

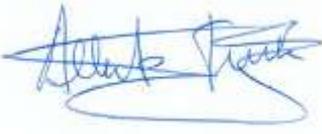


INFORME

AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA

(Arte y Cultura)

| | |
|------------|----------------------|
| Nº OFERTA | CO_1306 |
| Nº INFORME | IN_1306_72_201510222 |

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

| | |
|---|-----------|
| 1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y RESUMEN DE INVENTARIO..... | 1 |
| 1.1 Datos generales del centro | 1 |
| 1.2 Planos y distribución | 2 |
| 1.3 Envolverte y cerramientos..... | 4 |
| 1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS..... | 5 |
| 1.4.1 Producción de ACS | 5 |
| 1.4.2 Producción de frío y calor para climatización | 6 |
| 1.4.3 Unidades Terminales..... | 11 |
| 1.5 Iluminación..... | 17 |
| 1.5.1 Iluminación interior | 18 |
| 1.5.2 Iluminación exterior | 19 |
| 1.5.3 Sistemas de control | 19 |
| 1.5.4 Condiciones de funcionamiento..... | 19 |
| 1.6 Otros equipos | 20 |
| 1.7 Resumen de potencias instaladas | 21 |
| 2. CONSUMOS ANUALES..... | 22 |
| 2.1 Consumos eléctricos | 22 |
| 2.2 Consumos térmicos..... | 25 |
| 2.3 Consumos energéticos totales | 25 |
| 2.4 Índices energéticos..... | 25 |
| 2.4.1 Índices energéticos eléctricos | 25 |
| 2.4.2 Índices energéticos térmicos..... | 25 |
| 3. MEDICIONES REALIZADAS..... | 26 |
| 3.1 Medidas eléctricas..... | 26 |
| 3.1.1 Registros trifásicos | 26 |
| 3.1.2 Registros monofásicos..... | 30 |
| 3.2 Medida de nivel de iluminación | 32 |
| 3.3 Medidas térmicas..... | 33 |
| 3.3.1 Registradores de temperatura y humedad | 33 |
| 3.4 Análisis termográfico..... | 36 |
| 3.5 Certificación energética | 36 |
| 4. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO | 37 |
| 4.1 Desglose de consumos eléctricos..... | 37 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.2 | Desglose de consumos térmicos | 38 |
| 4.3 | Contribución de energías renovables | 38 |
| 5. | ACTUACIONES PROPUESTAS | 39 |
| 5.1 | Sustitución de iluminación existente por tecnología LED | 39 |
| 5.2 | Sustitución de los equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante | 41 |
| 6. | MEJORAS RECOMENDADAS | 47 |
| 6.1 | Sistemas de regulación y control de la iluminación interior | 47 |
| 6.2 | Implantación de un sistema de monitorización y control..... | 49 |
| 6.3 | Sustitución de los equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante | 51 |
| 7. | PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES | 52 |
| 7.1 | Energía solar térmica..... | 52 |
| 7.2 | Biomasa | 52 |
| 7.3 | Fotovoltaica - Autoconsumo | 52 |
| 8. | RESUMEN | 54 |

1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y RESUMEN DE INVENTARIO

1.1 Datos generales del centro

| Denominación del Centro | FUNDACIÓN MUNICIPAL DE ARTE Y CULTURA |
|--|--|
| Dirección | Plaza de la Libertad s/n. San Pedro de Alcántara. Marbella |
| Tipo de edificio | Centro Cultural |
| Persona de Contacto (Nombre, tlf, email) | 952 78 59 73 |
| Número de edificios | 1 |

Tabla 1 Resumen datos generales

Las instalaciones de la **Fundación Municipal de Arte y Cultura** que se han auditado se encuentran situadas en la **Plaza de la Libertad s/n** en la localidad de **San Pedro de Alcántara**.



Imagen 1 Vista general de la Fundación de Arte y Cultura

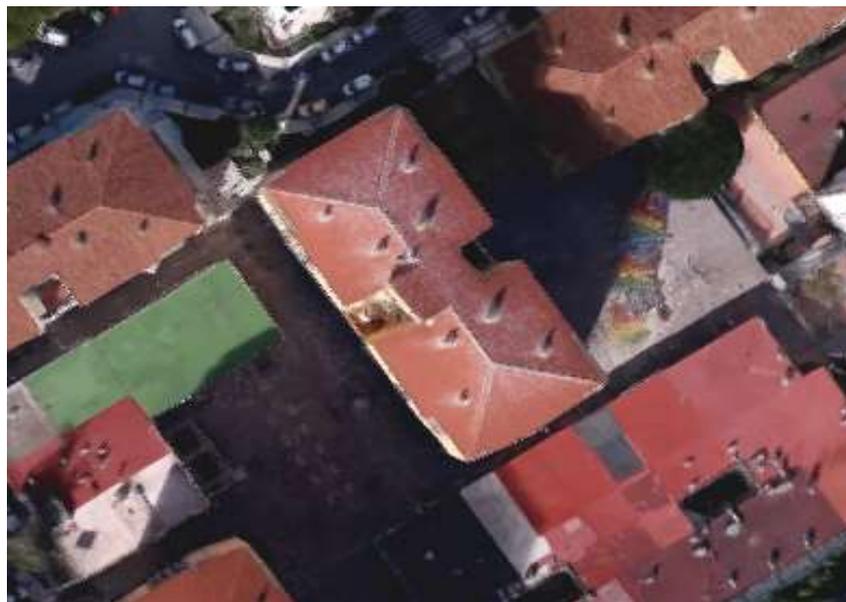


Imagen 2 Vista aérea de la Fundación de Arte y Cultura

| EDIFICIO | Nº plantas | Superficie Construida. m2 | Nº personas | Horario | Año de construcción | Año última reforma | Reformas realizadas |
|--------------------|------------|---------------------------|-------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Edificio Principal | 1 | 484,35 | - | L-J 9:00-21:00h. V: 9:00-19:00 h | 1972 | 2002 | Instalación eléctrica Ventanas |

Tabla 2 Resumen de horario, usos y datos constructivos

| EDIFICIO | Nº personas | Horario de funcionamiento | Uso |
|---------------|-------------|--|----------------|
| Zonas comunes | - | L-J: 9:00-21:00h. V: 9:00-19:00 h | Común |
| Aseos | - | L-J: 9:00-21:00h. V: 9:00-19:00 h | Común |
| Oficinas | - | Cerrado Julio y Agosto | Administrativo |
| Aulas E.P.A. | - | Cuando haya clases según el horario del curso. | Aulas |
| Aulas Música | - | Cuando haya clases según el horario del curso. | Aulas |

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 1 (m2) | Sup. Total (m2) |
|-----------------|---------------|-----------------|
| Administrativo | 89 | 89 |
| Aseos | 13 | 13 |
| Aulas | 290 | 290 |
| Otros | 6 | 6 |
| Zonas comunes | 100 | 100 |
| Sup. Total (m2) | 498 | 498 |

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 58% 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 20%.

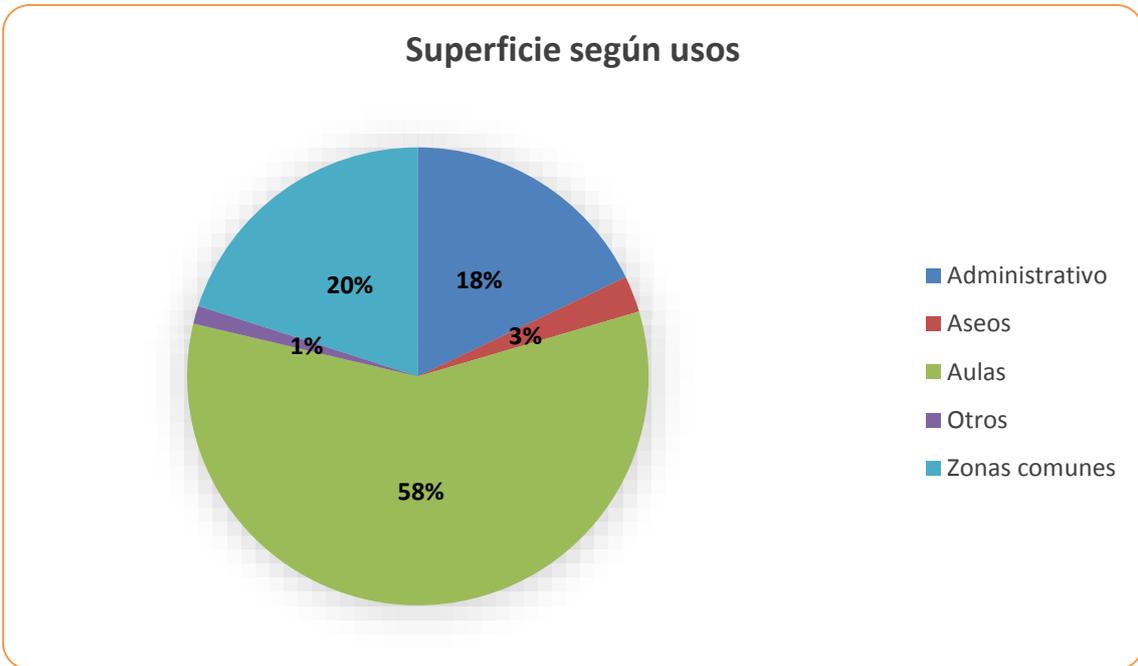
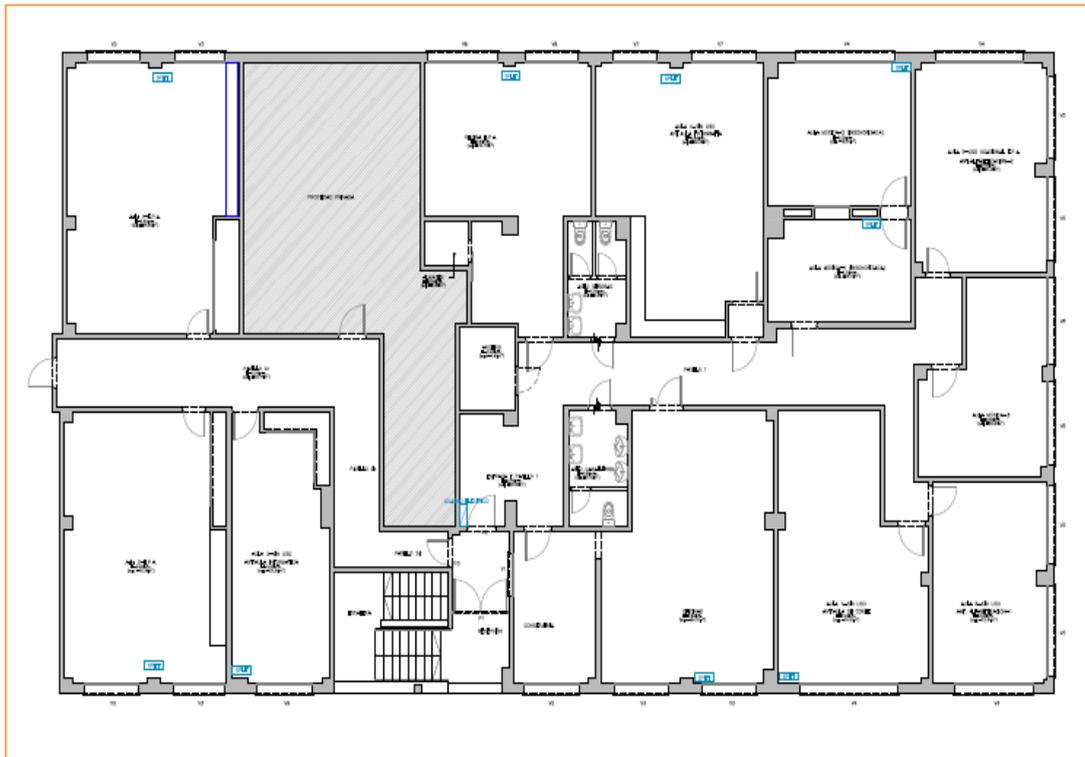


Gráfico 1 Superficie según Usos

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



Plano 1 Planta Primera

| | | |
|---|---|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

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 normas reguladoras de la envolvente térmica:

MV 201: Muros resistentes de fábrica de ladrillo.

MV 301: Impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos.

El edificio, según la ficha catastral, fue construido en **1972**; y por lo tanto lo hizo bajo la influencia de dichas normas MV.

La Fundación Municipal de Arte y Cultura se encuentra en la primera planta de un edificio residencial y dispone de 484,35m². En 2000 se cambió la instalación eléctrica y en 2002 se cambiaron algunas ventanas, por lo que a día de hoy distinguimos dos tipos de carpintería diferente, las más antiguas se caracterizan por tener marcos más finos y con acabados en marrón oscuro y las nuevas de PVC blancos.

El edificio se encuentra en un entresuelo de manera que las fachadas están rematadas con un revoco amarillo.

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



Imagen 3 Diferentes tipos de carpintería exterior

1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS

La climatización de este centro, tanto el servicio de calefacción como el de refrigeración, se lleva a cabo mediante sistemas tipo bomba de calor de expansión directa con unidades exteriores ubicadas en fachada y unidades interiores de diferentes tipologías (pared y suelo). Se trata de equipos autónomos tipo split 1x1.

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

La producción - acumulación de agua caliente sanitaria se lleva a cabo de forma local mediante un termo acumulador eléctrico ubicados en las proximidades del punto de consumo, aunque en este caso se encuentra fuera de servicio.

1.4.1 Producción de ACS

A continuación se resumen las características del termo-acumulador eléctrico instalado en el centro para producción-acumulación de ACS de forma local y ubicado en el aula 4, aunque se encuentra fuera de uso:

| Planta | Zona | Potencia eléctrica (kW) | Capacidad (litros) | Observaciones |
|--------|---------------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|
| 1 | Aula 4-Sin Uso (Ant. Aula Fotografía) | 0,96/0,75 | 25 | Fuera de servicio |

Tabla 5 Características producción-acumulación local de ACS



Imagen 4 Termo acumulador eléctrico

1.4.2 Producción de frío y calor para climatización

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

| Nº generador | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------|--|--|--|--|
| Generador | Sistema autónomo de expansión directa tipo Bdc - Split 1x1 | Sistema autónomo de expansión directa tipo Bdc - Split 1x1 | Sistema autónomo de expansión directa tipo Bdc - Split 1x1 | Sistema autónomo de expansión directa tipo Bdc - Split 1x1 |
| Edificio | Edificio Principal | Edificio Principal | Edificio Principal | Edificio Principal |
| Planta | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Ubicación | Fachada SO | Fachada SO | Fachada NE | Fachada SO |
| Zona de tratamiento | Oficinas E.P.A. | Aula 4-Sin Uso (Ant. Aula Fotografía) | Oficinas | Aula Música 1 |
| Servicio | Calefacción y refrigeración | Calefacción y refrigeración | Calefacción y refrigeración | Calefacción y refrigeración |
| Combust. | Electricidad | Electricidad | Electricidad | Electricidad |
| Tipo func. | Aire-Aire | Aire-Aire | Aire-Aire | Aire-Aire |
| Cond / Evap | Aire | Aire | Aire | Aire |
| Tecnología | Compresor Scroll | Compresor Scroll | Compresor Scroll | Compresor Scroll |
| Marca | DAITSU | GENERAL FUJITSU | DAIKIN | TECO |
| Modelo | DS-12HTA | AOH12USCC | RXS35D2VMB | LT0706YPS |
| Refrig. | R407c | R410a | R410a | R22 |
| Ud interior | Pared | Pared | Suelo | Pared |
| Año inst. | 2004 | - | 2005 | 2001 |
| Potencia Frig. (kW) | 3,20 | 3,25 | 3,50 | 2,05 |
| Pot. Abs Frío (kW) | 1,23 | 1,35 | 1,22 | 0,79 |
| EER | 2,60 | 2,41 | 2,88 | 2,60 |
| Potencia Calor (kW) | 3,50 | 3,95 | 4,00 | 2,14 |
| Pot. Abs Calor (kW) | 1,16 | 1,28 | 1,12 | 0,76 |
| COP | 3,02 | 3,09 | 3,57 | 2,82 |
| Mes inicio calefacción | Noviembre | Noviembre | Noviembre | Noviembre |
| Mes final calefacción | Marzo | Marzo | Marzo | Marzo |
| Mes inicio refrigeración | Mayo | Mayo | Mayo | Mayo |
| Mes final refrigeración | Septiembre | Septiembre | Septiembre | Septiembre |
| días/sem. | 5 | 5 | 5 | 5 |
| horario funcionam. | 09:00-19:00 | 09:00-19:01 | 09:00-19:02 | 09:00-19:03 |
| Control - encendido / apagado | Manual | Manual | Manual | Manual |
| Observaciones | En servicio | En servicio | En servicio | En servicio |

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

| Nº generador | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------------------------|--|--|--|--|
| Generador | Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC - Split 1x1 | Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC - Split 1x1 | Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC - Split 1x1 | Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC - Split 1x1 |
| Edificio | Edificio Principal | Edificio Principal | Edificio Principal | Edificio Principal |
| Planta | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Ubicación equipo | Fachada SO | Fachada NE | Fachada SO | Fachada NE |
| Zona de tratamiento | Aula Música 2 | Aula 7-Sin Uso (Ant. Aula Corte) | Aula 1-E.P.A. | Aula 2-E.P.A. |
| Servicio | Calefacción y refrigeración | Calefacción y refrigeración | Calefacción y refrigeración | Calefacción y refrigeración |
| Combustible | Electricidad | Electricidad | Electricidad | Electricidad |
| Tipo func. | Aire-Aire | Aire-Aire | Aire-Aire | Aire-Aire |
| Condens. / Evap. | Aire | Aire | Aire | Aire |
| Tecnología | Compresor Scroll | Compresor Scroll | Compresor Scroll | Compresor Scroll |
| Marca | TECO | TANGO | DAITSU | DAITSU |
| Modelo | LT0706YPS | PE12-410 | DS-12HTA | DS-12HTA |
| Refrigerante | R22 | R410a | R407c | R407c |
| Tipo de unidad interior | Pared | Pared | Pared | Pared |
| Año de instalación | 2001 | - | 2004 | 2004 |
| Potencia Frig. (kW) | 2,05 | 3,50 | 3,20 | 3,20 |
| Pot. Abs. Frío (kW) | 0,79 | 1,09 | 1,23 | 1,23 |
| EER | 2,60 | 3,21 | 2,60 | 2,60 |
| Potencia Calorífica (kW) | 2,14 | 3,64 | 3,50 | 3,50 |
| Pot. Abs. Calor (kW) | 0,76 | 1,13 | 1,16 | 1,16 |
| COP | 2,82 | 3,22 | 3,02 | 3,02 |
| Mes inicio calefacción | Noviembre | Noviembre | Noviembre | Noviembre |
| Mes final calefacción | Marzo | Marzo | Marzo | Marzo |
| Mes inicio refrigeración | Mayo | Mayo | Mayo | Mayo |
| Mes final refrigeración | Septiembre | Septiembre | Septiembre | Septiembre |
| días/semana | 5 | 5 | 5 | 5 |
| horario funcionamiento (mañana) | 09:00-19:04 | 09:00-19:05 | 09:00-19:06 | 09:00-19:07 |
| Control - encendido / apagado | Manual | Manual | Manual | Manual |
| Observaciones | En servicio | En servicio | En servicio | En servicio |

Tabla 7 Características de los equipos de producción de frío y calor para climatización

| | |
|---------------------------------|--|
| Nº generador | 9 |
| Generador | Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC - Split 1x1 |
| Edificio | Edificio Principal |
| Planta | 1 |
| Ubicación equipo | Escalera |
| Zona de tratamiento | Aula 3-Sin Uso (Ant.Aula Informática) |
| Servicio | Calefacción y refrigeración |
| Combustible | Electricidad |
| Tipo funcionamiento | Aire-Aire |
| Condensación / Evaporación | Aire |
| Tecnología | Compresor Scroll |
| Marca | FUJITSU |
| Modelo | ASY-12RJF-W |
| Refrigerante | R22 |
| Tipo de unidad interior | Pared |
| Potencia Frigorífica (kW) | 3,55 |
| Potencia Absorbida Frío (kW) | 1,24 |
| EER | 2,86 |
| Potencia Calorífica (kW) | 4,00 |
| Potencia Absorbida Calor (kW) | 1,21 |
| COP | 3,31 |
| Mes inicio calefacción | Noviembre |
| Mes final calefacción | Marzo |
| Mes inicio refrigeración | Mayo |
| Mes final refrigeración | Septiembre |
| días/semana | 5 |
| horario funcionamiento (mañana) | 09:00-19:08 |
| Sistema de gestión centralizado | No |
| Control - encendido / apagado | Manual |
| Observaciones | Fuera de servicio |

Tabla 8 Características de los equipos de producción de frío y calor para climatización



Imagen 5 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Fachadas SO y NE



Imagen 6 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Aula 4 – Fuera de uso



Imagen 7 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Oficinas



Imagen 8 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Aulas de música 1 y 2



Imagen 9 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Aula 7 – Fuera de uso



Imagen 10 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Aula 1 – EPA



Imagen 11 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Aula 2 - EPA



Imagen 12 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Aula 3 – Fuera de uso

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

| | |
|---------------|----------|
| Calefacción | 30,37 kW |
| Refrigeración | 27,50 kW |

Tabla 9 Resumen potencia térmica total instalada en equipos frigoríficos

1.4.3 Unidades Terminales

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

Unidades interiores – Expansión directa

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

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



Imagen 13 Tipología de **unidades interiores** instaladas – Unidad de pared – **Oficinas EPA**



Imagen 14 Tipología de **unidades interiores** instaladas – Unidad de pared – **Aula 4 – Fuera de uso**



Imagen 15 Tipología de **unidades interiores** instaladas – Unidad de suelo – **Oficinas**



*Imagen 19 Tipología de **unidades interiores** instaladas – Unidad de pared – Aula 3 – Fuera de uso*

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

| Zona | Superficie Calefactada (m ²) | Pot. Calorífica (kW) | Ratio (W/m ²) |
|----------------|--|----------------------|---------------------------|
| Administrativo | 76,78 | 7,50 | 97,68 |
| Aulas | 220,93 | 22,87 | 103,52 |
| Total | 297,71 | 30,37 | 102,01 |

Tabla 10 Resumen de potencia calorífica instalada por zonas

En el siguiente gráfico se representa el porcentaje de la potencia calorífica instalada por zonas:

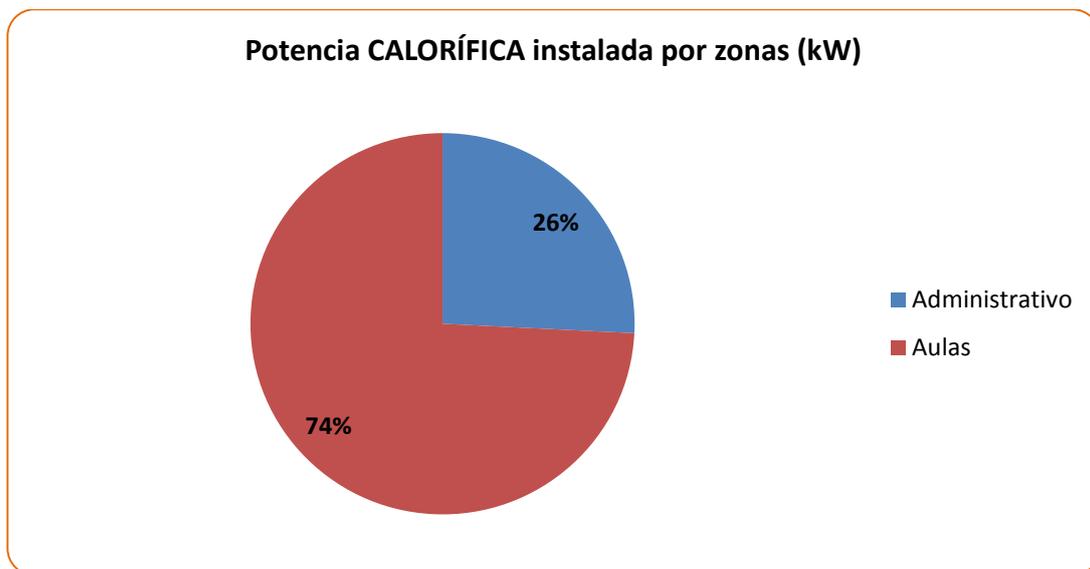


Gráfico 2 Porcentaje de potencia calorífica instalada por zonas

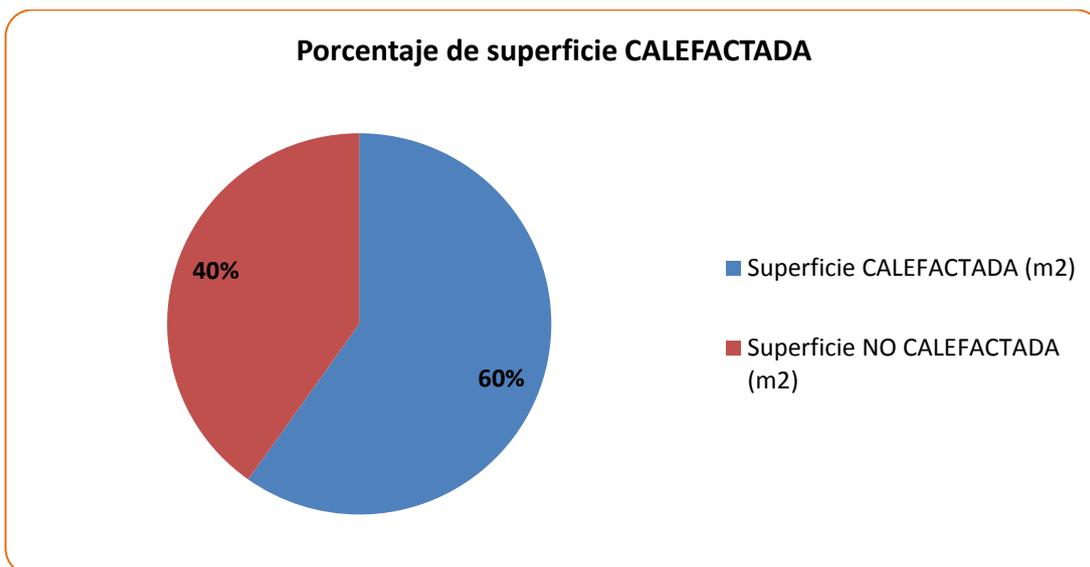


Gráfico 3 Porcentaje de superficie calefactada

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

| Zona | Superficie Refrigerada (m2) | Pot. Frigorífica (kW) | Ratio (W/m2) |
|----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------|
| Administrativo | 76,78 | 6,70 | 87,26 |
| Aulas | 220,93 | 20,80 | 94,17 |
| Total | 297,71 | 27,50 | 92,39 |

Tabla 11 Resumen de potencia de frío instalada por zonas

En el siguiente gráfico se representa el porcentaje de la potencia frigorífica instalada por zonas:

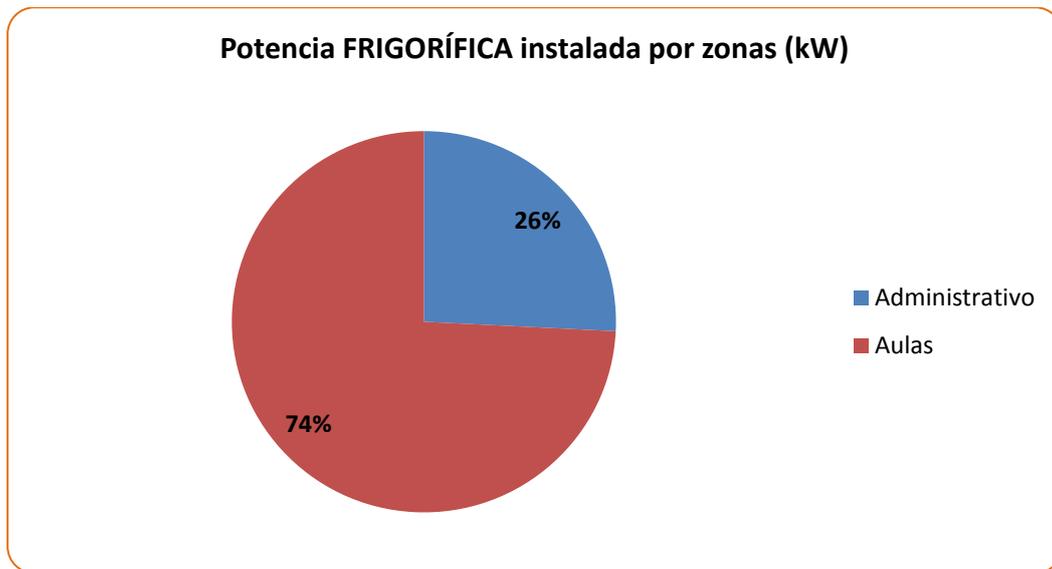


Gráfico 4 Porcentaje de potencia frigorífica instalada por zonas

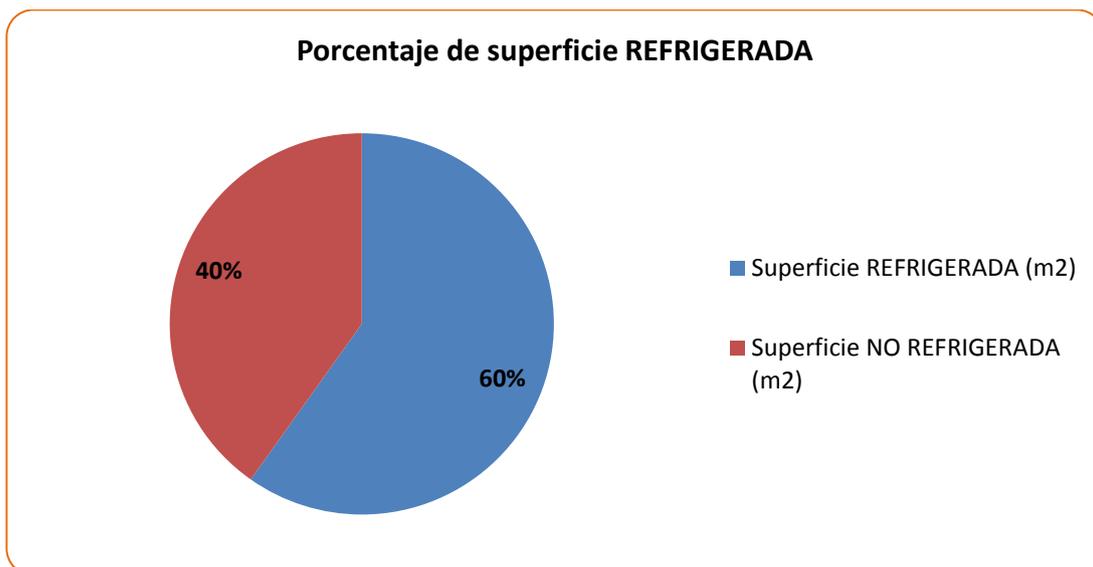


Gráfico 5 Porcentaje de superficie refrigerada

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

1.5 Iluminación

La potencia total instalada es de **3,86 kW**, que se distribuye según usos tal como se muestra en el siguiente gráfico.

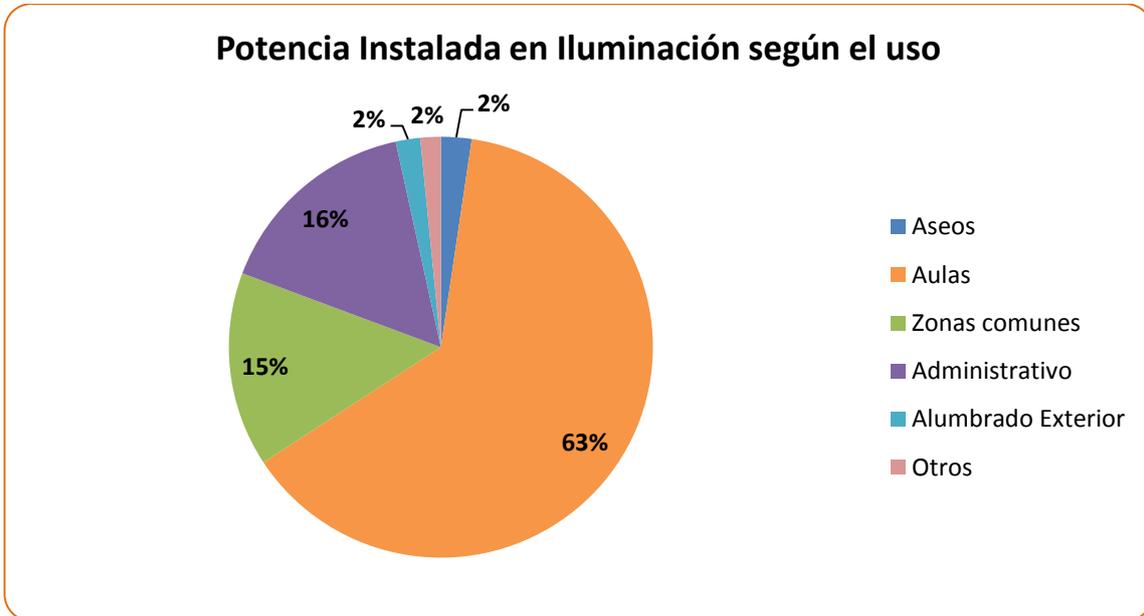


Gráfico 6 % Potencia instalada en iluminación según el uso

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

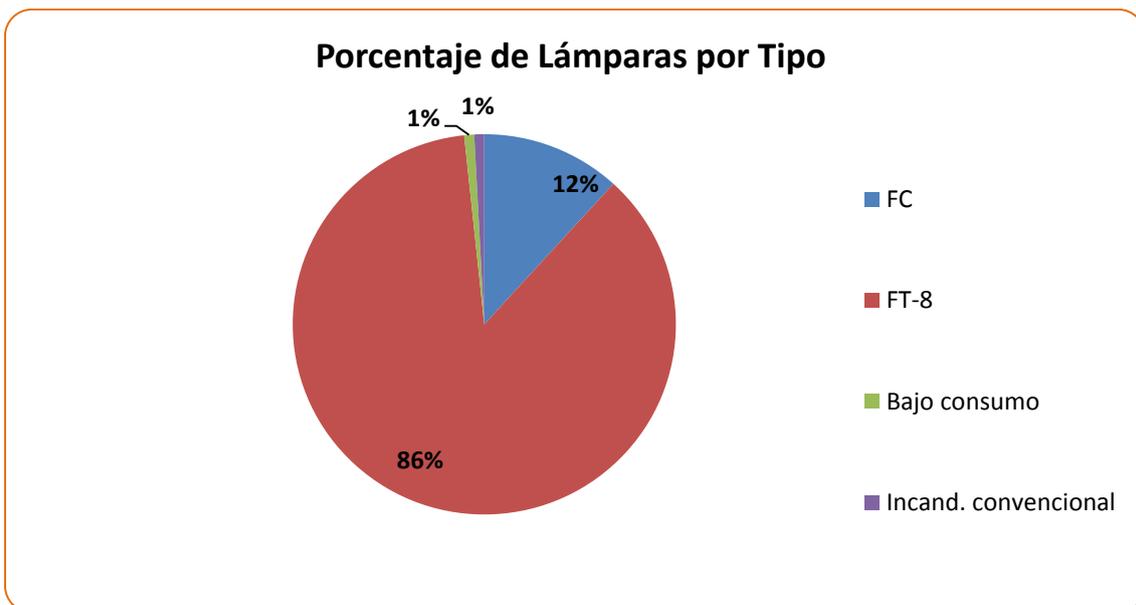


Gráfico 7 % de cada tipo de lámpara instalada

1.5.1 Iluminación interior

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

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

| Tipo | Nº Lum. | Pot.(kW) |
|----------------------|-----------|-------------|
| EL | 52 | 3,47 |
| FT-8 | 52 | 3,47 |
| 1 | 5 | 0,09 |
| 18 | 5 | 0,09 |
| 2 | 47 | 3,38 |
| 36 | 47 | 3,38 |
| - | 9 | 0,31 |
| Incand. convencional | 1 | 0,04 |
| 1 | 1 | 0,04 |
| 40 | 1 | 0,04 |
| FC | 7 | 0,25 |
| 2 | 7 | 0,25 |
| 18 | 7 | 0,25 |
| Bajo consumo | 1 | 0,02 |
| 1 | 1 | 0,02 |
| 20 | 1 | 0,02 |
| Total general | 61 | 3,79 |

Tabla 12 Resumen de lámparas instaladas

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





Imagen 20 Tipos de luminarias instaladas

1.5.2 Iluminación exterior

En la tabla siguiente se muestra un resumen detallado los tipos de lámparas instaladas como iluminación exterior:

| Tipo | Nº Lum. | Pot.(kW) |
|----------------------|----------|-------------|
| EL | 2 | 0,07 |
| FT-8 | 2 | 0,07 |
| 2 | 2 | 0,07 |
| 18 | 2 | 0,07 |
| Total general | 2 | 0,07 |

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 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.

| | | |
|---|---|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

1.6 Otros equipos

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

| Tipos de Equipos | Nº Equipos | Potencia total (kW) |
|---|------------|---------------------|
| Audiovisual | 1 | 0,234 |
| Proyector | 1 | 0,234 |
| 234 | 1 | 0,234 |
| Electrodoméstico | 1 | 0,29 |
| Frigorífico | 1 | 0,29 |
| 290 | 1 | 0,29 |
| Informático | 26 | 8,2146 |
| Otros | 7 | 6,12 |
| Máquina de café | 1 | 1,8 |
| 1800 | 1 | 1,8 |
| Secador de manos | 2 | 3 |
| 1500 | 2 | 3 |
| Trituradora de papel | 1 | 0,39 |
| 390 | 1 | 0,39 |
| Ventilador | 2 | 0,13 |
| 60 | 1 | 0,06 |
| 70 | 1 | 0,07 |
| Máquina expendedora bebidas | 1 | 0,8 |
| 800 | 1 | 0,8 |
| Sonido | 19 | 1,08 |
| Radiador eléctrico | 6 | 8,8 |
| Radiador eléctrico | 6 | 8,8 |
| 2000 | 2 | 4 |
| 1200 | 4 | 4,8 |
| Producción de frío y calor | 9 | 10,205 |
| Sistema autónomo de expansión directa tipo Bdc - Split 1x1 | 9 | 10,205 |
| 1,23 | 3 | 3,69 |
| 1,35 | 1 | 1,35 |
| 1,215 | 1 | 1,215 |
| 0,79 | 2 | 1,58 |
| 1,13 | 1 | 1,13 |
| 1,24 | 1 | 1,24 |
| ACS | 1 | 0,96 |
| Termo-acumulador eléctrico | 1 | 0,96 |
| 0,96 | 1 | 0,96 |
| Total general | 70 | 35,9036 |

Tabla 13 Resumen equipos eléctricos y potencia unitaria.

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

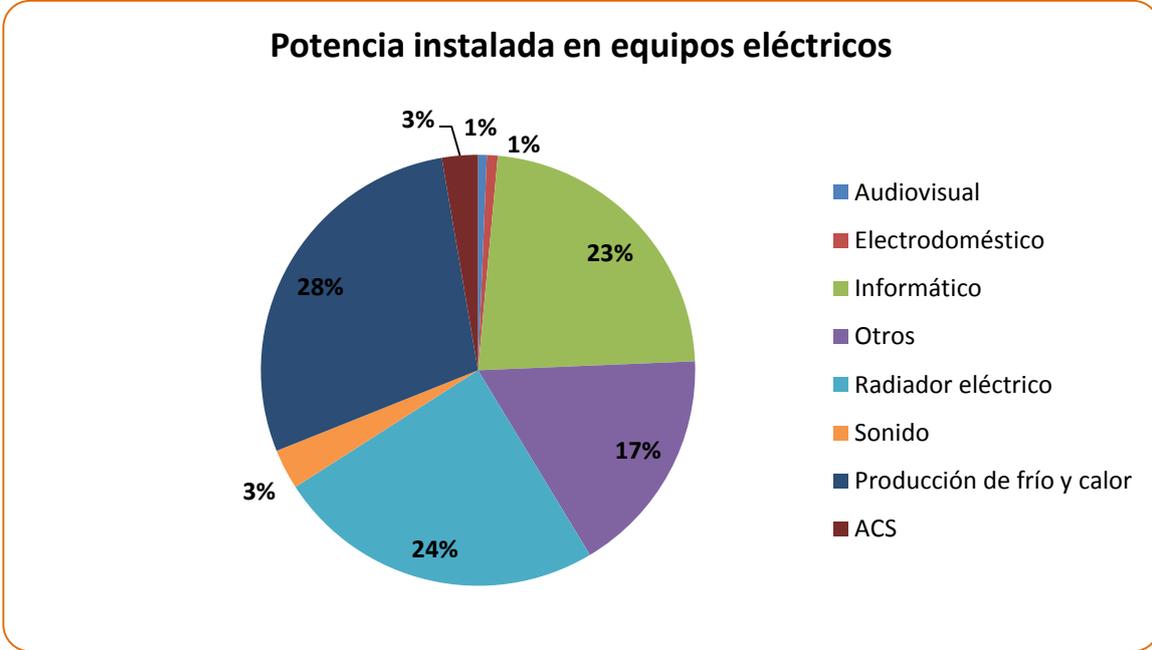


Gráfico 8 Potencia instalada por tipología de equipos

1.7 Resumen de potencias instaladas

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

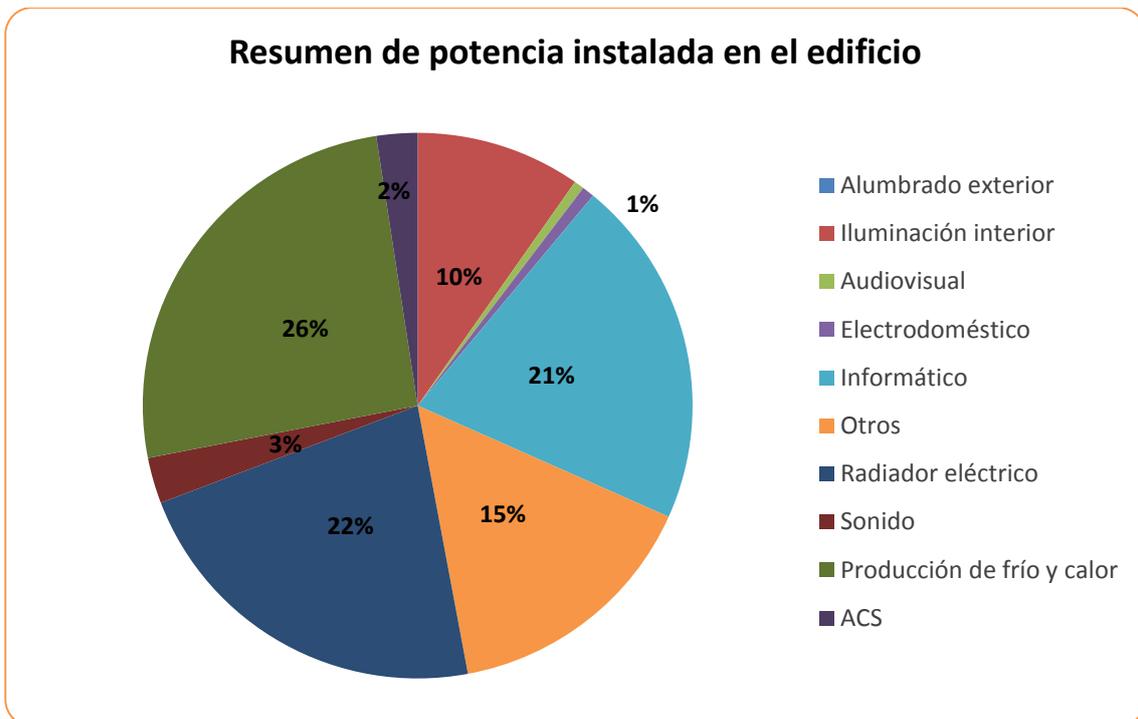


Gráfico 9 Potencia instalada por usos

| | | |
|---|---|--------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

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:

| | | | |
|---------------------------------------|------------------------|-------------------------|-------|
| CUPS | ES0031103022193001JG0F | Tarifa de acceso | 2.1 A |
| CONDICIONES DE CONTRATACION | | | |
| | | P1 | |
| Potencia contratada (kW) | | 13,856 | |
| Término de potencia (€/kW año) | | 40,44459 | |
| Término de energía (€/kWh) | | 0,1565 | |

Se ha realizado un análisis de los consumos eléctricos a partir de los datos de las facturas eléctricas recibidas. El periodo estudiado corresponde desde Febrero de 2014 hasta Febrero de 2015.

| Fecha inicio | Fecha Fin | Consumo P1 (kWh) | Potencia Maximétrica (kW) | Facturado Reactiva (€) | Base imponible (€) |
|--------------|------------|------------------|---------------------------|------------------------|--------------------|
| 20/02/2014 | 23/04/2014 | 2.555 | // | 0,00 | 520,70 |
| 23/04/2014 | 24/06/2014 | 2.755 | // | 0,00 | 555,29 |
| 24/06/2014 | 22/08/2014 | 1.604 | // | 0,00 | 367,60 |
| 22/08/2014 | 23/10/2014 | 3.031 | // | 0,00 | 604,21 |
| 23/10/2014 | 23/12/2014 | 2.733 | // | 0,00 | 554,11 |
| 23/12/2014 | 19/02/2015 | 3.204 | // | 0,00 | 631,93 |

Tabla 14 Facturación eléctrica

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

Tras analizar la facturación se observa que el centro posee una **potencia contratada de 13,856 kW** en una **tarifa 2.1A**, sin embargo la potencia que el centro demanda es menor que la contratada, esto se ha podido observar en la medición realizada por el equipo trifásico instalado durante una semana en el centro, el cual registro máximos superiores a 4,24 kW.

El gasto anual de la facturación eléctrica es el siguiente:

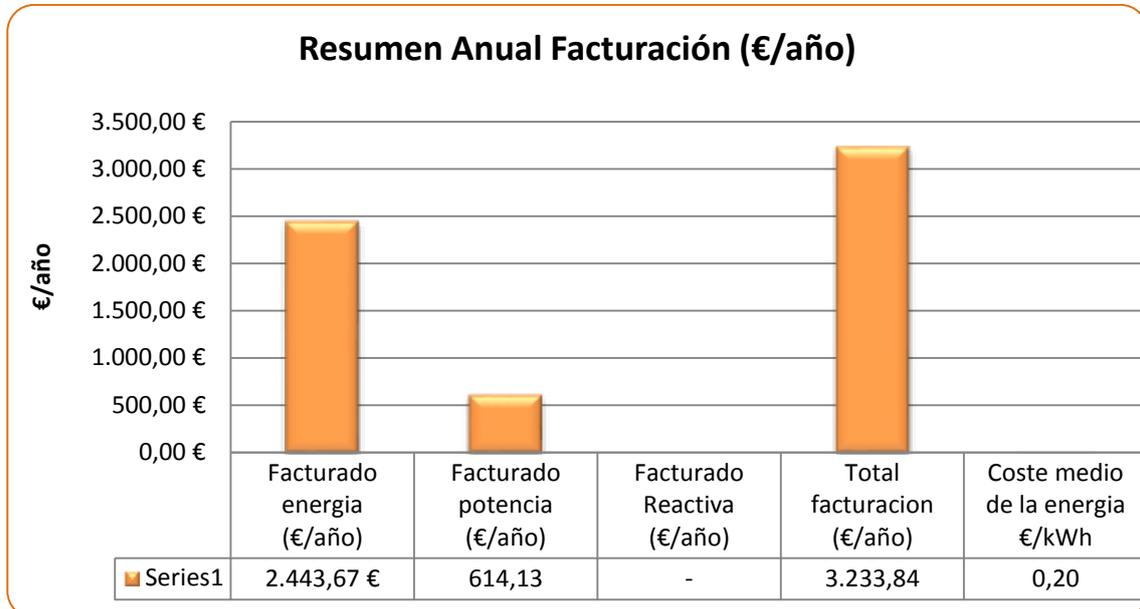


Gráfico 10 Resumen Anual de Facturación

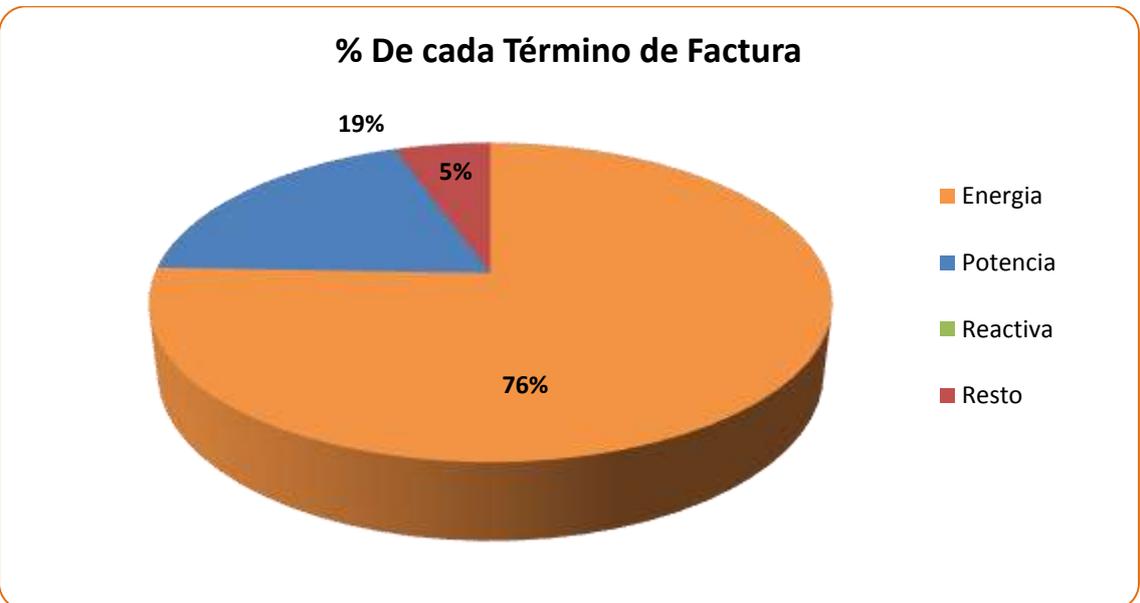


Gráfico 11 Resumen de los términos de Factura

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

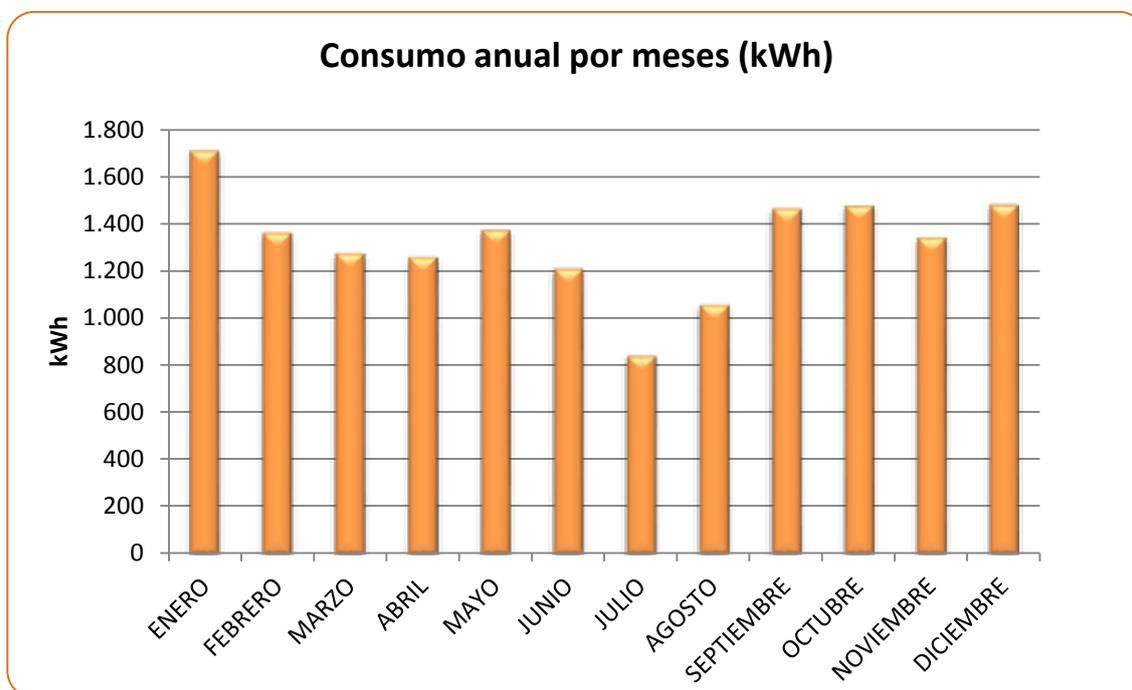


Gráfico 12 Consumo eléctrico mensual

La siguiente tabla muestra los valores globales del periodo estudiado:

| | |
|------------------------------------|----------|
| Total Consumo energía (kWh) | 15.882 |
| Total Facturación (€) | 3.233,84 |
| Media mensual de consumo (kWh/mes) | 1.324 |
| Media mensual de coste (€/mes) | 269,49 |
| Coste medio energía (€/kWh) | 0,204 |

Tabla 15 Resumen valores globales de la facturación eléctrica

2.2 Consumos térmicos

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

2.3 Consumos energéticos totales

| | Electricidad | Combustible (PCI) | Total |
|-------------------|--------------|-------------------|----------|
| Consumo (kWh/año) | 15.882 | - | 15.882 |
| Coste (€/año) | 3.233,84 | - | 3.233,84 |

Tabla 16 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 Febrero de 2014 y febrero de 2015.

| PARÁMETROS GENERALES ELÉCTRICOS | |
|--|----------|
| Nº de personas que utilizan la instalación | Variable |
| Superficie total (m ²) | 497,74 |
| Pot. Instalada Iluminación Interior (kW) | 3,79 |
| Pot. Instalada Iluminación Exterior (kW) | 0,07 |
| Pot. Instalada Equipos Eléctricos (kW) | 35,90 |
| Pot. Eléctrica Total Instalada (kW) | 39,76 |

Tabla 17 Índices energéticos – Parámetros generales eléctricos

| ÍNDICES ELÉCTRICOS | |
|--------------------------------------|--------|
| kWh/año | 15.882 |
| €/kWh | 0,20 |
| kWh/m ² Total | 31,91 |
| €/m ² Total | 6,50 |
| kWh/persona uso | - |
| €/persona uso | - |
| Ton CO ₂ /año | 6,34 |
| Kg CO ₂ /m ² | 12,73 |
| Pot. Iluminación en W/m ² | 7,75 |

Tabla 18 Resumen Índices energéticos eléctricos

2.4.2 Índices energéticos térmicos

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

3. MEDICIONES REALIZADAS

3.1 Medidas eléctricas

3.1.1 Registros trifásicos

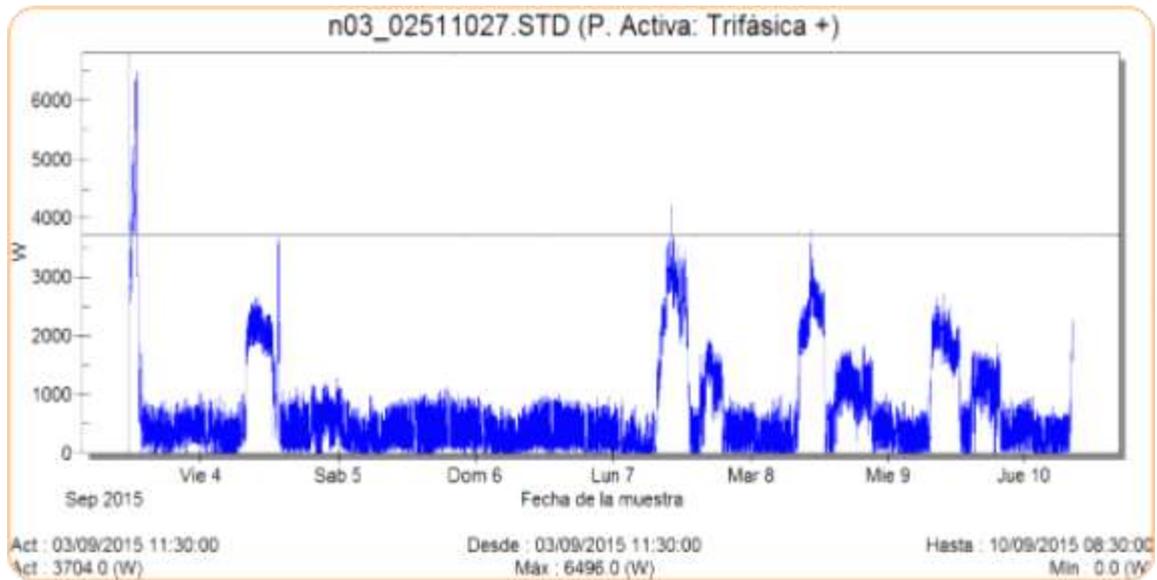


Gráfico 13 Datos de registro de potencia activa desde el 03/09/2015 al 10/09/2015

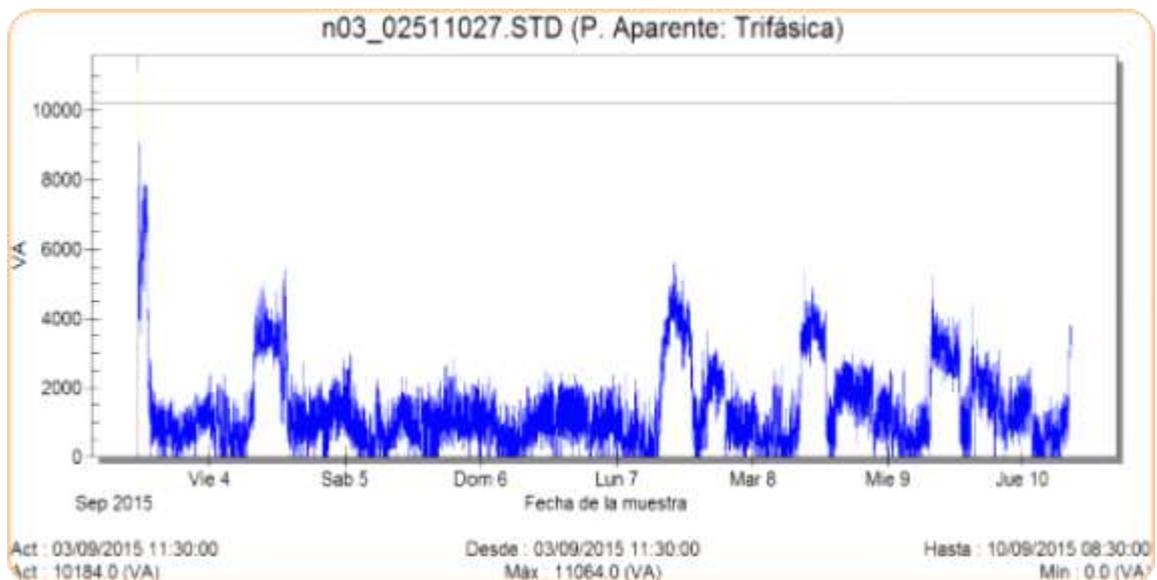


Gráfico 14 Datos de registro de potencia aparente desde el 03/09/2015 al 10/09/2015

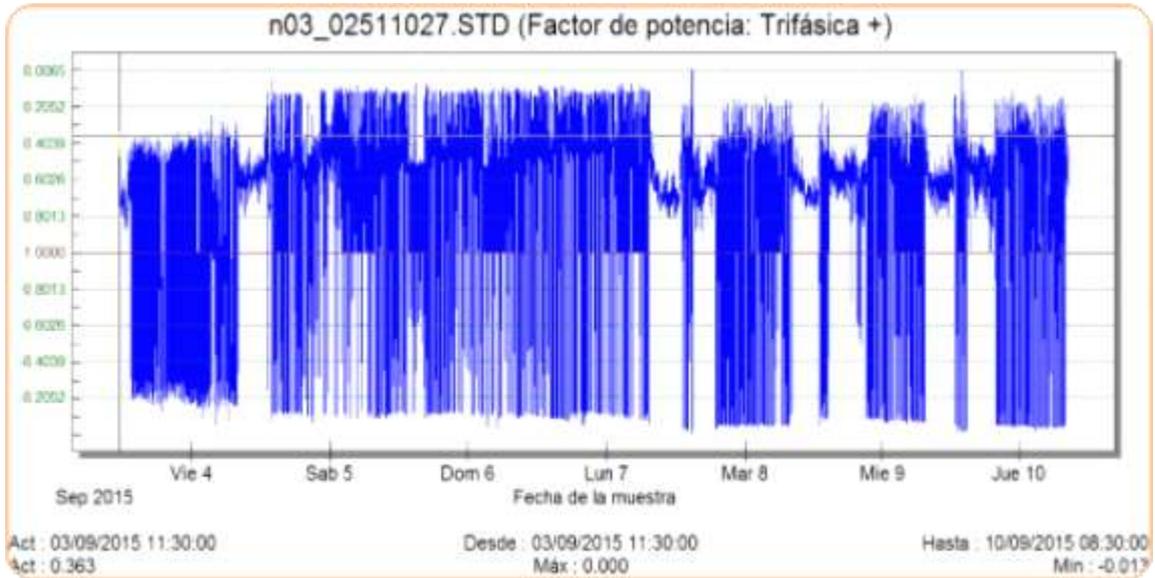


Gráfico 15 Factor de potencia trifásico registrado

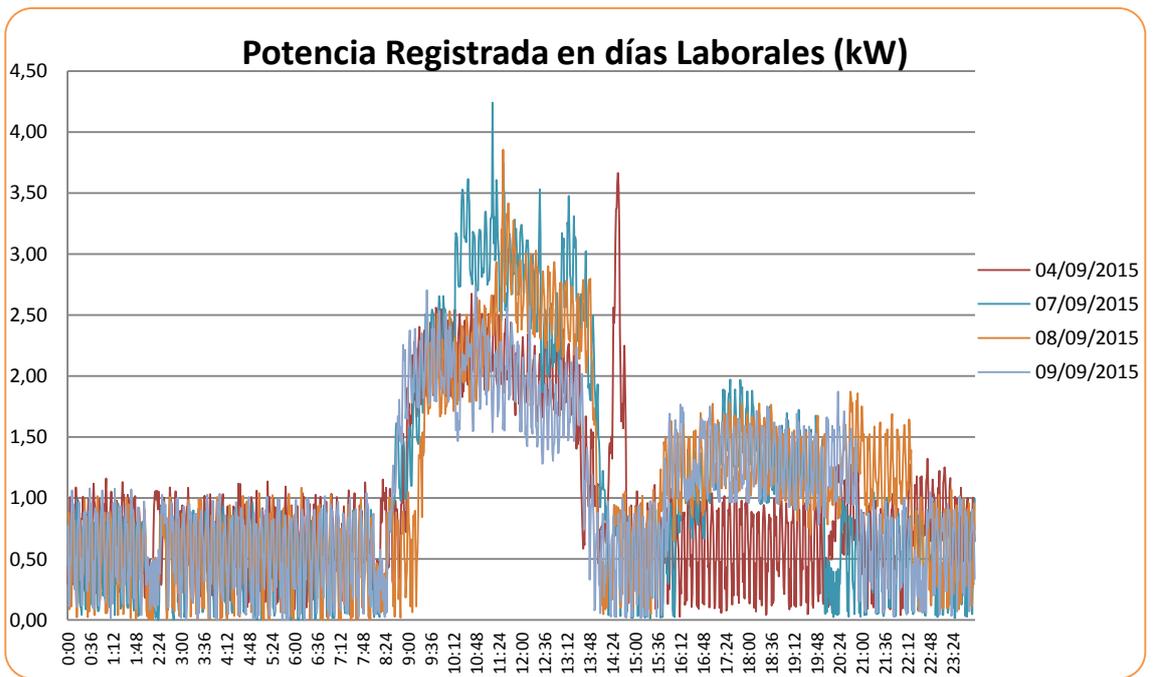


Gráfico 16 Potencia registrada en días laborales (kW)

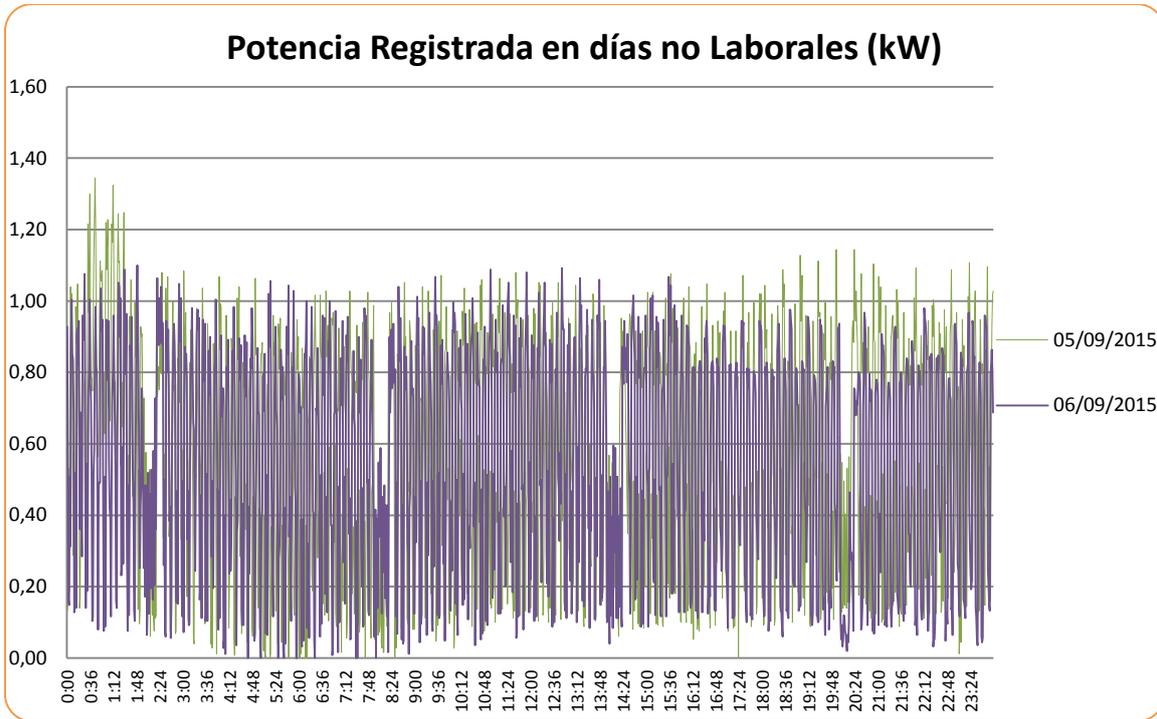


Gráfico 17 Potencia registrada en días no laborales (kW)

Se observa como la demanda energética es muy similar todos los días, con un perfil de uso con muy pocas variaciones. Durante la semana en que se han registrado los parámetros eléctricos se observa una demanda de potencia fija de aproximadamente 0,05 kW debido a equipos que se mantienen conectados permanentemente.

Los días laborales son muy homogéneos con una potencia máxima de 4,24 kW, en consonancia con las medidas de potencia maximétrica del último año de facturas eléctricas, y un horario principal de uso entre 8:30 y 14:30.

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

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

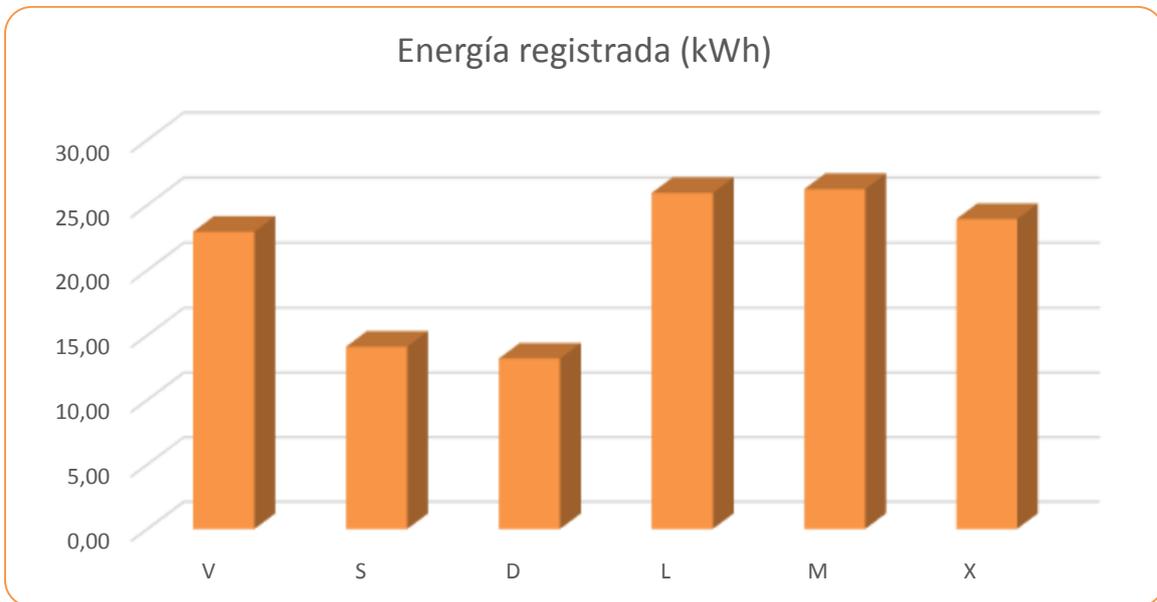


Gráfico 18 Energía consumida por cada día de la semana

El valor medio durante los días laborales es de 24,26 kWh y durante los días festivos de 13,65 kWh. Con estos valores obtenemos un consumo mensual de 653,85 kWh para el mes de septiembre, lo que representa un desvío respecto al valor facturado en septiembre de 2015 de un 20,02% 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.

- Entrada y pasillo 1

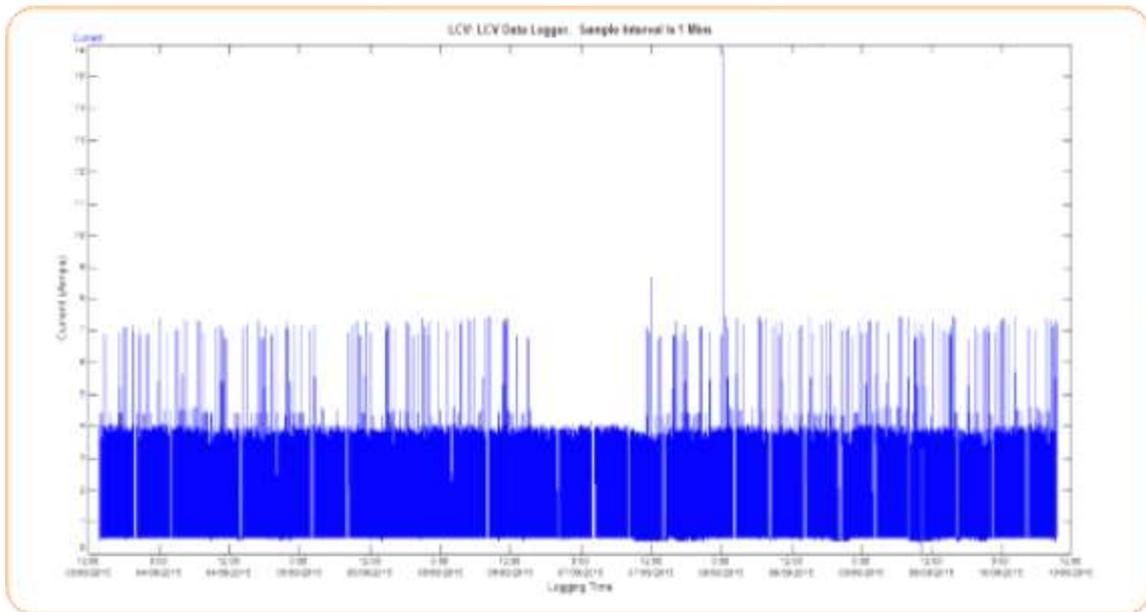


Gráfico 19 Registro de monofásico instalado en entrada y pasillo 1

- Aula 1

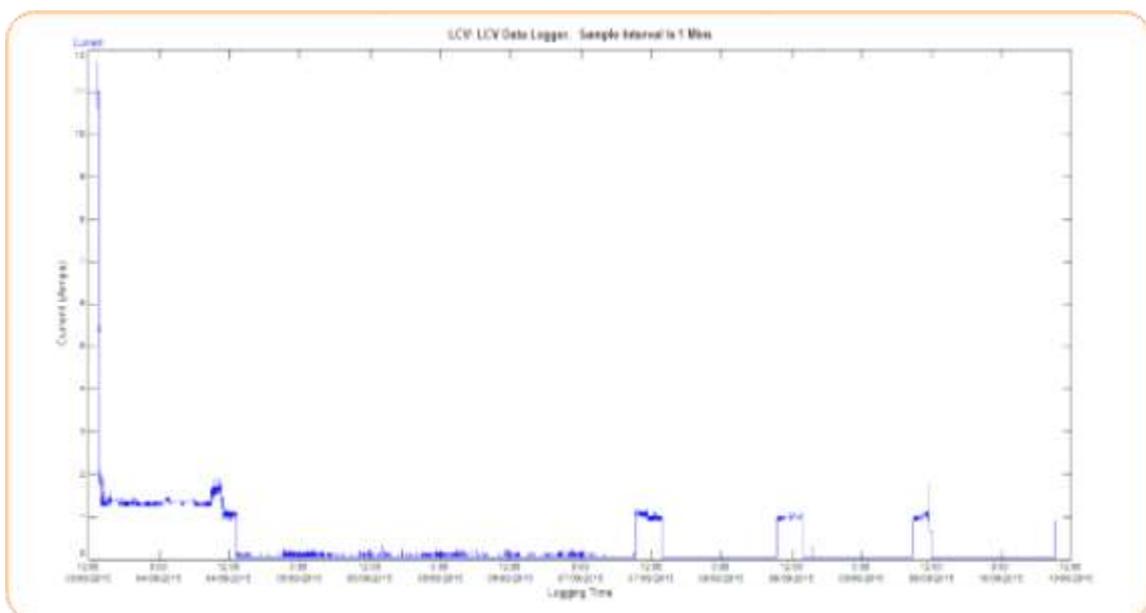


Gráfico 20 Registro de monofásico instalado en aula 1

- **Pasillo 1 y 2, recepción, entrada, aula música (1,2,3) y aulas 2 y 3**

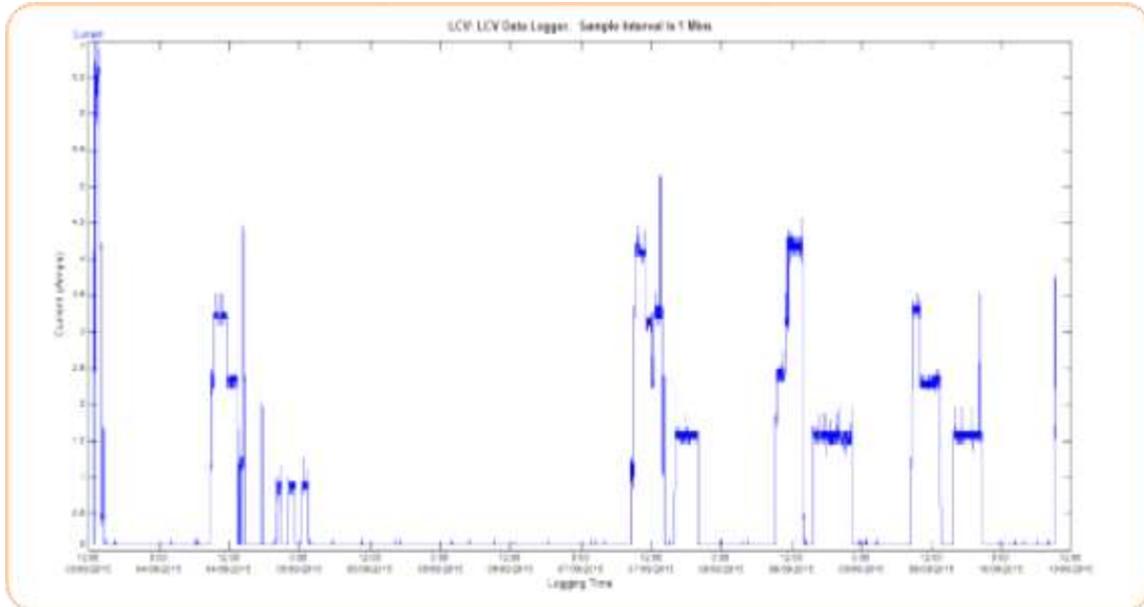


Gráfico 21 Registro de monofásico instalado en pasillos 1 y 2, recepción, entrada y aulas

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

- Entrada y pasillo 1: 5,55 h
- Aula 1: 0,59 h
- Pasillo 1 y 2, recepción, entrada, aula música (1,2,3) y aulas 2 y 3: 3,07 h

| | | |
|---|---|--------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

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^2) | Iluminancia Media (lux) | Valor s/ Norma (lux) | VEEI |
|-----------------|--------------|----------------|-------------------------|----------------------|-------|
| Entrada | 72 | 11,34 | 525 | 200 | 12,09 |
| Pasillo 1 | 216 | 34,19 | 385 | 150 | 16,41 |
| Oficina E.P.A. | 216 | 34,75 | 405 | 500 | 15,35 |
| Aseo Caballeros | 36 | 6,43 | 123 | 150 | 45,52 |
| Aula Música 2 | 288 | 19,91 | 813 | 300 | 17,79 |

Tabla 19 Resumen medidas de iluminación en diferentes estancias

Se observa que los valores medidos de iluminancia están en líneas generales por encima de los recomendados, tan solo en el aseo caballeros y en la oficina E.P.A se ajustan a los valores de la norma.

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 20 Condiciones interiores exigidas por el RITE

REGISTRO DE VERANO

Durante el periodo de una semana, entre los días 03/09/2015 y 10/09/2015, se realizaron registros de temperatura y humedad en un espacio climatizado y representativo del edificio. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Oficinas EPA (Planta Primera) – Orientación S-O

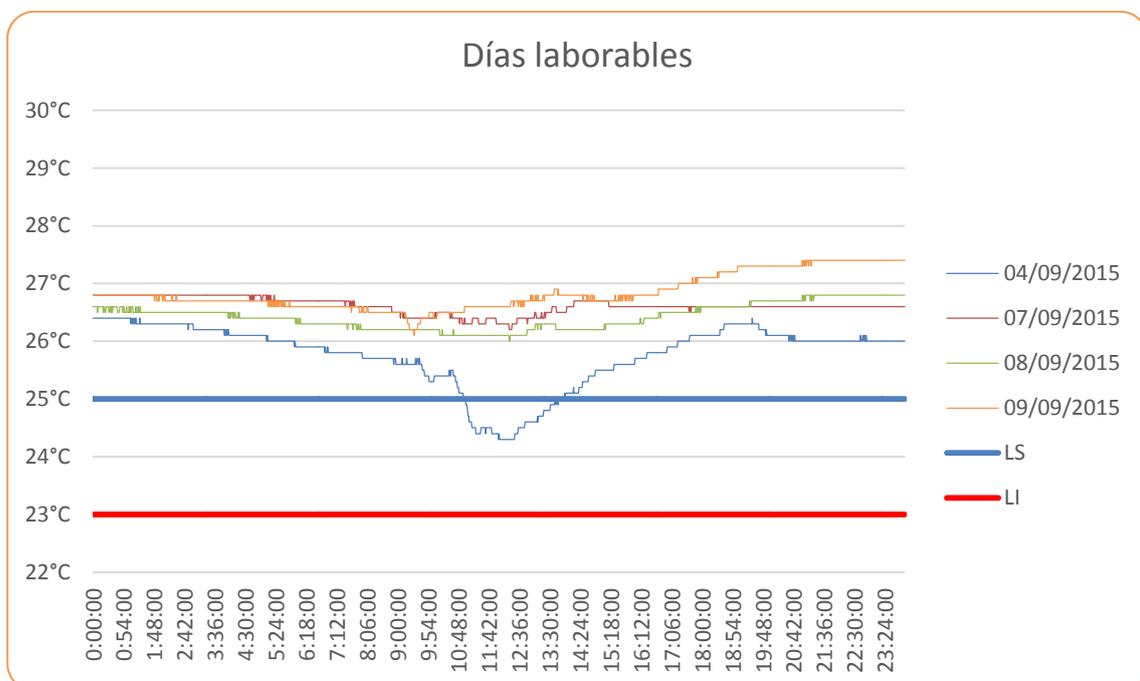


Gráfico 22 Registro de temperatura – VERANO – Días laborables

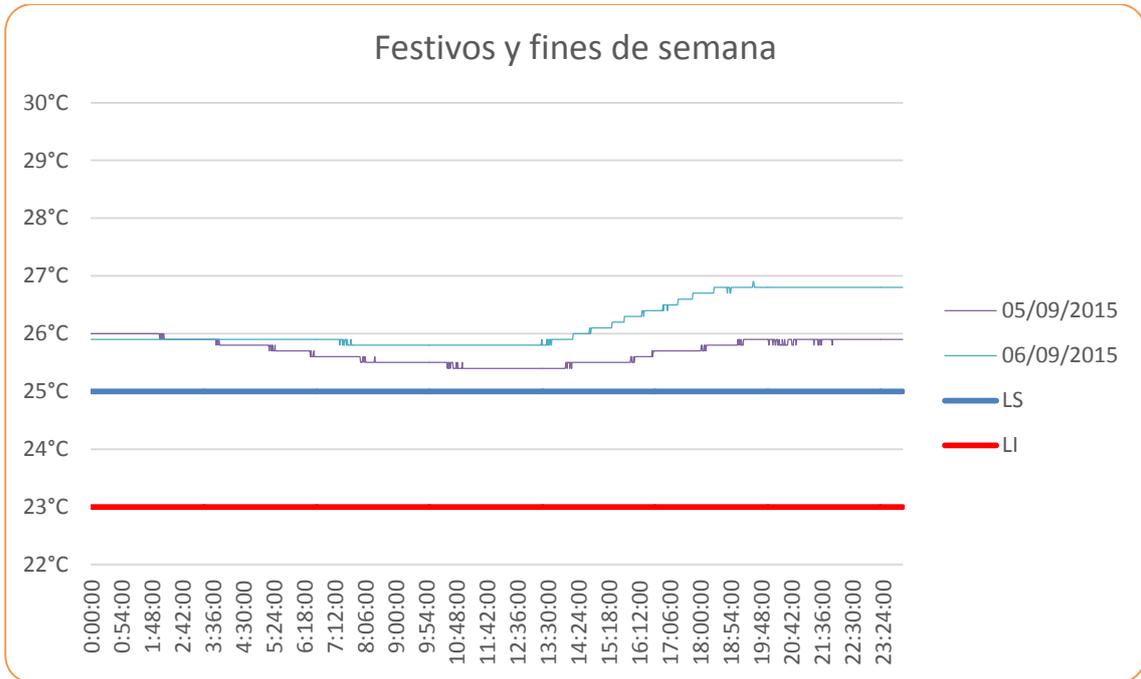


Gráfico 23 Registro de temperatura – VERANO – Fines de semana y festivos

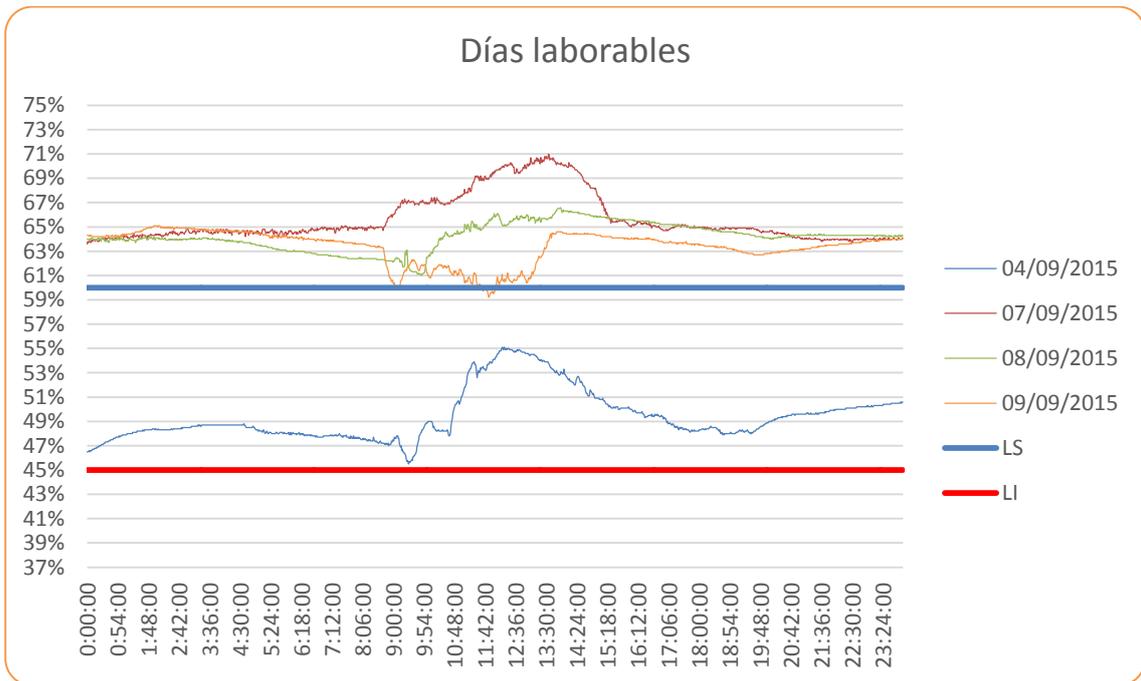


Gráfico 24 Registro de humedad relativa – VERANO – Días laborables

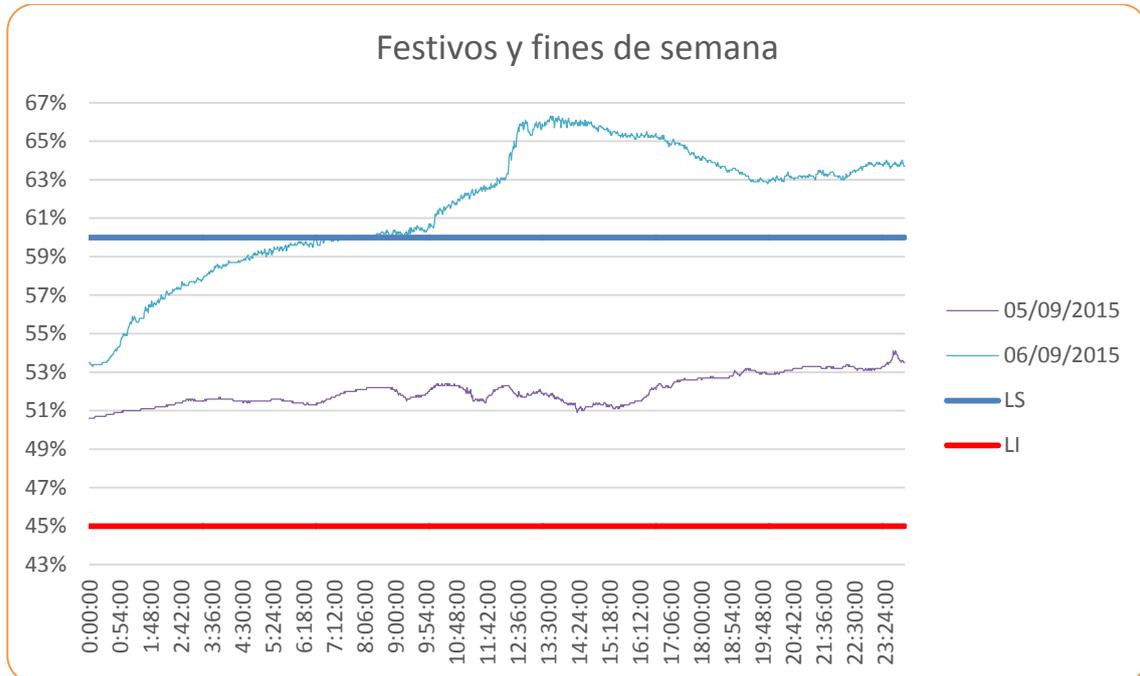


Gráfico 25 Registro de humedad relativa – VERANO – Fines de semana y festivos

La zona donde se ha registrado la temperatura y la humedad relativa consta de un equipo autónomo de expansión directa bomba de calor tipo split 1x1 con unidad interior de pared para la climatización de la misma. Durante el periodo de registro el equipo ha permanecido desactivado al no existir una demanda térmica significativa en esta época del año.

Tanto durante los días laborables (lunes-viernes) como los fines de semana, la temperatura se mantiene uniforme durante todo el día entre los 26-27°C, a excepción del viernes 04/09/2015, cuando se detecta un descenso de la temperatura a las 10:00h, aunque podría deberse a la ventilación de la estancia. Por lo tanto, la temperatura se mantiene fuera del intervalo requerido por la normativa durante gran parte del periodo registrado, aunque no es muy significativo teniendo en cuenta además que no se ha utilizado el sistema de refrigeración mecánica.

Por lo general, la humedad relativa se sitúa fuera del intervalo requerido por la normativa durante el periodo de ocupación de la zona.

Las principales conclusiones que se sacan son las siguientes:

- ❑ **Se aprecian aportaciones térmicas insuficientes, aunque no significativas.** Hay que tener en cuenta que en esta zona no se ha activado el sistema de refrigeración mecánica. En general las temperaturas se encuentran entre los 26°C y los 27°C, lo cual indica un aporte insuficiente de refrigeración, situándose por encima del límite superior establecido por el RITE (25°C), aunque no es significativo.

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.

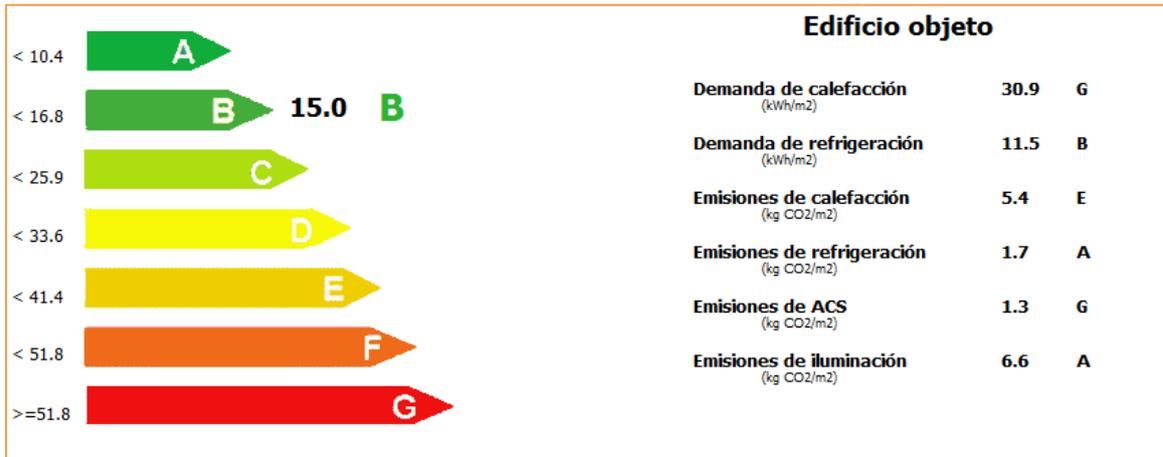


Imagen 21 Etiqueta Certificado Energético

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

4. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO

4.1 Desglose de consumos eléctricos

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

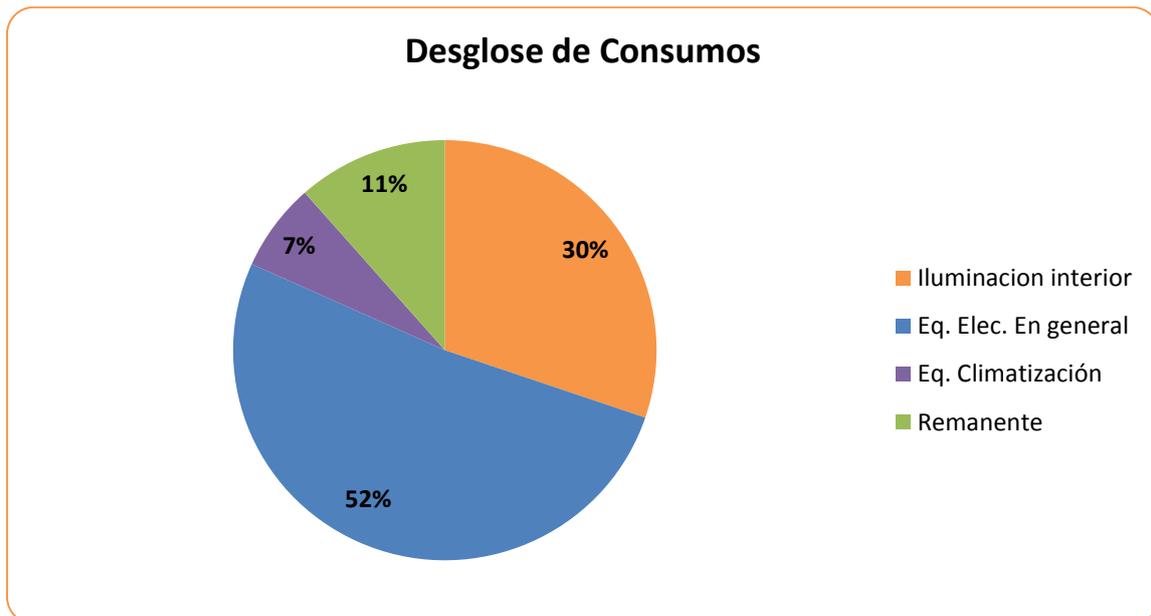


Gráfico 26 Desglose de consumos eléctricos

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

Por 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 es relativamente elevado para una instalación de estas características, por lo que, según lo explicado anteriormente, se recomienda revisar la instalación para localizar estos 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 4%.

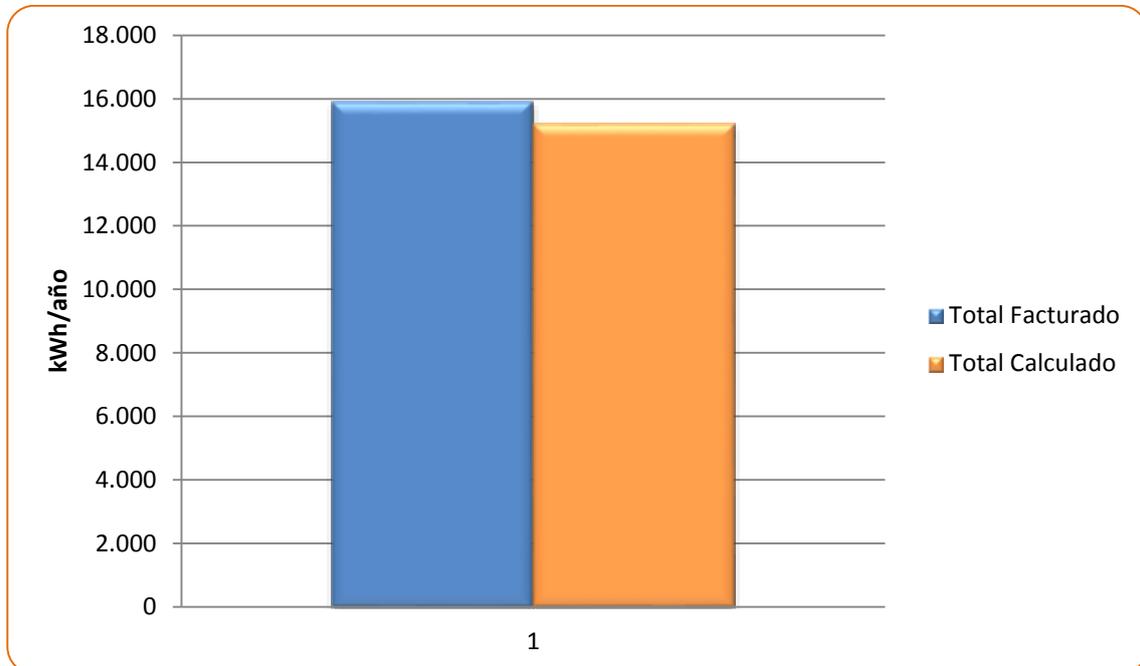


Gráfico 27 Desglose de consumos por periodo

4.2 Desglose de consumos térmicos

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

4.3 Contribución de energías renovables

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

5. ACTUACIONES PROPUESTAS

5.1 Sustitución de iluminación existente por tecnología LED

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

Descripción de la mejora

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

Entre las ventajas de las lámparas led se encuentran:

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



Imagen 22 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

| | | |
|---|---|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

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) | 0,11655 | 0,00000 | 0,00000 |
| Porcentaje de consumo de iluminación por periodo | 100,00% | 0,00% | 0,00% |

Los valores resultantes finales se muestran en la siguiente tabla:

| | |
|------------------------------------|----------|
| Precio de la energía (cent€/kWh) | 11,51875 |
| Precio de la potencia (€/kW y año) | 42,04 |

Inversión

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

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

| Ahorro energético anual | | | Ahorro económico | | | Inversión total | Retorno simple | Emisiones CO ₂ evitadas |
|-------------------------|--------------|--------------|------------------|--------------|----------|-----------------|----------------|------------------------------------|
| kWh | De la mejora | Del edificio | Por energía | Por potencia | Total | € | Años | Ton/año |
| | % | % | €/año | €/año | €/año | | | |
| 2.044 | 44,45% | 12,87% | 235,43 € | 29,26 € | 264,69 € | 3.550,73 € | 13,41 | 0,82 |

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.

| | | |
|---|---|--------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

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

INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

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

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

| | | |
|---|---|--------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

CRITERIOS DE DISEÑO

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

- Para equipos de más de 15 kW de capacidad se recomienda, como solución más rentable y menos perjudicial para el medio ambiente, invertir en una reforma completa de la instalación (circuito nuevo) diseñada específicamente para los sustitutos del R22, obteniéndose los siguientes beneficios:
 - Mayor fiabilidad de las nuevas instalaciones.
 - Mayor rendimiento, eficiencia y ahorro de energía.
 - Menores costes de mantenimiento/garantía del sistema.
 - Reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂)
- En el caso de los equipos tipo split 1x1 en el rango de potencias consideradas como domésticas (<15kW), en algunos casos es posible realizar directamente la sustitución de la unidad exterior e interior tras realizar una limpieza con nitrógeno sin tener que reemplazar completamente el circuito de refrigerante, siempre y cuando coincida el diámetro de tubería y teniendo en cuenta que puede reducirse la longitud máxima de tubería entre ambas unidades.
- Las horas de funcionamiento equivalentes en modo calefacción y en modo refrigeración se han determinado mediante la aplicación de factores de carga que responden al horario de funcionamiento de los equipos, al estado actual de los mismos y a la severidad climática (grados día de calefacción HDD-15 y de refrigeración CDD-20) del municipio al que pertenece el centro. El factor de carga en este caso se sitúa en torno al 25-30%. Estas estimaciones se apoyan en las mediciones realizadas en equipos con similares condiciones de funcionamiento.
- El rendimiento medio estacional del equipo actualmente instalado se ha determinado partiendo del rendimiento nominal afectado por los siguientes factores reductores (este criterio se corresponde con el propuesto por el IDAE en los programas de certificación energética):
 - Factor de ponderación: Su valor se calcula en base a la tipología del equipo actualmente instalado, al horario de funcionamiento y a la zona climática a la que pertenece el centro.

| Intensidad | Fp - Calefacción | Fp - Refrigeración |
|------------|------------------|--------------------|
| alta 8h | 0,751 | 0,860 |

Tabla 21 Factor de ponderación

- El dimensionamiento de los nuevos equipos propuestos a sustituir se ha realizado manteniendo la capacidad térmica del equipo actualmente instalado, comprobando que el ratio W/m² se adapta a las necesidades de la zona. Las características del nuevo equipo a implantar de deben adaptar a las condiciones técnicas de la instalación existente (por ejemplo en el caso de equipos de conductos con impulsión a rejillas lineales, difusores, toberas, multi-toberas, etc.).

| | | |
|---|---|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

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

| | | |
|---|---|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

RESUMEN DE PROPUESTAS – Equipos con R-22

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

| Zona de tratamiento | Tipología de equipo | Horario | Capacidad Frigorífica (kW) | Capacidad Calorífica (kW) | horas anuales equivalentes - Refrig. | horas anuales equivalentes - Calif. | Ahorro energético (kWh) | Ahorro energético (%) | Ahorro económico (€) | Emisiones evitadas (tn CO2) | Inversión (€) | Periodo de retorno simple (años) | Actuación propuesta |
|---------------------|--|-------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|---------------|----------------------------------|---------------------|
| Aula Música 1 | Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC - Split 1x1 | 09:00-19:00 (L-V) | 2,00 | 2,50 | 265 | 0 | 119,93 | 57,3% | 19,73 | 0,05 | 1.038,40 | 52,63 | NO |
| Aula Música 2 | Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC - Split 1x1 | 09:00-19:00 (L-V) | 2,00 | 2,50 | 265 | 0 | 119,93 | 57,3% | 19,73 | 0,05 | 1.006,00 | 50,99 | NO |
| | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|---|---|--------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

RESUMEN DETALLADO

AULA MÚSICA 1 – Sistema autónomo de expansión directa –Split – 1x1 – Pared

| Equipo | Capacidad de Refrigeración (kW) | Capacidad de Calefacción (kW) | EER | COP | SEER | SCOP |
|-----------|---------------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|
| Actual | 2,05 | 2,14 | 2,60 | 2,82 | 2,23 | 2,11 |
| Propuesto | 2,00 | 2,50 | 3,64 | 4,24 | 5,23 | 4,42 |

Tabla 22 Características de los equipos a sustituir

| Capítulo | Descripción | Presup. |
|---|--|-------------------|
| Producción Tratamiento Distribución térmica Instalación eléctrica y de control Mano de obra | Unidad Exterior | 246,35 € |
| | Unidad interior | 200,85 € |
| | Circuito frigorífico y conductos de distribución de aire | 149,40 € |
| | Instalación eléctrica y de control | 241,80 € |
| | Mano de obra, puesta en marcha y servicios auxiliares | 200,00 € |
| TOTAL | | 1.038,40 € |

Tabla 23 Resumen de inversión

| Demanda | | Consumo eléctrico | | Ahorro | | Inversión | Periodo retorno simple |
|-------------|---------------|-------------------|-----------|---------|-------|-----------|------------------------|
| Calefacción | Refrigeración | Actual | Propuesto | kWh/año | €/año | € | años |
| (kWh/año) | | (kWh/año) | | | | | |
| 0,00 | 467,65 | 209,35 | 89,42 | 119,93 | 19,73 | 1.038,40 | 52,63 |

Tabla 24 Ahorros energéticos y económicos

| Ahorro energético anual | | Ahorro económico | Inversión total | Retorno simple | Emisiones CO ₂ evitadas |
|-------------------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------------|
| kWh | % ¹ | €/año | € ² | años | Ton/año |
| 119,93 | 57,3% | 19,73 | 1.038,40 | 52,63 | 0,05 |

Tabla 25 Resumen de resultados principales obtenidos

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

¹ Sobre el consumo eléctrico anual

² Todos los precios son sin IVA

| | | |
|---|---|--------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

RESUMEN DETALLADO

AULA MÚSICA 2 – Sistema autónomo de expansión directa – Split – 1x1 – Pared

| Equipo | Capacidad de Refrigeración (kW) | Capacidad de Calefacción (kW) | EER | COP | SEER | SCOP |
|-----------|---------------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|
| Actual | 2,05 | 2,14 | 2,60 | 2,82 | 2,23 | 2,11 |
| Propuesto | 2,00 | 2,50 | 3,64 | 4,24 | 5,23 | 4,42 |

Tabla 26 Características de los equipos a sustituir

| Capítulo | Descripción | Presup. |
|---|--|-------------------|
| Producción Tratamiento Distribución térmica Instalación eléctrica y de control Mano de obra | Unidad Exterior | 246,35 € |
| | Unidad interior | 200,85 € |
| | Circuito frigorífico y conductos de distribución de aire | 117,00 € |
| | Instalación eléctrica y de control | 241,80 € |
| | Mano de obra, puesta en marcha y servicios auxiliares | 200,00 € |
| TOTAL | | 1.006,00 € |

Tabla 27 Resumen de inversión

| Demanda | | Consumo eléctrico | | Ahorro | | Inversión | Periodo retorno simple |
|-------------|---------------|-------------------|-----------|---------|-------|-----------|------------------------|
| Calefacción | Refrigeración | Actual | Propuesto | kWh/año | €/año | € | años |
| (kWh/año) | | (kWh/año) | | kWh/año | €/año | € | años |
| 0,00 | 467,65 | 209,35 | 89,42 | 119,93 | 19,73 | 1.006,00 | 50,99 |

Tabla 28 Ahorros energéticos y económicos

| Ahorro energético anual | | Ahorro económico | Inversión total | Retorno simple | Emisiones CO ₂ evitadas |
|-------------------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------------|
| kWh | % ³ | €/año | € ⁴ | años | Ton/año |
| 119,93 | 57,3% | 19,73 | 1.006,00 | 50,99 | 0,05 |

Tabla 29 Resumen de resultados principales obtenidos

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

³ Sobre el consumo eléctrico anual

⁴ Todos los precios son sin IVA

| | | |
|---|---|--------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

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 23 Detectores de presencia

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

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

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

| | | |
|---|---|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

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.

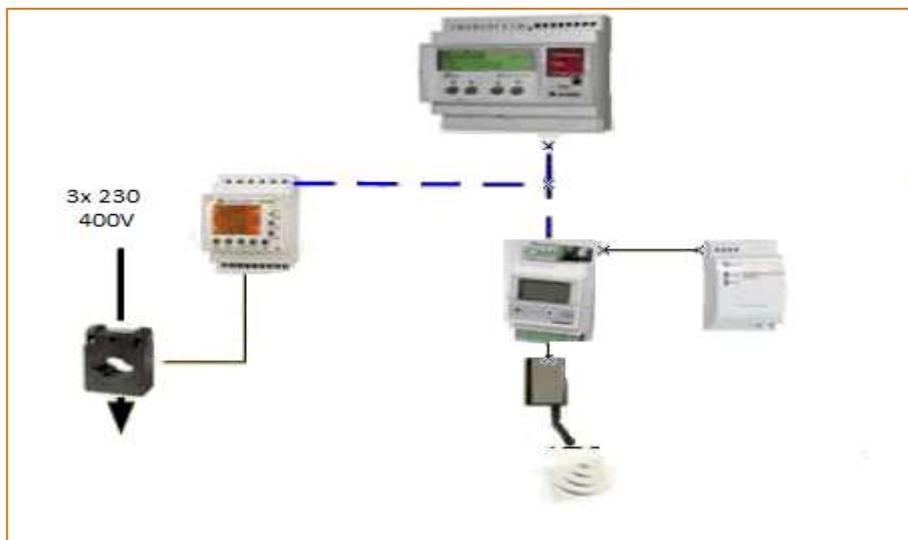


Imagen 24 Esquema de sistema de monitorización

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

Aplicación de la mejora

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

| | | |
|---|---|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

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 €.

| | | |
|---|---|--------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

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

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

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

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

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

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

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

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

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

| | | |
|---|---|--------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

7. PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

7.1 Energía solar térmica

No se considera su implantación al no existir en el centro demanda de agua caliente sanitaria (ACS).

7.2 Biomasa

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

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

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

La incertidumbre existente actualmente en España en relación a la regulación de la generación eléctrica mediante fuentes renovables y el nuevo sistema de retribución basado en un precio de mercado más unos incentivos variables en base a diferentes tipologías de instalaciones, ha dejado prácticamente como única alternativa viable la instalación fotovoltaica de autoconsumo con inyección cero a la red, donde los excedentes producidos en lugar de verterlos a la red, se limitan.

Entre los condicionantes principales que tendrían que cumplir los edificios o instalaciones para hacer viable una instalación fotovoltaica de autoconsumo de estas características se encuentran los siguientes:

- Curva de carga del edificio continua y uniforme durante la mayor parte de los días del año.

| | | |
|---|---|---------------|
|  | AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ARTE Y CULTURA | 1306 |
| | | 72 |
| | | Rev.05 |

- Espacio disponible para la ubicación de los módulos fotovoltaicos.

En este caso, al no existir en el centro una demanda eléctrica estable durante todos los días del año, la implantación de un sistema de energía solar fotovoltaico de este tipo llevaría asociado un periodo de retorno muy elevado. Por este motivo 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 ₂ evitadas |
|---|-------------------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|------------------------------------|
| | kWh | % ⁵ | €/año | € ⁶ | años | Ton/año |
| Sustitución de iluminación existente por tecnología LED | 2.044 | 12,87% | 264,69 € | 3.550,73 € | 13,41 | 0,82 |
| TOTAL ELÉCTRICAS | 2.044 | - | 264,69 | 3.550,73 | 13,41 | 0,82 |

Tabla 30 Resumen de resultados de las actuaciones propuestas

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

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

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

⁵ Sobre el consumo eléctrico o térmico anual

⁶ Todos los precios son sin IVA