente disponer de unas carpinterías con baja transmitancia térmica (aluminio con RPT, PVC), y vidrios bajo emisivos capaces de reducir las pérdidas de calor.



Por otro lado, la fachada suroeste dispondrá de la incidencia del sol durante todo el día en invierno, lo que permite aprovechar al máximo la luz natural, así como beneficiarse de un calentamiento progresivo de las estancias debido a la “ganancia solar” (menor demanda de calefacción). Es importante destacar que para evitar sobrecalentamientos durante el verano (el sol incide desde el mediodía hasta el ocaso) se recomienda la instalación de elementos de protección solar siendo los más efectivos los colocados por el exterior, ya que evitan que la radiación solar incida directamente sobre el vidrio (persianas exteriores, toldos, etc).

3.4. Instalaciones

A continuación, se describen las principales instalaciones consumidoras de energía del edificio.

3.4.1. Iluminación

El edificio dispone de una instalación de alumbrado interior para el desarrollo normal de la actividad.

Existen numerosos ventanales que permiten el aprovechamiento de la iluminación natural en varias zonas del interior del centro. Por ello, en el presente informe, se propone un mayor control sobre la regulación y utilización de la iluminación durante las horas de sol, para un mayor aprovechamiento de la luz natural en el edificio.



Imagen 5. Iluminación natural

Respecto a la iluminación interior, la mayor parte de las luminarias empleadas son regletas lineales con tubos fluorescentes de tecnología T8. A continuación se presenta la tipología de las luminarias existentes en el centro:

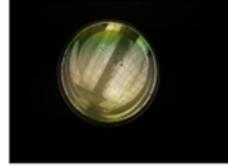
| Tipo de luminaria | Tipo de lámpara | Número de luminarias | Imagen |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------|---|
| Aplique | Fluorescente Compacto | 14 |  |
| Aplique | LED | 6 |  |
| Downlight | Fluorescente Compacto | 18 |  |
| Ornamental | VSAP | 4 |  |
| Pantalla empotrada reflectante | Fluorescente T8 | 23 |  |
| Pantalla estanca | Fluorescente T8 | 20 |  |
| Proyector | Fluorescente Compacto | 21 |  |
| Regleta lineal | Fluorescente T8 | 160 |  |
| Total | | 266 | |

Tabla 1. Tipología de luminarias del centro

En la siguiente tabla se resume las características de las luminarias instaladas en cada zona:

| Planta | Zona | Tipo Luminaria | Tipo Lámpara | Numero luminarias | Número lámparas por luminaria | Potencia lámpara W | Potencia Instalada kW |
|---------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Planta Baja | Carpintería 1 | Pantalla estanca | Fluorescente T8 | 2 | 2 | 36 | 0,173 |
| Planta Baja | Carpintería 2 | Pantalla estanca | Fluorescente T8 | 11 | 2 | 36 | 0,950 |
| Planta Baja | Aseos | Downlight | Fluorescente Compacto | 3 | 2 | 26 | 0,168 |
| Planta Baja | Sala profesores | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 6 | 2 | 36 | 0,518 |
| Planta Baja | Despacho dirección | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 2 | 2 | 36 | 0,156 |
| Planta Baja | Despacho dirección | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 2 | 2 | 18 | 0,086 |
| Planta Baja | Religión | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 4 | 2 | 36 | 0,346 |
| Planta Baja | Recepción | Proyector | Fluorescente Compacto | 9 | 2 | 26 | 0,505 |
| Planta Baja | Pasillo | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 21 | 1 | 58 | 1,462 |
| Planta Baja | Aseos | Downlight | Fluorescente Compacto | 3 | 2 | 26 | 0,168 |
| Planta Baja | Aula 6º | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 9 | 1 | 58 | 0,626 |
| Planta Baja | Aula 5º | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 7 | 2 | 58 | 0,974 |
| Planta Baja | Autoformación informática | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 6 | 2 | 58 | 0,835 |
| Planta sótano | Almacén | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 1 | 2 | 36 | 0,086 |
| Planta sótano | Aula inglés | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 8 | 2 | 36 | 0,691 |
| Planta sótano | Archivos | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 2 | 2 | 36 | 0,173 |
| Planta sótano | Aseo chicas | Pantalla estanca | Fluorescente T8 | 2 | 2 | 36 | 0,173 |
| Planta sótano | Hall | Proyector | Fluorescente Compacto | 6 | 2 | 26 | 0,337 |
| Planta sótano | Aseo | Pantalla estanca | Fluorescente T8 | 3 | 2 | 36 | 0,259 |
| Planta sótano | Pasillo | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 19 | 1 | 58 | 1,322 |
| Planta sótano | Sala música | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 10 | 2 | 36 | 0,864 |
| Planta sótano | Almacén | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 2 | 2 | 36 | 0,173 |
| Planta sótano | Privado | Pantalla estanca | Fluorescente T8 | 1 | 2 | 36 | 0,086 |
| Planta sótano | Gimnasio | Pantalla empotrada reflectante | Fluorescente T8 | 9 | 4 | 18 | 0,778 |
| Planta sótano | Almacén 1 | Pantalla estanca | Fluorescente T8 | 1 | 2 | 18 | 0,043 |
| Planta sótano | Almacén 2 | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 2 | 2 | 36 | 0,173 |

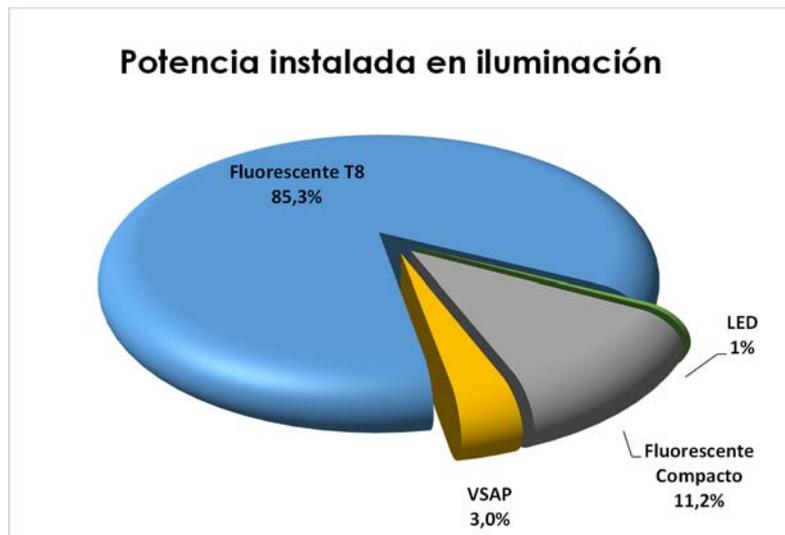
Tabla 2. Inventario de luminarias de la instalación de iluminación del centro (1/2)

| Planta | Zona | Tipo Luminaria | Tipo Lámpara | Numero luminarias | Número lámparas por luminaria | Potencia lámpara W | Potencia Instalada kW |
|----------------|----------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Planta primera | Aseo chicas | Downlight | Fluorescente Compacto | 3 | 2 | 26 | 0,168 |
| Planta primera | Aula 5º | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 11 | 2 | 36 | 0,950 |
| Planta primera | Administración | Downlight | Fluorescente Compacto | 1 | 2 | 26 | 0,056 |
| Planta primera | Administración | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 8 | 2 | 36 | 0,691 |
| Planta primera | Aula 4º | Pantalla empotrada reflectante | Fluorescente T8 | 14 | 4 | 18 | 1,210 |
| Planta primera | Almacén | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 1 | 2 | 36 | 0,086 |
| Planta primera | Pasillo | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 20 | 1 | 58 | 1,392 |
| Planta primera | Aula 6º | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 15 | 2 | 58 | 2,088 |
| Planta primera | Aseo | Downlight | Fluorescente Compacto | 3 | 1 | 26 | 0,084 |
| Planta primera | Hall ascensor | Proyector | Fluorescente Compacto | 4 | 2 | 26 | 0,225 |
| Planta primera | Pedagogía | Regleta lineal | Fluorescente T8 | 4 | 2 | 58 | 0,557 |
| Escaleras | Escaleras | Aplique | LED | 4 | 1 | 15 | 0,061 |
| Escaleras | Escaleras | Proyector | Fluorescente Compacto | 2 | 2 | 26 | 0,112 |
| Escaleras | Escaleras | Aplique | Fluorescente Compacto | 6 | 1 | 26 | 0,168 |
| Escaleras | Escaleras | Aplique | LED | 2 | 1 | 15 | 0,030 |
| Cubierta | Cubierta | Aplique | Fluorescente Compacto | 8 | 1 | 26 | 0,225 |
| Exterior | Patio | Vial | VSAP | 4 | 1 | 150 | 0,636 |
| Exterior | Entrada | Downlight | Fluorescente Compacto | 5 | 1 | 26 | 0,140 |
| TOTAL | | | | 266 | | | 21,01 |

Tabla 3. Inventario de luminarias de la instalación de iluminación del centro (2/2)

Hay que destacar que la potencia instalada (kW) indicada en la tabla anterior incluye la potencia del equipo auxiliar. Estas luminarias disponen de balastos electromagnéticos, por lo que, según las indicaciones del IDAE, la potencia de estos equipos auxiliares es de un 20%. Mientras que en las otras tecnologías existentes es de un 8% en el caso de los fluorescentes compactos y un 1% en el caso de la tecnología LED.

La distribución de la potencia eléctrica instalada de iluminación en el centro es la indicada en el siguiente gráfico:



Gráfica 1. Distribución de la potencia instalada en iluminación según tipo de lámpara

Como se ha comentado anteriormente, la mayor parte de las lámparas son de tecnología T8 (85%) y en segundo lugar se encuentran las lámparas con fluorescentes compactos (11%). La tecnología LED aparece representada de forma minoritaria representando únicamente un 1% de la potencia total instalada.



Imagen 6. Luminarias instaladas en el interior del centro



Imagen 7. Iluminación exterior del centro

Respecto al control del encendido de la iluminación interior del centro, éste se realiza de manera manual mediante interruptores instalados en cada sala o estancia, a excepción de las zonas de los aseos, en los que hay instalados sensores de presencia.

Para el alumbrado exterior se controla mediante un reloj astronómico instalados en el cuadro eléctrico que permite teniendo en cuenta la localización, ajustar constantemente el encendido y apagado, en función del día y la época del año.



Imagen 8. Reloj astronómico del centro

3.4.1. Climatización

El control de encendido y apagado de la climatización del centro se realiza de manera manual, desde los termostatos ubicados en conserjería, de acuerdo con las necesidades climáticas en el edificio.



Imagen 9. Mando a distancia del equipo de climatización

A continuación se muestran imágenes de las unidades terminales de los equipos de climatización presentes en el centro.



Imagen 10. Unidades terminales en forma de rejillas



Imagen 11. Unidades terminales en forma de toberas

Se observan, por un lado, rejillas para distribuir el aire climatizado en aulas y salas comunes, y por otro lado, se dispone de toberas para la climatización de los pasillos.

3.4.1. Equipos ofimáticos y fuerza

El centro dispone de diversos equipos ofimáticos agrupados en las diferentes aulas y despachos de profesores y otros equipos necesarios como fotocopiadoras e impresoras necesarios en centros educativos. El registro de los principales equipos sería el siguiente:

| Equipo | Unidades |
|-------------------|----------|
| Nevera | 2 |
| Fotocopiadora | 4 |
| Microondas | 1 |
| Trituradora | 1 |
| Ventilador de pie | 3 |
| Rack informático | 1 |
| Proyector | 6 |
| Máquina vending | 2 |
| Portatil | 2 |
| Calefactor | 1 |
| Ordenadores | 33 |
| Pantallas | 33 |
| Termo eléctrico | 2 |

Tabla 4. Inventario de equipos de varios



Imagen 12. Ventilador de pie

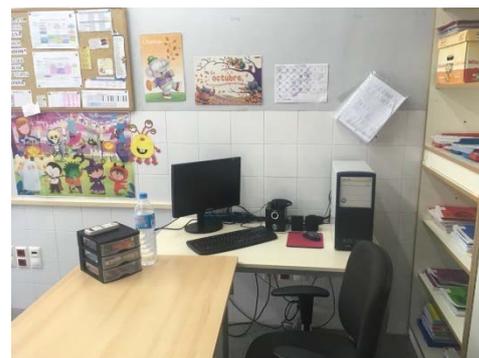


Imagen 13. Ordenador

4. CAMPAÑA DE MEDICIONES

A continuación, se indican los resultados obtenidos del análisis de la campaña de mediciones realizada por Eurocontrol.

4.1. Mediciones eléctricas.

Las mediciones eléctricas se han realizado en Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) del centro mediante el uso de analizadores de redes eléctricas.

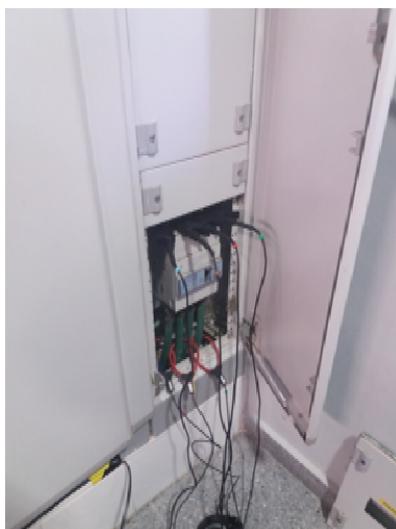
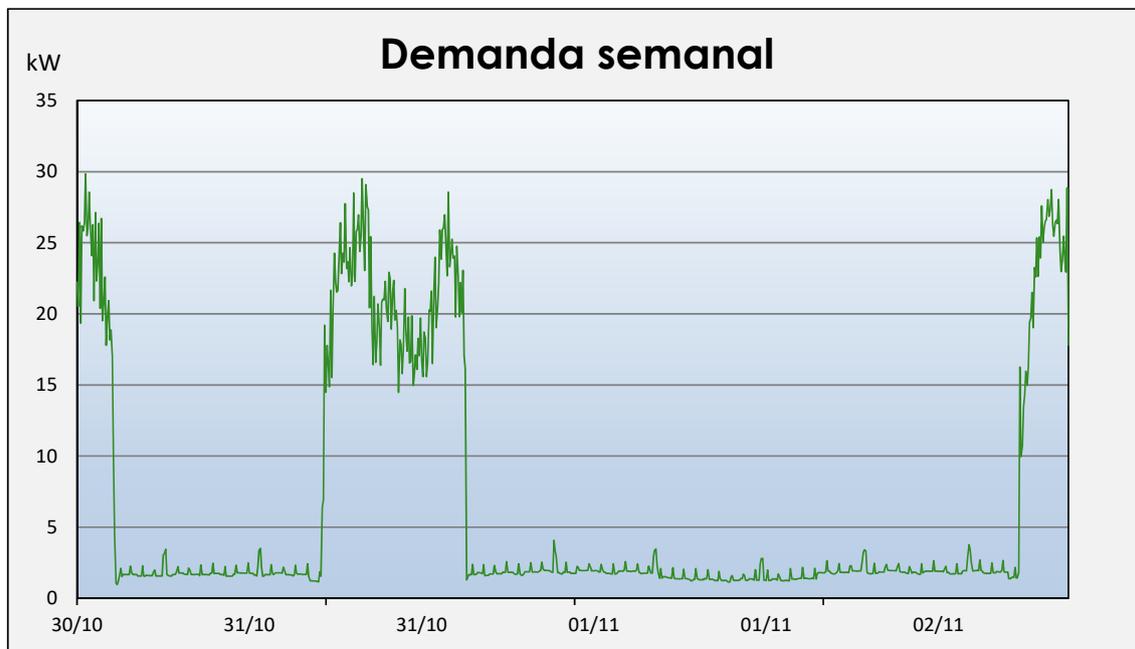


Imagen 14. Cuadro eléctrico general de baja tensión

En los siguientes puntos, se exponen las principales conclusiones extraídas del análisis de las mediciones de consumo de energía eléctrica.

4.1.1. Demanda eléctrica general del centro.

Se muestra la curva de potencia eléctrica del centro para el periodo de medición del lunes 30/10/2017 al jueves 02/11/2017.

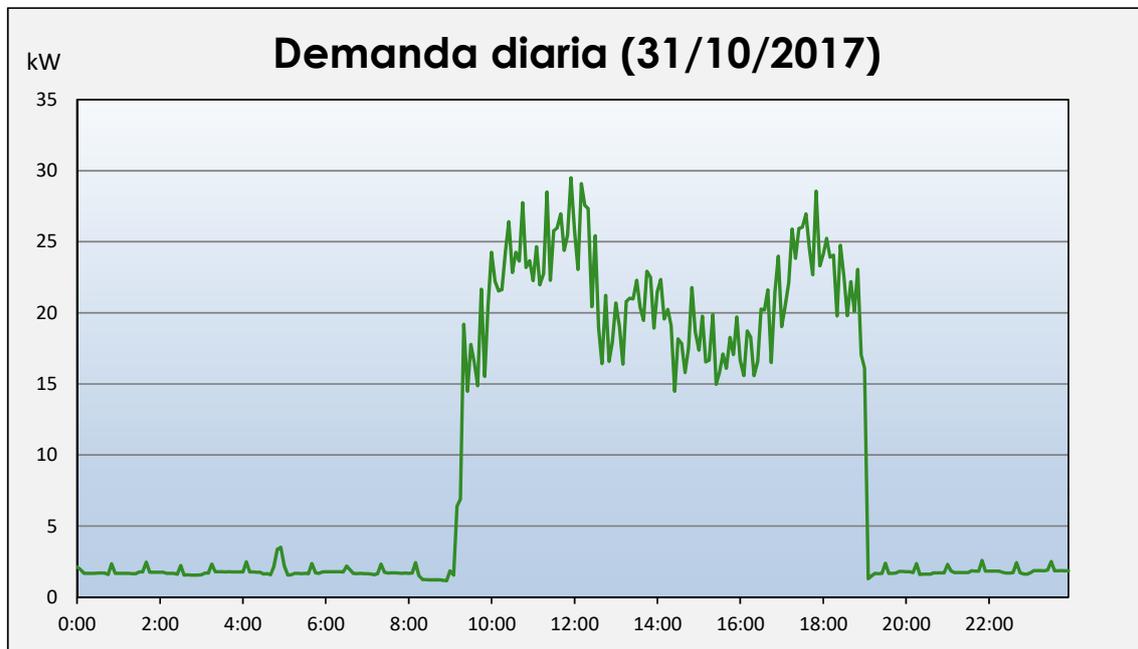


Gráfica 2. Curva de demanda eléctrica registrada del centro

Del estudio de la medición de la demanda eléctrica general del centro se pueden señalar las siguientes observaciones durante el mes de octubre:

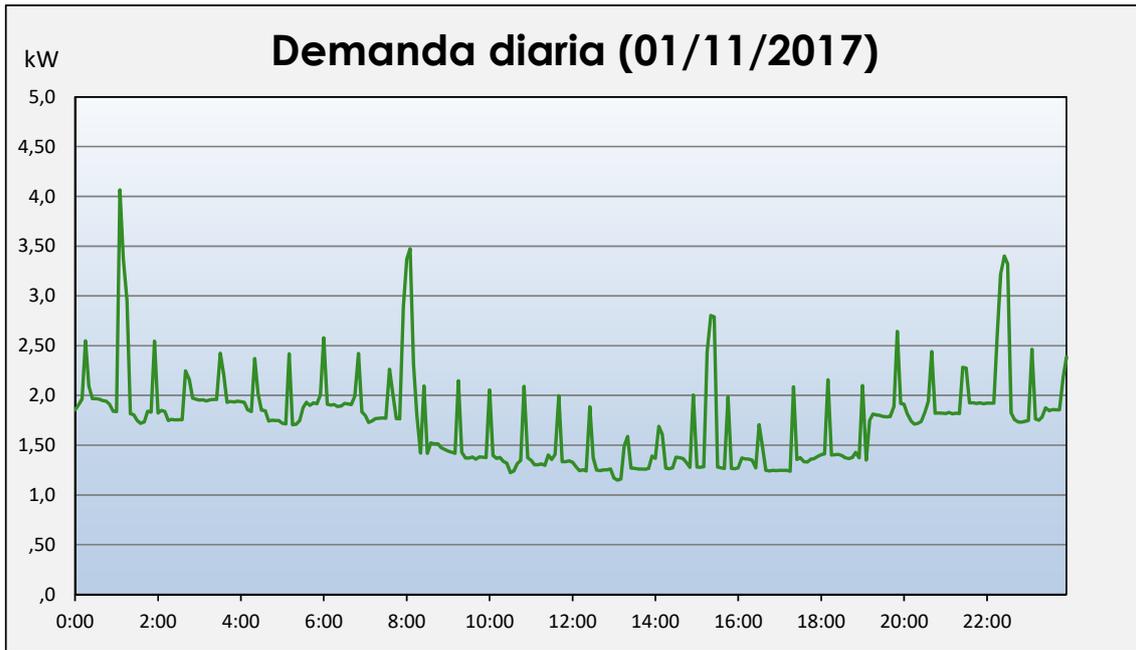
- El perfil de demanda de potencia eléctrica del edificio es variable, con puntas de 28 kW y demandas de potencia mínimas de 15 kW en las horas de actividad del centro.
- Las mayores demandas de potencia coinciden con las horas de actividad del edificio, en horario de apertura escolar, sin embargo durante las horas nocturnas y el fin de semana, cuando el centro permanece cerrado, la demanda de potencia base es de 2 kW.

Para analizar mejor el perfil de demanda eléctrica del edificio, se muestran a continuación las curvas de diarias de un día laborable y uno festivo:



Gráfica 3. Curva de demanda eléctrica día laborable

- El día laborable martes 31 de octubre, durante las horas de funcionamiento del edificio la demanda de potencia varía entre 28 kW y 15 kW, con una demanda media de 20kW. Durante este periodo tiempo, entre las 9:00 y 19:00 horas, se encontrarían en funcionamiento todas las instalaciones del edificio, a excepción del alumbrado exterior. A pesar de que el horario escolar termina a las 14:00, el centro permanece activo con labores de limpieza y mantenimiento.
- La demanda de potencia fuera del horario de funcionamiento del edificio presenta una demanda media de 2 kW. Esta demanda media de potencia representa un 10% de la demanda media durante el horario de funcionamiento del edificio.



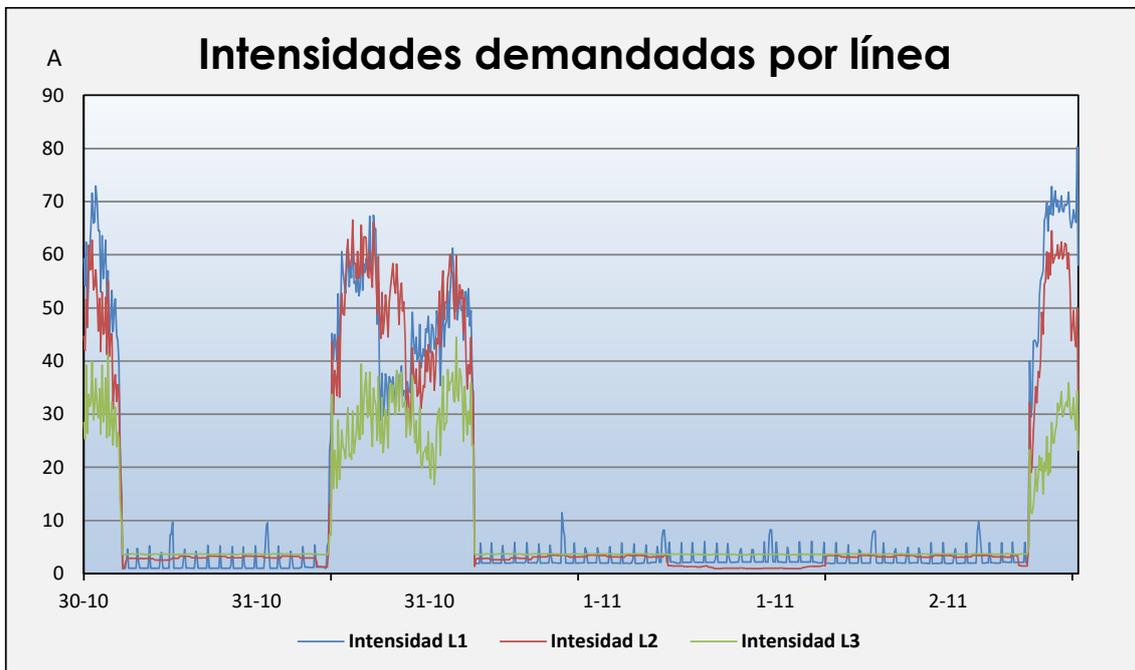
Gráfica 4. Curva de demanda eléctrica día festivo

- El día festivo miércoles 1 de noviembre muestra un perfil de demanda de potencia estable con una demanda media de 2 kW.
- Se identifica un aumento de la demanda durante las horas nocturnas debido al alumbrado exterior, con un horario aproximado de 19:00 a 08:00.

Por último, de las medidas realizadas se observa que los circuitos eléctricos del centro se encuentran desequilibrados, siendo el circuito L3 el que menos carga tiene; en torno a 20 A menos. Esto se debe al mayor número de cargas monofásicas que dependen de L1 y L2 y no de L3.

De esta forma, se recomienda, en caso de realizar alguna ampliación en el centro o instalación de nuevas cargas monofásicas, realizar la conexión de las mismas sobre L3.

En la siguiente gráfica se observan las intensidades por cada una de las fases.



Gráfica 5. Curvas de intensidad demandada por fase

4.2. Mediciones de niveles de iluminación.

Mediante el uso de un luxómetro se han medido niveles de iluminancia media sobre el plano de trabajo para determinar:

- El nivel de iluminación de los lugares de trabajo.
- El Valor de Eficiencia Energética de la Instalación de Iluminación (VEEI).
- La potencia máxima instalada.

4.2.1. El nivel de iluminación de los lugares de trabajo.

Se consideran los niveles de iluminación mínimos incluidos en la norma UNE EN 12464-1 *Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores* como referencia para evaluar si el nivel lumínico es adecuado.

A continuación se muestra la identificación de las diferentes zonas del centro analizadas según las referencias y los valores de iluminación marcados por la norma:

| Zona UNE EN 12464 tabla 5.2 y 5.36. | Tipo de interior, tarea y actividad | Iluminación Recomendada (lux) |
|-------------------------------------|--|-------------------------------|
| 5.36.17 | Áreas de circulación y pasillos | 100 |
| 5.36.1 | Aulas, aulas de tutoría | 300 |
| 5.2.3 | Vestuarios, cuartos de baño,... | 300 |
| 5.4.1 | Almacenes y cuarto almacén | 100 |
| 5.36.16 | Vestíbulo de entrada | 200 |
| 5.36.20 | Salas de profesores | 300 |
| 5.36.24 | Salas de deportes, gimnasios, piscinas | 300 |

Tabla 5. Iluminancias recomendables según UNE-EN 12464-1.

Los resultados de todas las mediciones realizadas son:

| Área | Categoría de Zona UNE EN 12464 | Iluminancia media (lux) | Iluminancia recomendada (lux) |
|--------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Sala profesores | Sala de profesores | 520 | 300 |
| Despacho dirección | Sala de profesores | 411 | 300 |
| Religión | Aula | 580 | 300 |
| Aula inglés | Aula | 219 | 300 |
| Aula inglés | Aula | 97 | 300 |
| Archivos | Almacén | 260 | 100 |
| Aseo chicas | Cuarto de baño | 180 | 300 |
| Aula 5º | Aula | 750 | 300 |
| Aula 5º | Aula | 1.020 | 300 |
| Recepción | Vestíbulo de entrada | 280 | 200 |
| Recepción | Vestíbulo de entrada | 412 | 200 |
| Aula 5º | Aula | 480 | 300 |
| Aula 5º | Aula | 612 | 300 |
| Gimnasio | Sala de deportes | 207 | 300 |
| Aula 4º | Aula | 490 | 300 |
| Aula 4º | Aula | 483 | 300 |
| Aula 4º | Aula | 391 | 300 |
| Pasillo | Área de circulación | 204 | 100 |
| Aula 6º | Aula | 992 | 300 |
| Aula 6º | Aula | 1.000 | 300 |
| Aseo Planta 1 | Cuarto de baño | 160 | 300 |

Tabla 6. Verificación nivel iluminación

Se concluye que los niveles de iluminación del centro se encuentran acorde a la norma, a excepción del aula de inglés, el gimnasio y los aseos que se encuentran por debajo de la iluminancia recomendada. Se destaca el elevado nivel de iluminación existente en las aulas de 5º y 6º de primaria debido a la cantidad de luminarias instaladas.



Imagen 15. Iluminación aula 6º

4.2.2. Valor de Eficiencia Energética de la Instalación de Iluminación

El valor de Eficiencia Energética de la instalación de Iluminación (VEEI) cuya medida es W/m² por cada 100 lux, está diferenciado por el tipo de actividad en el local y se define como:

$$VEEI = \frac{\text{Potencia instalada (W)} * 100}{\text{Superficie (m}^2\text{)} * \text{Iluminancia media (lux)}}$$

A continuación, se muestran los valores registrados de iluminancia y el valor de VEEI obtenido y el que sería el recomendado para el espacio según lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación (CTE) el documento DB-HE-3: *Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación*.

| Planta | Pot. Instalada (kW) | Superficie (m ²) | Em (Lux) | Zona de actividad | VEEI recomendado | VEEI |
|----------------|---------------------|------------------------------|----------|-------------------|------------------|------|
| Planta sótano | 6,97 | 444 | 193 | Aulas | 3,5 | 8,1 |
| Planta baja | 5,16 | 444 | 563 | Aulas | 3,5 | 2,1 |
| Planta primera | 7,508 | 444 | 531 | Aulas | 3,5 | 3,2 |

Tabla 7. Valor de eficiencia energética de iluminación del centro

El VEEI en la planta baja y primera del edificio se encuentra por debajo del límite establecido por el CTE en este tipo de centros, por lo que se considera que la iluminación es óptima. Sin embargo, en la planta sótano el VEEI es superior al recomendado por lo que se recomienda una revisión de la instalación de iluminación.

4.2.3. Potencia máxima instalada

El otro indicador de eficiencia energética que establece el documento CTE-DB-HE-3, es la potencia máxima instalada (W/m^2).

| Pot. Instalada (kW) | Superficie (m^2) | Zona de actividad | Pot. Máx Recomendada W/m^2 | Pot. Máxima W/m^2 |
|---------------------|----------------------|-------------------|------------------------------|---------------------|
| 21,01 | 1.419 | Docente | 15 | 15 |

Tabla 8. Potencia en iluminación interior del centro

Se observa que la potencia máxima instalada se encuentra dentro de la indicada por el CTE.

4.3. Condiciones termo-higrométricas.

Según el RD 1826/2009, de 27 de noviembre, la "I.T. 3.8.2 Valores límite de las temperaturas del aire" perteneciente al RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios), se indica que la temperatura del aire en los recintos habitables acondicionados se limitará a los siguientes valores:

- La temperatura del aire en los recintos calefactados no será superior a $21^{\circ}C$.
- La temperatura del aire en los recintos refrigerados no será inferior a $26^{\circ}C$.
- Las condiciones de temperaturas anteriores estarán referidas al mantenimiento de una humedad relativa comprendida entre el 30% y el 70%.

Las mediciones de las condiciones termo-higrométricas realizadas en el centro fueron en los siguientes puntos:

| Zona | Temperatura ($^{\circ}C$) | Humedad relativa (%) |
|--------------------|-----------------------------|----------------------|
| Sala profesores | 24 | 57 |
| Despacho dirección | 24,6 | 54 |
| Aula inglés | 23,8 | 59,3 |
| Aula 5º | 24,4 | 64,2 |
| Gimnasio | 24,8 | 59,3 |
| Aula 4º | 23,5 | 43,8 |

Tabla 9. Medidas temperatura y humedad

Las mediciones muestran que las temperaturas son inferiores a las indicadas en el RITE para cumplir con las directrices de eficiencia energética, ya que en locales refrigerados la temperatura no será inferior a 26°C. Se recomienda revisar las consignas del sistema de climatización y establecerlas según indica el RITE, ya que cada grado de más supone un incremento del consumo energético en climatización de un 8%.

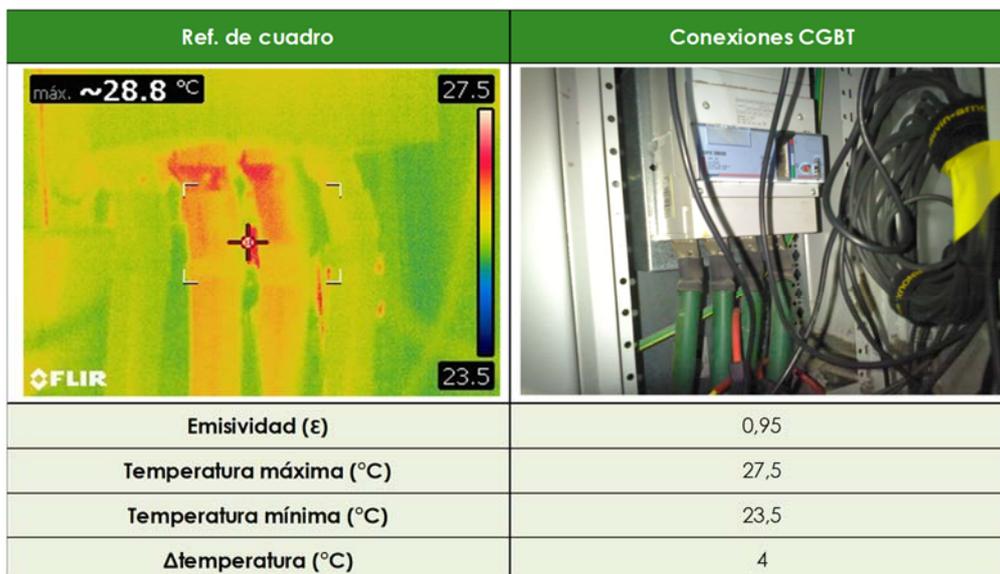
4.4. Termografías

A continuación se presentan las termografías más representativas tomadas durante la auditoría al centro y un breve análisis cualitativo de los diferentes puntos medidos. Junto a cada termografía se encuentra la fotografía real correspondiente del punto medido.

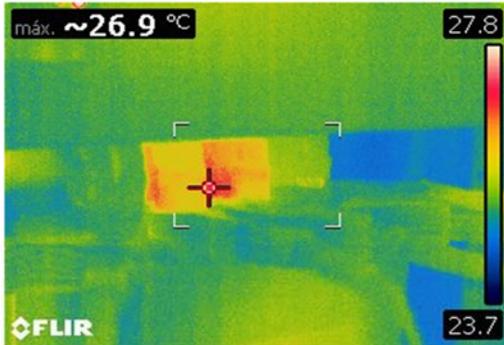
Conexiones eléctricas en Cuadro General BT

En este caso el análisis se centra en identificar diferencia elevadas entre diferentes elementos o puntos de conexión.

Si la diferencia de temperatura entre componentes similares bajo cargas similares supera los 15°C deben llevarse a cabo reparaciones de forma inmediata. Si no se corrige, el sobrecalentamiento de una conexión eléctrica suelta o con corrosión podría fundir o disparar la protección de todo el centro.



Termografía 1. Conexiones interruptor magnetotérmico general edificio

| Ref. de cuadro | Conexiones CGBT |
|---|--|
|  |  |
| Emisividad (ϵ) | 0,95 |
| Temperatura máxima (°C) | 27,8 |
| Temperatura mínima (°C) | 23,7 |
| Δ temperatura (°C) | 4,1 |

Termografía 2. Conexiones interruptor magnetotérmico general edificio

Se observa que la acometida en baja tensión, las conexiones de los conductores al interruptor general y conexiones del embarrado general se encuentra en correcto estado, no existiendo importantes gradientes de temperatura.

5. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL CENTRO

El edificio objeto de la auditoría utiliza como única fuente de energía para su funcionamiento energía eléctrica.

| | Consumo kWh /año | Consumo tep /año | Coste €/año | Emisiones tCO ₂ /año |
|---------------------|------------------|------------------|-------------|---------------------------------|
| Electricidad | 66.086 | 5,7 | 14.967 | 21,9 |

Tabla 10. Resumen consumo energético anual 2016

**impuestos eléctricos incluidos / iva no incluido*

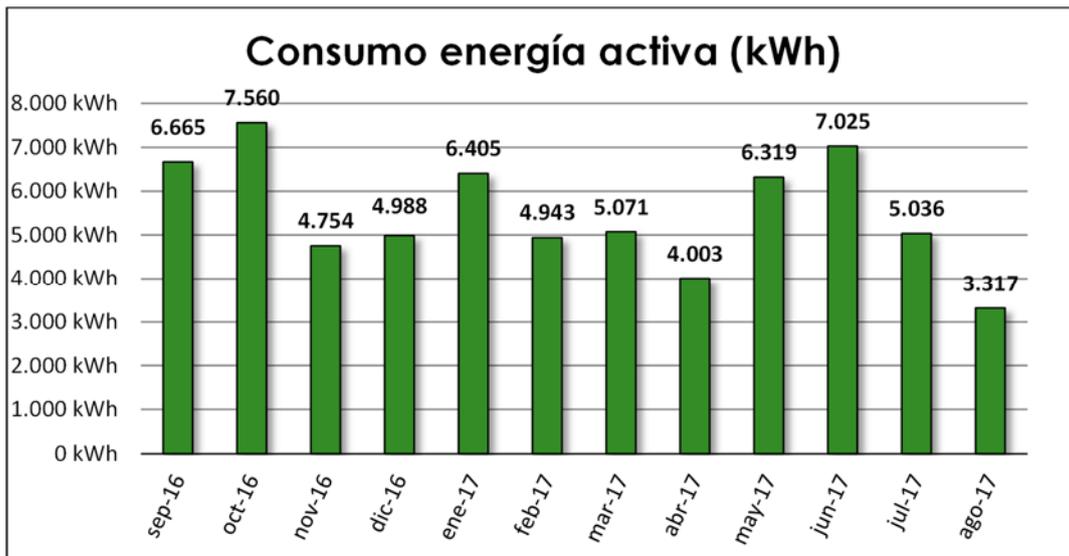
5.1. Contratación de suministro eléctrico

El centro cuenta con un suministro eléctrico conectado a la red de baja tensión con una tarifa 3.0A de acceso a la red eléctrica, con tres periodos tarifarios y las siguientes potencias contratadas:

| | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------|
| Titular | AJUNTAMENT DE SANTA POLA | Tarifa de acceso | 3.0A |
| Dirección punto de suministro | C/ JALOQUE, 55, Bajo | Potencias Contratadas | |
| CUPS | ES0021000011593450LK | P1 | 34 |
| Comercializadora | IBERDROLA CLIENTES | P2 | 37 |
| Distribuidora | IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELECTRICA S.A | P3 | 95 |

Tabla 11. Resumen características contrato eléctrico

En la siguiente gráfica se muestra la evolución del consumo de energía activa (kWh) a lo largo del periodo de referencia, siendo el consumo medio mensual de 5.507 kWh/mes.



Gráfica 6. Consumo eléctrico mensual de los 12 meses auditados

Los meses con un mayor consumo eléctrico en el centro son octubre y junio, mientras que el mes de menor consumo es agosto. Este perfil de consumo eléctrico anual del centro es comprensible dado que se trata de un centro escolar y durante el mes de agosto únicamente presenta un uso puntual para labores de limpieza y mantenimiento.

Del mismo modo, en la siguiente tabla se muestran los consumos de energía activa (kWh) mensual representados en la gráfica anterior:

| Mes | Consumo energía activa (kWh) | | | |
|--------------|------------------------------|---------------|--------------|---------------|
| | P1 | P2 | P3 | Total |
| sep-16 | 2.246 | 3.738 | 681 | 6.665 |
| oct-16 | 2.219 | 4.640 | 701 | 7.560 |
| nov-16 | 632 | 3.605 | 517 | 4.754 |
| dic-16 | 580 | 3.799 | 609 | 4.988 |
| ene-17 | 532 | 5.339 | 534 | 6.405 |
| feb-17 | 465 | 4.108 | 370 | 4.943 |
| mar-17 | 633 | 3.863 | 575 | 5.071 |
| abr-17 | 1.240 | 2.174 | 589 | 4.003 |
| may-17 | 1.965 | 3.807 | 547 | 6.319 |
| jun-17 | 2.650 | 3.719 | 656 | 7.025 |
| jul-17 | 2.019 | 2.123 | 894 | 5.036 |
| ago-17 | 1.002 | 1.555 | 760 | 3.317 |
| Total | 16.183 | 42.470 | 7.433 | 66.086 |

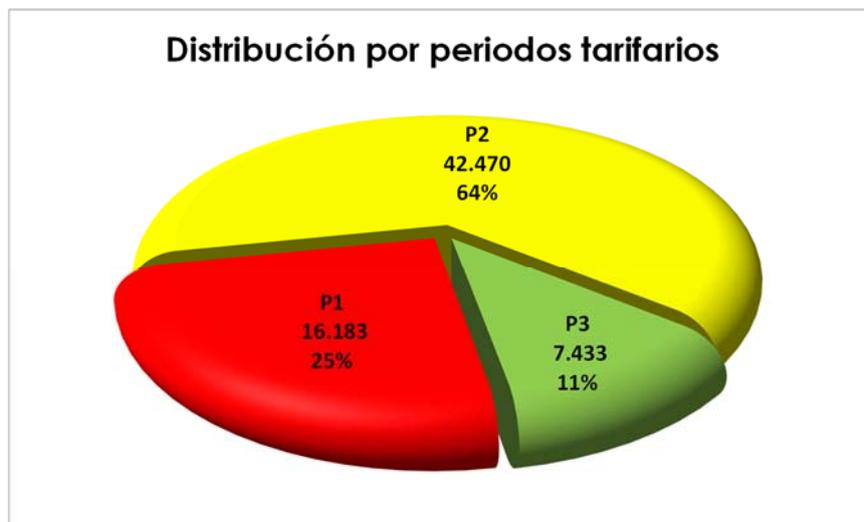
Tabla 12. Consumos de energía activa (kWh) desglosados por mes y periodo de facturación.

Los horarios de facturación de los periodos de la tarifa de acceso contratada 3.0A son:

| | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
|---------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 0:00 a 1:00 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 |
| 1:00 a 2:00 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 |
| 2:00 a 3:00 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 |
| 3:00 a 4:00 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 |
| 4:00 a 5:00 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 |
| 5:00 a 6:00 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 |
| 6:00 a 7:00 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 |
| 7:00 a 8:00 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 |
| 8:00 a 9:00 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 |
| 9:00 a 10:00 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 |
| 10:00 a 11:00 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 |
| 11:00 a 12:00 | P2 | P2 | P2 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P2 | P2 |
| 12:00 a 13:00 | P2 | P2 | P2 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P2 | P2 |
| 13:00 a 14:00 | P2 | P2 | P2 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P2 | P2 |
| 14:00 a 15:00 | P2 | P2 | P2 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P2 | P2 |
| 15:00 a 16:00 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 |
| 16:00 a 17:00 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 |
| 17:00 a 18:00 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 |
| 18:00 a 19:00 | P1 | P1 | P1 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P1 | P1 |
| 19:00 a 20:00 | P1 | P1 | P1 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P1 | P1 |
| 20:00 a 21:00 | P1 | P1 | P1 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P1 | P1 |
| 21:00 a 22:00 | P1 | P1 | P1 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P1 | P1 |
| 22:00 a 23:00 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 |
| 23:00 a 24:00 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 |

Imagen 16. Gráfico de la distribución horaria de los periodos tarifarios de la tarifa 3.0A

La distribución del consumo de energía activa (kWh) anual por periodo tarifario quedaría de la siguiente forma:



Gráfica 7. Distribución del consumo eléctrico anual por periodos tarifarios.

Como se puede apreciar, se realiza el mayor consumo eléctrico en el periodo tarifario P2 debido a que este periodo es el que mayor número de horas tiene en el horario de apertura del centro.

Dado que el horario en P3 corresponde con el de cierre del colegio, se puede afirmar que tiene un consumo fijo del 11% en P3, debido principalmente al consumo residual.

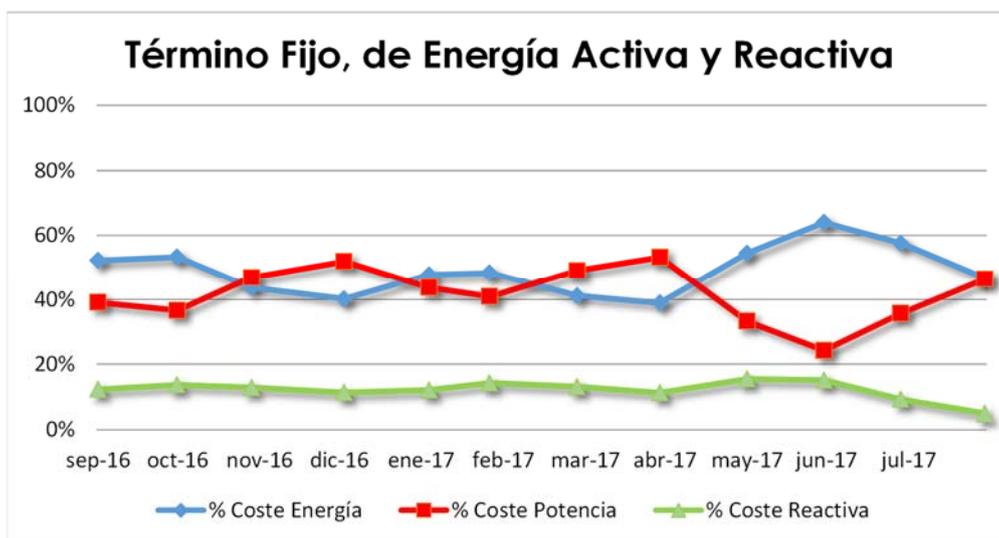
Conocer la distribución del consumo eléctrico anual es importante para negociar el precio con las comercializadoras de energía, pues permite identificar los mejores precios para cada periodo tarifario.

Los costes eléctricos (*con impuesto eléctrico y sin I.V.A*) asociados al periodo de referencia fueron:

| Término de Facturación | Coste anual €/año | Coste anual % |
|---------------------------|----------------------|------------------|
| Término de Energía Activa | 6.999,78 | 47% |
| Término de Potencia | 5.907,31 | 40% |
| Término de Reactiva | 1.785,57 | 12% |
| Alquiler Equipo medida | 143,42 | 1% |
| Otros conceptos | 0,00 | 0% |
| Total Anual | 14.836,08 | 100% |

Tabla 13. Coste de los diferentes términos de la facturación eléctrica 2016

En las siguientes gráficas se pueden observar estos costes desglosados por mes y su representación en la facturación eléctrica del centro.



Gráfica 8. Porcentaje mensual del coste de energía y potencia de la facturación eléctrica.

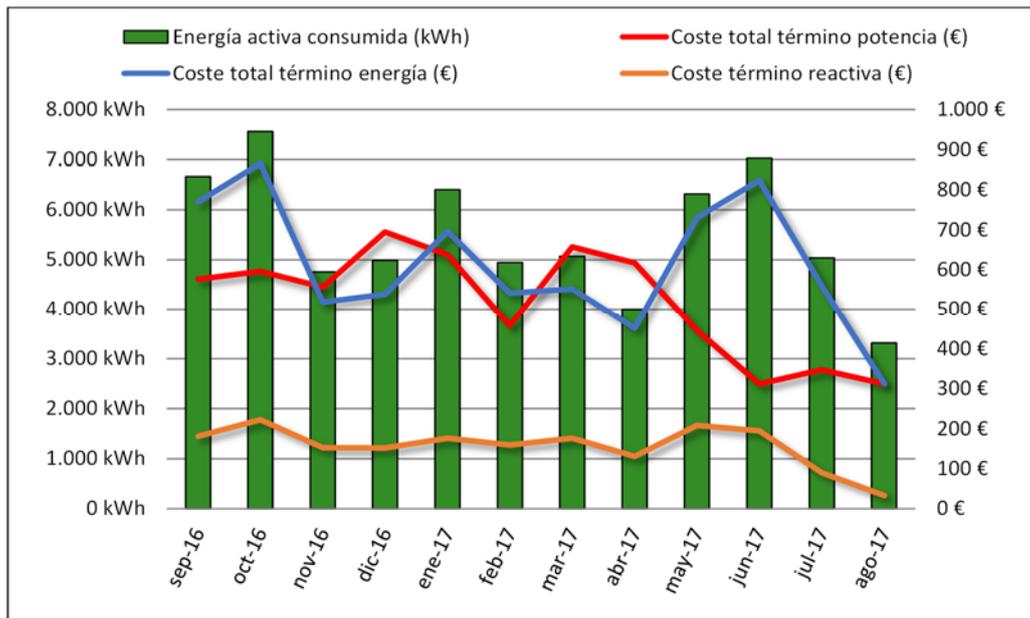
Como resumen del coste del término de energía mensual para el periodo de referencia se tiene:

| Mes | Consumo energía activa kWh | Coste Energía € | Precio medio energía c€/kWh |
|--------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| sep-16 | 6.665 | 732,27 | 10,99 |
| oct-16 | 7.560 | 824,02 | 10,90 |
| nov-16 | 4.754 | 492,92 | 10,37 |
| dic-16 | 4.988 | 512,03 | 10,27 |
| ene-17 | 6.405 | 662,21 | 10,34 |
| feb-17 | 4.943 | 514,38 | 10,41 |
| mar-17 | 5.071 | 524,18 | 10,34 |
| abr-17 | 4.003 | 429,68 | 10,73 |
| may-17 | 6.319 | 694,85 | 11,00 |
| jun-17 | 7.025 | 783,34 | 11,15 |
| jul-17 | 5.036 | 532,52 | 10,57 |
| ago-17 | 3.317 | 297,38 | 8,97 |
| Total | 66.086 | 7.000 | 10,59 |

Tabla 14. Resumen mensual del consumo y coste eléctrico de 2016

El precio medio del término de energía en el periodo de referencia auditado ha sido de 0,1059 €/kWh.

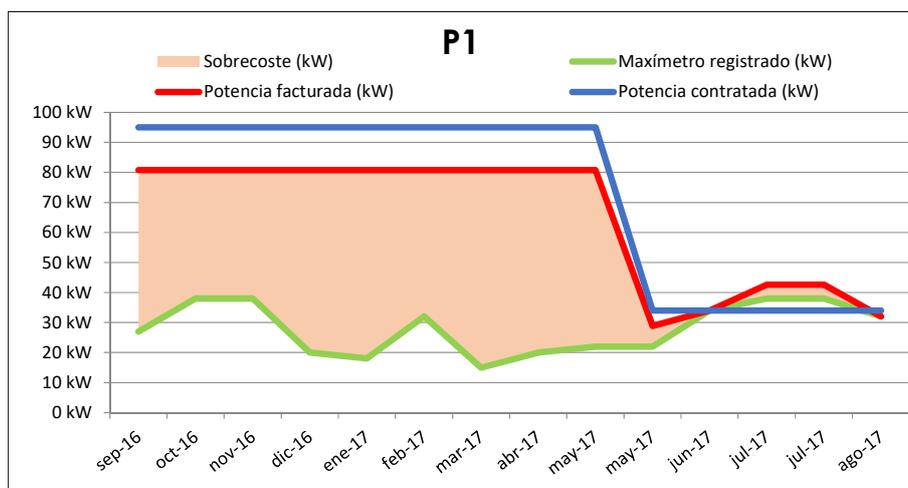
Respecto al término de potencia, se ha podido comprobar, que representa una media del 40% del coste anual, como se observa en la siguiente gráfica, a partir del mes de mayo se realiza un cambio en la potencia contratada, que conlleva a un menor valor del coste del término de potencia.



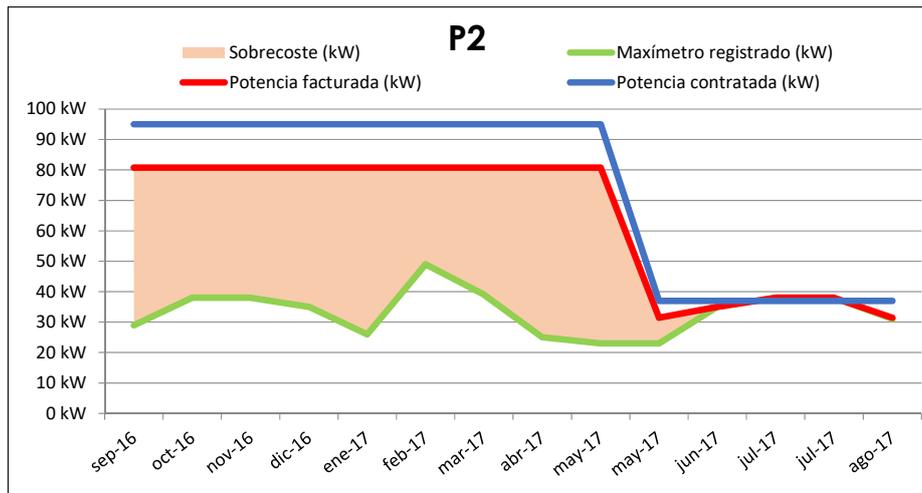
Gráfica 9. Consumo energía vs costes en la facturación eléctrica.

Es importante realizar el seguimiento continuo de los parámetros de contratación del suministro eléctrico, optimizando los parámetros como la potencia contratada, con el objetivo de minimizar los costes fijos de la contratación del suministro eléctrico.

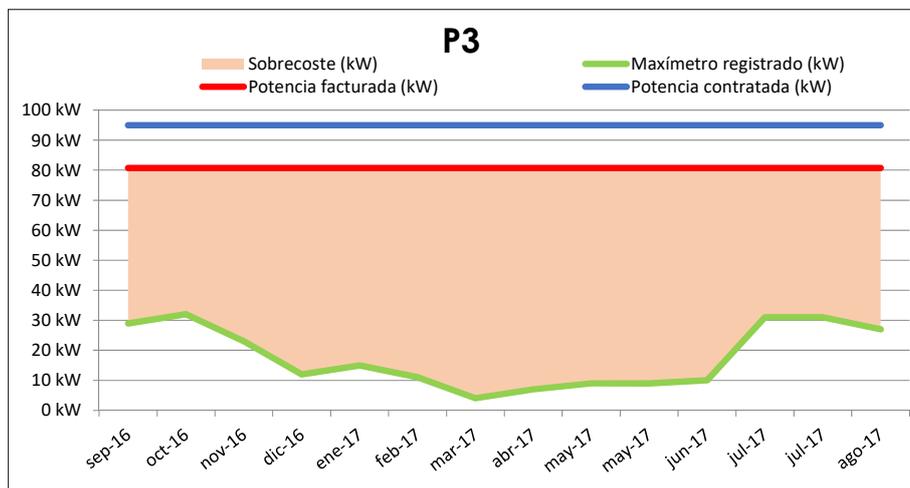
Las tarifas de acceso 3.0A facturan el término de potencia en función de las potencias máximas registradas, por lo que, dado que se dispone de las potencias máximas registradas mensualmente durante el periodo auditado, en la siguiente gráfica se muestra la diferencia entre las potencias máximas registradas, y las potencias contratadas, en el periodo de referencia.



Gráfica 10. Sobrecostes de potencia registrados en el periodo P1



Gráfica 11. Sobrecostes de potencia registrados en el periodo P2

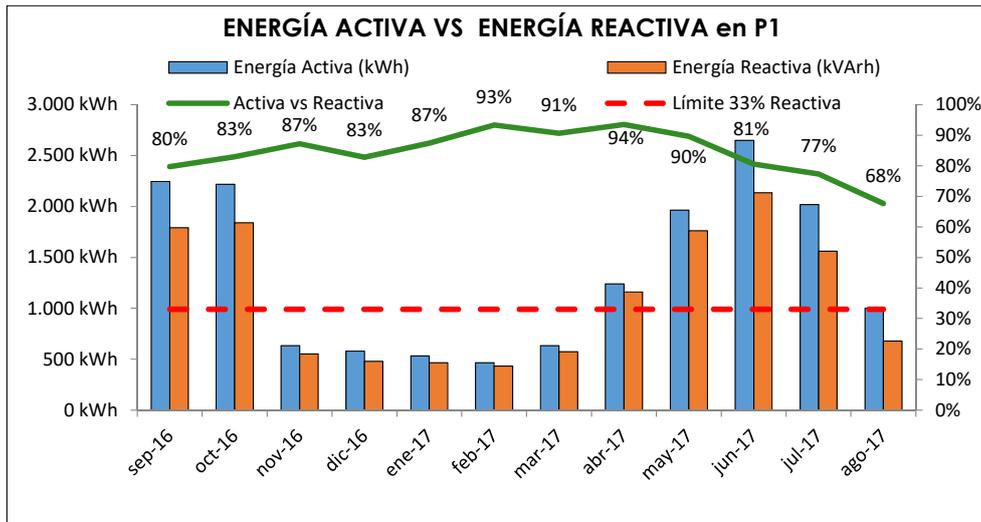


Gráfica 12. Sobrecostes de potencia registrados en el periodo P3

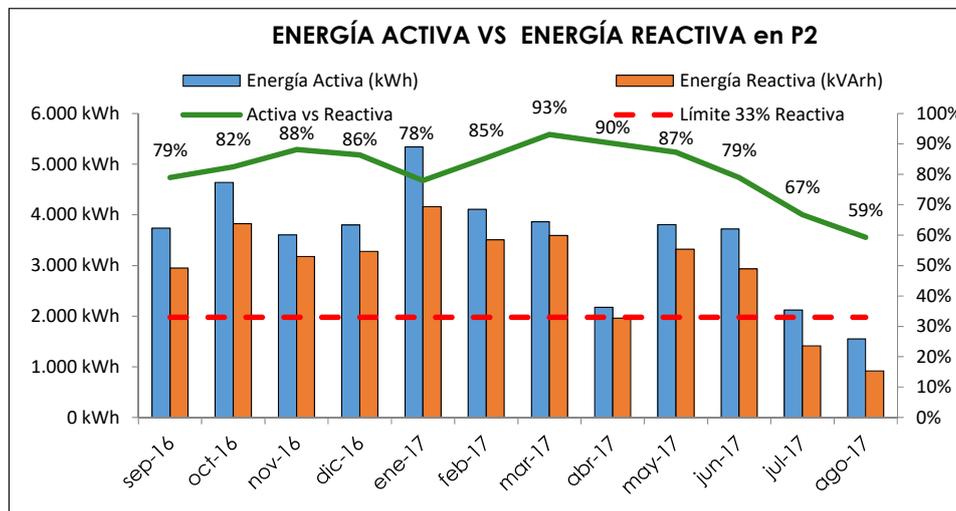
En el análisis se observa que la nueva potencia contratada a partir de mayo 2017 se ajusta mejor a la potencia demandada del centro. Sin embargo todavía existe un potencial de ahorro económico si se ajusta la potencia contratada en el periodo P3. En cualquier caso, la potencia del periodo valle no se recomienda bajarla, ya que lleva asociada la pérdida de derechos de acometida.

Por último, en el análisis del consumo de energía eléctrica, se ha identificado un elevado exceso de energía reactiva (kVArh) durante todos los meses del año, lo que representa una penalización reflejada en la facturación de 1.785 €. Hay que destacar que, el periodo P3 no penaliza por excesos de energía reactiva.

En las siguientes gráficas se puede observar este límite marcado en rojo.



Gráfica 13. Consumo de energía reactiva (kVArh) vs energía activa (kWh)



Gráfica 14. Consumo de energía reactiva (kVArh) vs energía activa (kWh)

5.2. Distribución de consumos energéticos.

A partir de los datos recopilados en el desarrollo de la auditoría energética y del análisis de los consumos, se obtiene la siguiente distribución del consumo energético del centro:

| Instalación | Consumo kWh/año | Consumo % |
|-----------------------------|-----------------|-------------|
| Iluminación | 23.879 | 36% |
| Climatización | 26.880 | 41% |
| Equipos ofimáticos y fuerza | 15.327 | 23% |
| TOTAL | 66.086 | 100% |

Tabla 15. Consumos energéticos totales del centro auditado por tipo instalación

Como se puede apreciar, la mayor parte del consumo energético del centro se destina a la climatización, representando un 41% del consumo global. La instalación de iluminación es el segundo mayor consumidor de energía con un 36% del consumo global, debido a que la mayor parte de la potencia instalada en iluminación interior corresponde a luminarias de tecnología fluorescente, poco eficiente energéticamente y que aumenta el impacto en el consumo anual del edificio.



Gráfica 15. Distribución del consumo energético anual

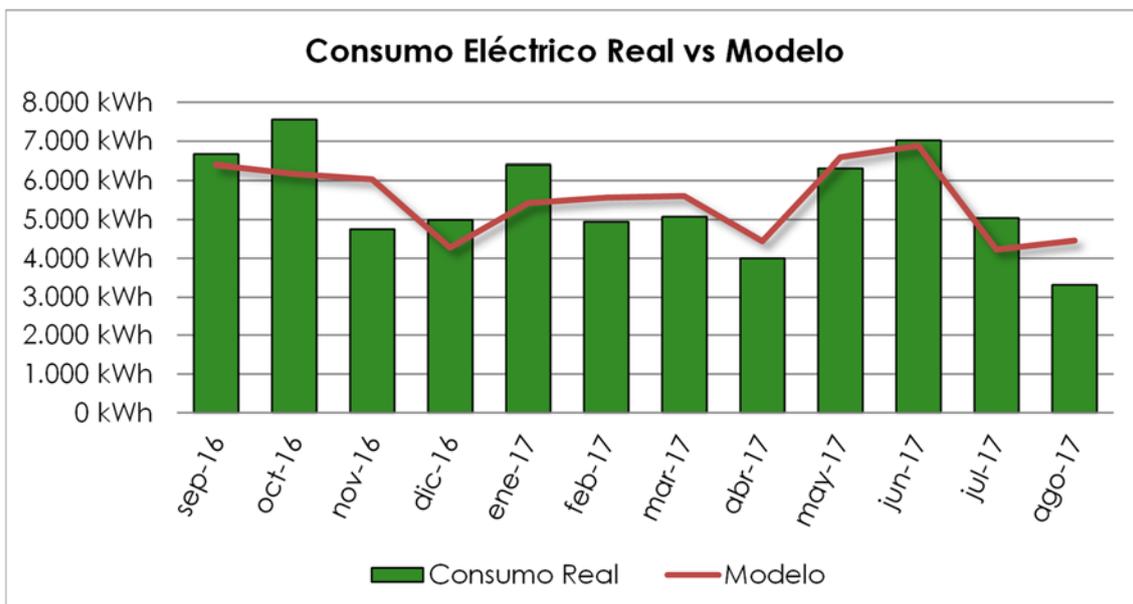
5.3. Modelo energético consumo eléctrico

Para la obtención del modelo energético del consumo de energía eléctrica del edificio, se tiene en cuenta la variación de las condiciones climáticas en la ubicación del centro y los días laborables dentro del calendario escolar. Para introducir la variable climática en el modelo, se usa el concepto de grados día de refrigeración "Cooling Degree Days" (CDD) y grados día de calefacción "Heating Degree Days" (HDD).

Así pues, realizando el análisis del modelo energético, se obtiene relación directa entre del consumo eléctrico mensual, los días del calendario escolar y los HDD y CDD obtenidos para la ubicación del centro:

$$\text{kWh eléctricos mes} = 22,96 * \text{CDD (mensuales)} + 0,81 * \text{HDD (mensuales)} + 218,82 * \text{días (apertura del centro)} + 1.246,2$$

Como se puede apreciar en el siguiente gráfico, el consumo obtenido mediante el modelo y consumo eléctrico real para el periodo de referencia, tiene un error inferior al 20% en la gran mayoría de los meses analizados. Teniendo en cuenta que únicamente los meses de octubre y agosto son los que mayor diferencia muestran.



Gráfica 16. Comparativa consumo eléctrico real – modelo

Este modelo energético puede ser mejorado y ajustarse mejor al consumo real con la inclusión de otras variables como son la afluencia de personas al edificio o el número de horas mensuales en que se encuentra ocupadas las aulas.

6. INDICADORES ENERGÉTICOS.

Los indicadores energéticos son una herramienta muy útil a la hora de analizar evoluciones de consumos energéticos, comparar centros de igual actividad o eficiencia energética de instalaciones. También son útiles para establecer objetivos energéticos y analizar la evolución energética del edificio.

El indicador energético más utilizado para comparar áreas, es el consumo específico por superficie.

| | Consumo anual kWh/año | Superficie útil m ² | Consumo por superficie útil kWh/m ² |
|--------------|--------------------------|-----------------------------------|--|
| Electricidad | 66.086 | 1.419 | 47 |

Tabla 16. Consumo eléctrico específico por superficie

Analizando en detalle según la distribución de consumos, se obtienen los siguientes indicadores para la iluminación y para la climatización del centro:

| | Consumo anual kWh/año | Superficie útil m ² | Consumo por superficie útil kWh/m ² |
|---------------|--------------------------|-----------------------------------|--|
| Iluminación | 23.879 | 1.419 | 17 |
| Climatización | 26.880 | | 19 |

Tabla 17. Consumo específico de las instalaciones

7. MEDIDAS AHORRO Y EFICIENCIA

En función de los datos y resultados obtenidos del análisis del estado y funcionamiento energético del centro, a continuación, se desarrollan las Medidas de Ahorro y Eficiencia (MAEs).

7.1. Consideraciones

Para el análisis y evaluación del ahorro económico debido a las mejoras de eficiencia energética que se propondrán y el cálculo de la reducción del impacto ambiental, se realizan las siguientes hipótesis, que serán utilizadas a lo largo del resto del apartado.

7.1.1. Coste económico

A partir de las facturas del periodo de referencia y de los análisis del suministro eléctrico se obtiene el siguiente precio:

- Energía Eléctrica: Precio medio término Energía 0,1059 €/kWh (impuesto eléctrico incluido)

En el periodo de retorno de las inversiones se ha teniendo en cuenta el ciclo de vida de la instalación, a fin de tener en cuenta el ahorro a largo plazo, los costes de mantenimiento y las tasas de descuento. Se ha considerado una inflación media del 7%, un aumento del IPC del 1,5% y un tipo de interés del 4%.

7.1.2. Coste ambiental

Para el análisis de emisiones, se considerará como indicador, la cantidad de CO₂ equivalente emitida a la atmósfera debida a la producción de energía. Dicho valor se puede obtener de diversas fuentes, para este informe se consideran los datos facilitados por IDAE.

- Energía Eléctrica: 0,331 kgCO₂/kWh.

7.2. Puntos ya existentes que favorecen el ahorro energético

Antes de proponer las medidas de mejora detectadas, se debe destacar que durante la visita se pudo constatar que en el centro se emplean recursos para promover la eficiencia energética y reducir las emisiones de CO₂ asociadas a su actividad.

Se detectaron las siguientes medidas que favorecen al ahorro energético:

- Sensores de presencia en aseos.
- Reloj astronómico para la instalación de iluminación exterior.

7.3. Medidas de ahorro y eficiencia energética

7.3.1. Optimización de la Potencia Contratada

7.3.1.1. Situación actual

Como se ha visto en apartados anteriores, la potencia contratada del suministro eléctrico actualmente es P1: 34 kW, P2: 37 kW, P3: 95 kW. Se ha podido observar que la potencia máxima mensual demandada queda por debajo de esta potencia contratada en el periodo P3 durante todo el año. Esto es indicativo de que hay opciones de mejora en la contratación de la potencia, pero se debe tener en cuenta, en el caso en el que se decida ampliar alguna de las instalaciones, la potencia del equipo a instalar para no bajar en exceso la potencia de P3 y perder los derechos de acometida que se requerirían.

7.3.1.2. Mejora a implementar

Se realiza el estudio de optimización de las potencias contratadas en cada periodo tarifario para el suministro eléctrico del centro de tarifa 3.0A.

Se observa que, mientras que en los periodos P1 y P2 las potencias contratadas se ajustan a la potencia demandada, en el periodo P3 la potencia se encuentra por encima de los valores máximos demandados, por lo tanto, se propone reducir la potencia de P3 a 45kW.

7.3.1.3. Ahorro energético y económico

Sobre la base de las consideraciones anteriores y las potencias máximas demandadas en el periodo de referencia se podría llegar a un ahorro anual de ≈374 €.

La inversión necesaria en cuotas de derechos de acometida y enganche en baja tensión con la compañía distribuidora sería de 9€.

| Mejora | Ahorro Eléctrico kWh/año | Reducción Emisión tCO ₂ /año | Ahorro €/año | Inversión € | PRS años | PR VAN=0 años |
|--|--------------------------|---|--------------|-------------|----------|---------------|
| Optimización de la potencia contratada | - | - | 374 | 9 | 0,0 | 0,0 |

Tabla 18. Resumen MAE Optimización potencia contratada

7.3.2. Compensación del consumo de energía reactiva

7.3.2.1. Situación actual

Como se ha indicado en el análisis del consumo de energía reactiva, se ha detectado una penalización por exceso de consumo de energía reactiva en la facturación eléctrica en el periodo de referencia de 1.785 €.

7.3.2.2. Mejora a implementar

Teniendo en cuenta lo indicado en el apartado anterior, se propone la instalación de una batería de condensadores de 26 kVAr para compensar la energía reactiva consumida por la instalación y mantener el $\cos\phi$ (factor de potencia) por encima de 0,95.

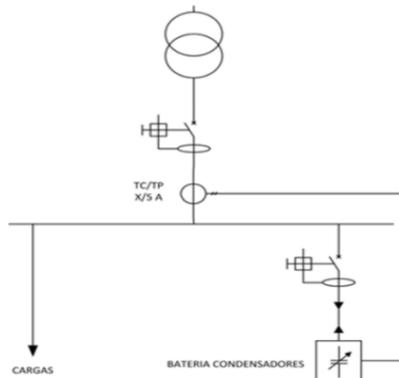


Imagen 17 Esquema unifilar batería de condensadores



Imagen 18 Batería de condensadores STD3-7,5-440

La batería de condensadores proporciona el valor necesario de kVAr para mantener el $\cos\phi$ de la instalación cercano a un valor objetivo definido, adaptándose a las variaciones de consumo de reactiva de la instalación.

7.3.2.3. Ahorro energético y económico

Se estima un coste (incluyendo instalación y puesta en marcha) de 892 euros.

El ahorro obtenido por la instalación de esta batería (suponiendo que el tipo de consumo se mantiene estable en el tiempo) es de 1.785 €/año.

| Mejora | Ahorro Eléctrico kWh/año | Reducción Emisión tCO ₂ /año | Ahorro €/año | Inversión € | PRS años | PR VAN=0 años |
|----------------------------------|--------------------------|---|--------------|-------------|----------|---------------|
| Compensación de energía reactiva | - | - | 1.785 | 892 | 0,5 | 0,5 |

Tabla 19. Resumen MAE compensación del consumo de energía reactiva

7.3.3. Sustitución a tecnología LED y mejora del control de iluminación

7.3.3.1. Situación actual

Actualmente, según la información analizada en el presente informe, se obtienen los siguientes puntos clave de la instalación de alumbrado:

- Las luminarias más empleadas son de tecnología fluorescente T8 con regulador electromagnético, con un 85,3% de la potencia instalada en iluminación.
- Respecto al análisis de mediciones lumínicas, los niveles de iluminación del centro se encuentran acorde a la norma, encontrándose por muy por encima en varios casos gracias al aporte de luz natural.
- El control del encendido de la iluminación del centro, se realiza de manera manual mediante interruptores instalados en cada sala o estancia.
- El centro cuenta con sensores de presencia en aseos.
- Existen aulas, como las de 5º y 6ª de primaria que disponen de excesiva potencia de iluminación instalada.

7.3.3.2. Mejora a implementar

Se propone realizar la sustitución por lámparas y luminarias por nuevas de tecnología LED que permiten un ahorro de hasta el 50% en el consumo y tienen una vida media de 50.000 h.

Las lámparas y luminarias de la siguiente imagen podrían sustituir las actualmente instaladas:

| SUSTITUCIÓN | |
|-------------------|--|
| TUBO LED |  |
| BOMBILLA LED |  |
| DOWNLIGHT |  |
| VIAL EXTERIOR LED |  |

Imagen 19. Ejemplos de luminarias y lámparas de sustitución

Este cambio permitirá reducir el consumo eléctrico de la instalación de iluminación, manteniendo o mejorando las condiciones lumínicas. Además, se produciría una reducción de la potencia eléctrica instalada, y por tanto una reducción de las potencias máximas demandadas en la facturación eléctrica.

Comparados con las fuentes de luz convencionales la tecnología LED presenta numerosas ventajas entre las que se pueden destacar:

- Alta resistencia a vibraciones e impactos, ofreciendo mayor fiabilidad que las lámparas convencionales por no haber fallos en los filamentos.
- Larga vida útil, entre 50.000 y 80.000 horas respetando las condiciones recomendadas de funcionamiento.
- Gran capacidad de producción lumínica por cada watio consumido 90-113 lm/W
- Bajo consumo energético por la poca potencia instalada.
- Alta eficiencia en colores, los LED son fuentes de luz prácticamente monocromáticas que permiten obtener una amplia gama de colores.
- No generan radiación ultravioleta ni infrarroja por lo que no se deterioran los materiales expuestos a la luz LED.

Para mejorar el control de la iluminación del centro, pasando de un control manual de la instalación a una regulación automática, se propone la siguiente estrategia:

- Optimizar la iluminación de las escaleras y zonas de ocupación temporal, como los pasillos, mediante detección de movimiento. En los aseos ya existe este tipo de regulación.
- Mantener un nivel de iluminación óptimo en función de la luz natural mediante sensores de luminosidad.

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.

El Código Técnico de Edificación obliga a disponer de sistemas de control de la iluminación por detección de movimiento en las zonas de uso esporádico.



Imagen 20. Detector de presencia empotrable en techo

En los sistemas con regulación de la iluminación en función de la luz natural, los sensores miden constantemente la cantidad de luz que hay en la sala y reducen la cantidad de luz artificial producida por las lámparas que están funcionando con Equipos de Conexión Electrónicos regulables, de forma que siempre se mantiene un nivel de iluminación predefinido en la sala.

El Código Técnico de Edificación obliga a instalar sistemas de aprovechamiento de la luz exterior en la primera línea paralela de luminarias situada a una distancia inferior a 3 metros de la ventana.



Imagen 21. Célula fotosensible empotrable en techo y controlador

7.3.3.3. Ahorro energético y económico

Mediante la sustitución de los tubos fluorescentes T8 y apliques con fluorescentes compactos, la potencia instalada disminuiría en más de un 50%, disminuyendo en consecuencia el consumo energético de la instalación de iluminación.

Las luminarias y lámparas que se han considerado para la mejora de sustitución son aquellas donde el número de horas diaria que permanecen encendidas es superior a una hora. Las estancias como los almacenes de material y los talleres donde apenas existe ocupación se han excluido.

Los precios de los equipos se ha considera el de catálogo de fabricantes de primeras marcas, así como un coste de instalación de un 20% del coste de materiales.

En el periodo de retorno de la inversión se tiene en cuenta el ciclo de vida de la instalación, a fin de tener en cuenta el ahorro a largo plazo, las reposiciones de luminarias según la vida útil y las tasas de descuento. Con el uso que tienen actualmente las luminarias y su duración de vida media de 12.000 horas, a continuación se detallan los ahorros que se obtendrían:

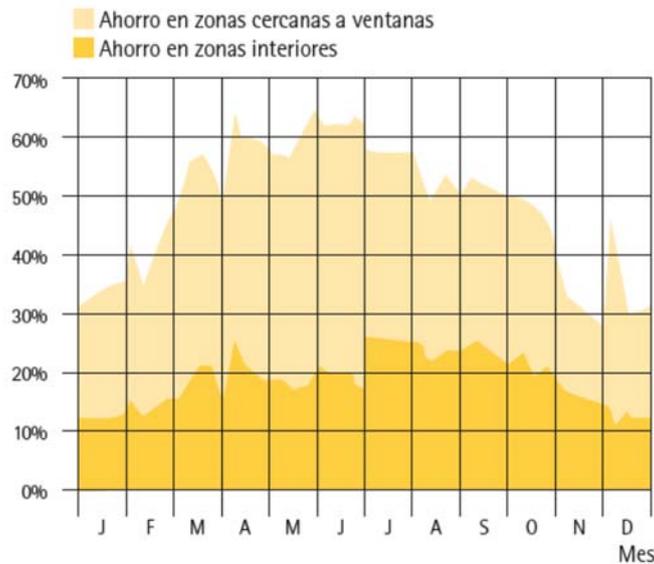
| Mejora | Ahorro Eléctrico kWh/año | Reducción Emisión tCO ₂ /año | Ahorro €/año | Inversión € | PRS años | PR VAN=0 años |
|------------------------------|--------------------------|---|--------------|-------------|----------|---------------|
| Sustitución Luminarias a LED | 15.988 | 5,3 | 1.693 | 9.284 | 5,5 | 4,8 |

Tabla 20. Resumen MAE sustitución luminarias a LED

El ahorro energético alcanzable mediante la mejora de la regulación de la instalación de iluminación es variable.

La implantación de sistemas de detección de presencia en pasillos, escaleras y estancias de ocupación temporal, en un edificio de uso escolar y de 8 horas de actividad se estima entorno el 40%.

El ahorro energético que se conseguiría en este edificio con gran aporte de luz natural en la mayoría de sus espacios, depende de la ubicación de las luminarias y la orientación de la estancia. De forma general, el ahorro energético se estima entorno el 50%-30%.



Gráfica 17. Porcentaje de ahorro energético de una luminaria con regulación de nivel constante de iluminación respecto una sin regulación.

Se considera una inversión unitaria entre 90€ -150€, incluyendo costes de instalación. Se han considerado un número de equipos en función de las aulas con mayor potencial de ahorro energético, como son las aulas de la primera planta.

| Mejora | Ahorro Eléctrico kWh/año | Reducción Emisión tCO ₂ /año | Ahorro €/año | Inversión € | PRS años | PR VAN=0 años |
|--|--------------------------|---|--------------|-------------|----------|---------------|
| Sustitución iluminación a LED y mejora en su control | 17.414 | 5,8 | 1.844 | 10.501 | 5,7 | 5,0 |

Tabla 21. Resumen MAE sustitución luminarias a LED y control

Si bien el periodo de retorno de la inversión es mayor de 5 años, la mejora de las condiciones de confort lumínico para los usuarios del centro, es otro beneficio a tener en cuenta en las variables a la hora de tomar la decisión de inversión.

7.3.4. Ajuste de la temperatura de consigna

7.3.4.1. Situación actual

La instalación de climatización cuenta con diversos mandos donde el vedel establece la temperatura consigna para cada una de las aulas y estancias.

Durante la realización de la auditoría se ha comprobado que la temperatura de consigna establecida en el panel de control de los mandos era de 22°C y

24°C, estando por debajo de la temperatura recomendada (26°C para locales refrigerados, según el RD 1826/2009, época durante la cual se realizaron las visitas al edificio).

7.3.4.2. Mejora a implementar

Se propone aumentar dos grados la temperatura de consigna (de 24°C y 22°C a 26°C) en las aulas para los meses de mayo a octubre.

Debe tenerse en cuenta en cuenta que por cada grado de temperatura que modifiquemos la consigna aproximándola a la temperatura exterior se obtiene un ahorro en torno a un 8% en el consumo destinado a climatización.

7.3.4.3. Ahorro energético y económico

Esta medida de mejora no supone ninguna inversión, por lo que se recomienda su actuación de manera inmediata, teniendo en cuenta las siguientes temperaturas de consigna recomendadas por el RITE.

- Meses de verano: 26°C
- Meses de invierno: 21°C

Se realiza un planteamiento conservador, estimando un ahorro del 5% por el ajuste de dos grados la temperatura de consigna durante los meses de verano.

| Mejora | Ahorro Eléctrico kWh/año | Reducción Emisión tCO ₂ /año | Ahorro €/año | Inversión € | PRS años | PR VAN=0 años |
|--------------------------------|--------------------------|---|--------------|-------------|----------|---------------|
| Ajuste de temperatura consigna | 1.319 | 0,4 | 136 | 0 | 0,0 | 0,0 |

Tabla 22. Resumen MAE Ajuste de temperatura consigna

7.4. Propuestas adicionales de medidas de ahorro y eficiencia energética

De manera adicional a las mejoras y actuaciones descritas anteriormente, en el desarrollo de la presenta auditoría energética se han detectado otras medidas, encaminadas a reducir el consumo de energía y/o aumentar la eficiencia energética de las instalaciones.

Estas medidas de mejora no se incluyen en los apartados anteriores, en primer lugar, por tratarse de medidas de ahorro transversales cuya implantación se recomienda realizar a nivel del conjunto de los edificios municipales o, en segundo lugar, por quedar descartadas a corto plazo, ya que, presentan un pe-

riodo de retorno de la inversión fuera de los criterios mínimos de rentabilidad, y/o para obtener una estimación de los ahorros potenciales, así como de las inversiones necesarias, precisan de estudios en detalle.

Pese a ello, estas medidas adicionales quedan recogidas a continuación, de forma que se puedan tener en cuenta tanto para la obtención de la información adicional necesaria para auditorías energéticas futuras, como para la futura implantación en un marco temporal largo plazo.

7.4.1. Sistema de Gestión de la Energía - Medida de mejora transversal

Como resultado de los trabajos de auditoría energética en los edificios municipales de Santa Pola, se ha detectado la Implantación de un Sistema de Gestión Energética (SGE) como medida de ahorro y eficiencia energética cuya implantación se recomienda realizar en los principales edificios consumidores de energía del municipio. Por lo que esta medida se define como transversal y queda reflejada en el informe de Análisis Energético de los Edificios Municipales.

El SGE permitirá mejorar el desempeño energético del edificio, considerando los siguientes factores:

- **Cultura energética:** nivel de información existente en el centro, la formación interna y la política energética.
 - Por ejemplo concienciando en establecer las consignas de temperatura de los equipos controlados individualmente y centralizados en 21°C (máximo en invierno) y 26°C (mínimo en verano). Se debe tener en cuenta que cada grado de más supone un incremento de los costes energéticos de un 8%.
- **Innovación Tecnológica:** grado de actualización de los medios técnicos aplicados en las instalaciones.
 - La organización considera las oportunidades de mejora del desempeño energético en el diseño de instalaciones nuevas, modificadas o renovadas, de equipos, de sistemas y de procesos que pueden tener un impacto significativo en su desempeño energético.
 - Al adquirir servicios de energía, productos y equipos que tengan, o puedan tener, un impacto en el uso significativo de la energía, el Ayuntamiento informará a los proveedores que las compras serán en parte evaluadas sobre la base del desempeño energético.
- **Mantenimiento:** nivel de sensibilidad existente en el centro en el mantenimiento con objeto de alcanzar el óptimo rendimiento desde el punto de vista de la eficiencia energética.

- **Control energético:** nivel de gestión del gasto energético (sistemas de medición y monitorización, etc.).

7.4.2. Rehabilitación energética de la envolvente

Como se ha comentado con anterioridad, se desconoce la existencia o características térmicas del aislamiento térmico en la envolvente del edificio. La gran mayoría de los edificios existentes, están contruidos según normativas antiguas, muy básicas, que no establecían obligaciones respecto a limitaciones de consumo o aislamientos.

Dado que la envolvente térmica tiene una incidencia fundamental sobre la demanda energética en los edificios, realizar algún tipo de actuación sobre la misma conduce a importantes ahorros en términos energéticos y económicos. Algunas de las medidas más efectivas para mejorar la envolvente térmica del edificio son:

- Mejorar el aislamiento térmico
- Aislamiento de los puentes térmicos (encuentro de fachada, cajas de persianas, etc.).

Según la “Guía práctica de la Energía para la rehabilitación de edificios” del IDAE, los ahorros de energía alcanzados con actuaciones de rehabilitación energética sobre la envolvente térmica del edificio energético pueden superar más del 40%.

Esta medida no se incluye dentro de las medidas prioritarias, ya que, para poder determinar qué actuaciones emprender para mejorar la envolvente es necesario realizar los siguientes estudios:

- Estudio termográfico de la envolvente que comprenda la identificación de los puntos donde mayores pérdidas energéticas se producen.
- Modelado energético del edificio mediante un software de simulación. Mediante esta simulación energética se conocen los datos de partida, que será usado para el estudio de viabilidad de las diferentes medidas de ahorro energético.

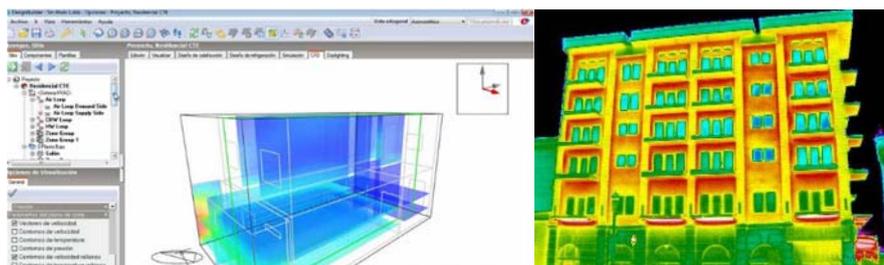


Imagen 22. Estudio envolvente térmica

Además, estas actuaciones son altamente intrusivas, afectando la normal actividad de los centros, así como elevados periodos de retorno, recomendándose acometer en procesos de rehabilitación:

- Reparación de goteras y humedades en cubierta, aprovechando esta reforma para realizar la rehabilitación térmica de la cubierta y su aislamiento.
- Aprovechar cualquier obra de modificación de revestimientos interiores (techos, paredes, suelos) para realizarlo desde un enfoque energético (instalación de aislamiento térmico), además de decorativo.

Es importante señalar que es posible que exista un programa de ayudas económicas en la Comunidad Autónoma para proyectos de ahorro de energía. Estos programas de ayudas se convocan con periodos de vigencia muy cortos, por ello es importante estar puntualmente informados.

7.5. Resumen de MAEs

A continuación se resume cada una de las MAEs desarrolladas, así como su peso específico.

| Medidas de Ahorro y Mejora de la Eficiencia Energética | Ahorro anual | | | Inversión | PRS | PR VAN=0 |
|--|----------------|-----------------------|--------------|---------------|------------|------------|
| | Eléctrico | Emisiones | Económico | | | |
| | kWh/año | tCO ₂ /año | €/año | € | años | años |
| Periodo de retorno ≤ 3 años | | | | | | |
| Optimización de la potencia contratada | - | - | 374 | 9 | 0,0 | 0,0 |
| Compensación de energía reactiva | - | - | 1.785 | 892 | 0,5 | 0,5 |
| Ajuste de temperatura consigna | 1.344 | 0,4 | 142 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| Subtotal | 1.344,0 | 0,4 | 2.301 | 901 | 0,4 | 0,4 |
| Periodo de retorno > 3 años | | | | | | |
| Sustitución iluminación a LED y mejora en su control | 17.414 | 5,8 | 1.844 | 10.501 | 5,7 | 5,0 |
| Subtotal | 17.414 | 5,8 | 1.844 | 10.501 | 5,7 | 5,0 |
| Total | 18.758 | 6,2 | 4.145 | 11.402 | 2,8 | 2,6 |

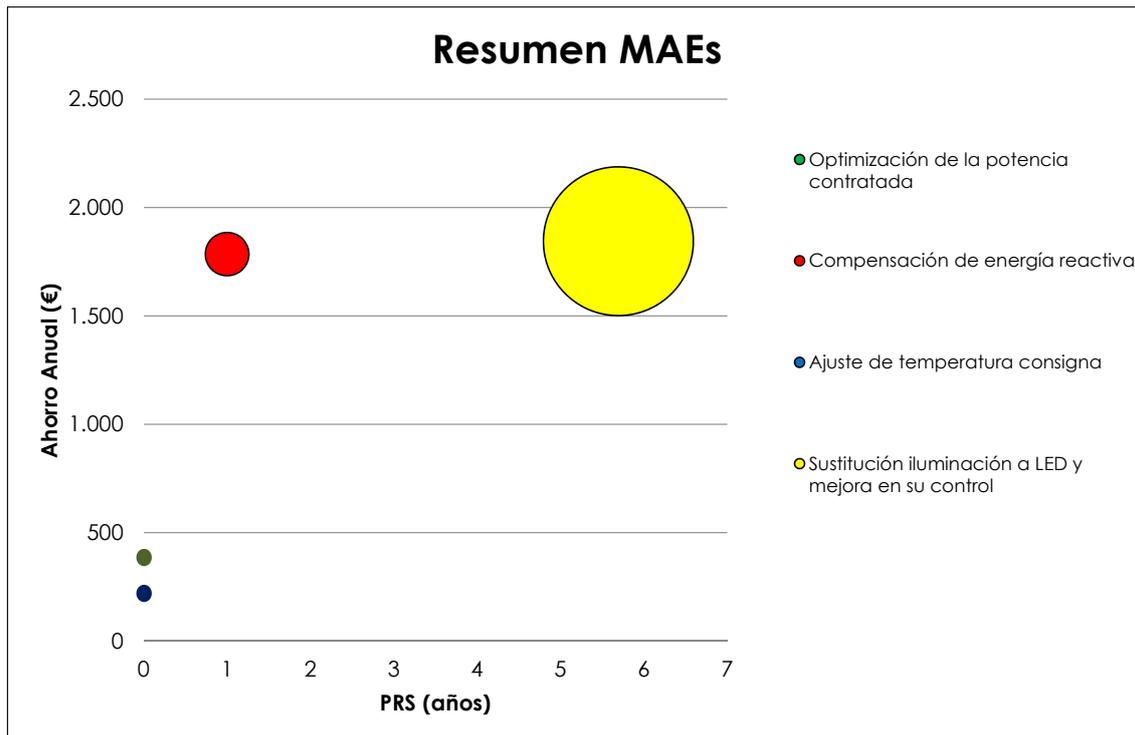
Tabla 23. Resumen MAEs

Estas mejoras supondrían un ahorro de energía eléctrica del 28% respecto al periodo de referencia auditado.

| | |
|-------------------------------------|--------|
| Consumo energético (kWh/año) | 66.086 |
| Ahorro Energético (kWh/año) | 18.758 |
| Ahorro Energético (%) | 28% |

Tabla 24. Resumen de ahorros energéticos previstos con las mejoras

En la siguiente gráfica se muestran las medidas de mejora propuestas distribuidas en un gráfico de bolas donde se aprecia con mayor claridad el periodo de retorno simple, el ahorro económico actual y el coste de la inversión representado mediante el tamaño de bola.



Gráfica 18. Resumen Medidas de Ahorro y Eficiencia.

La mejora de la sustitución de las luminarias por tecnología LED y la compensación de energía reactiva son las que generan mayor ahorro. Las mejoras de ajuste de la temperatura de consigna y la optimización de la potencia contratada, generan ahorros con una inversión nula.

En el Análisis Energético de los Edificios Municipales, se elabora el **Plan de Ahorro y Eficiencia Energética específico para el conjunto de los edificios**, obtenido en función de:

- Los modelos energéticos obtenidos para los edificios.
- El análisis de las mediciones.
- Las MAEs detectadas y descritas anteriormente, así como la Implantación de un Sistema de Gestión Energética definida como transversal.

8. CONCLUSIONES

La **auditoría energética del centro de formación José Tovar** ubicado en la Calle Jaloque N°8 en Santa Pola desarrollada por Eurocontrol, **se ha desarrollado conforme a las exigencias establecidas en el Real Decreto 56/2016.**

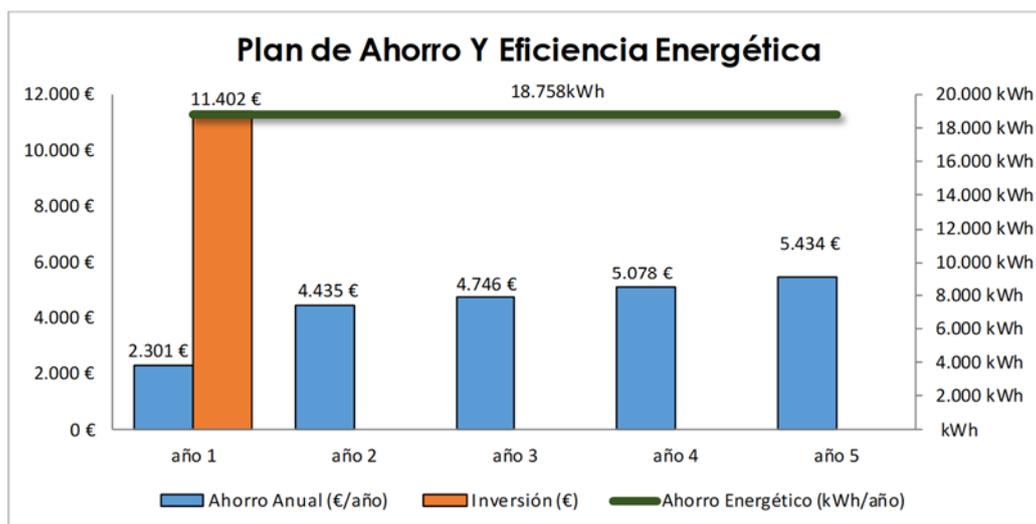
Para ello se incluye entre otros el análisis del estado energético del edificio, la definición de indicadores y modelo energético, y el desarrollo de las Medidas de Ahorro y Eficiencia aplicables.

El análisis del estado energético del edificio se basa en la información facilitada por el cliente y en la recopilada en las visitas a campo, tomando como periodo de referencia doce meses de septiembre 2016 a agosto 2017.

Como resultado del análisis de todos los datos recogidos en la auditoría energética del centro, se han desarrollado **4 Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética prioritarias.** Estas actuaciones establecen el marco sobre el que avanzar en el uso eficiente de la energía, y en la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones, permitiendo:

- Disminuir el consumo de energía eléctrica en un 28%.
- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la actividad del centro en un 28%.
- Reducir los costes energéticos del centro en 36% (4.145€).

Para la implantación de estas medidas de mejora es necesario realizar una **inversión de 11.402 €, que quedaría retornada en un periodo en torno a 2,8 años.**



Gráfica 19. Plan de ahorro y eficiencia energética

Además de las Medidas de Ahorro y Eficiencia energética desarrolladas en el presente informe, se proponen una serie de medidas adicionales encaminadas a reducir el consumo de energía y/o aumentar la eficiencia energética del edificio, pero que no se han cuantificado los ahorros energéticos potenciales por ser necesarios estudios en más detalle y un definición de su alcance para realizar una evaluación económica.

Por otra parte, se propone la Implantación de un Sistema de Gestión Energética (SGE) como medida transversal, de aplicación a los principales edificios municipales.

Se debe destacar que, para conseguir una mejora energética continua, se recomienda primordialmente la implantación de un sistema de gestión y monitorización energética. Esta infraestructura permitirá además valorar y validar los resultados conseguidos en la implantación de **las Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética, en las que será de prioritario verificar los ahorros conseguidos mediante Planes de Medida y Verificación.**