

ANEXO VII



Museo del Mar

Santa Pola

Alicante



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. Envolvente	11
3.3.1. Orientación	12
3.4. Instalaciones.....	13
3.4.1. Iluminación	13
3.4.2. Climatización y ventilación	20
3.4.1. Equipos ofimáticos y fuerza	22
4. CAMPAÑA DE MEDICIONES	23
4.1. Mediciones eléctricas.....	23
4.1.1. Demanda eléctrica general del centro.....	24
4.2. Mediciones de niveles de iluminación.	26
4.2.1. El nivel de iluminación de los lugares de trabajo.....	27

4.2.2. Potencia máxima instalada	27
4.3. Condiciones termo-higrométricas.....	28
5. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL CENTRO	30
5.1. Contratación de suministro eléctrico.....	30
5.2. Distribución de consumos energéticos.....	39
5.3. Modelo energético consumo eléctrico	40
6. INDICADORES ENERGÉTICOS	42
7. MEDIDAS AHORRO Y EFICIENCIA	43
7.1. Consideraciones	43
7.1.1. Coste económico	43
7.1.2. Coste ambiental.....	43
7.2. Puntos ya existentes que favorecen el ahorro energético.....	43
7.3. Medidas de ahorro y eficiencia energética	44
7.3.1. Sustitución luminarias interiores y exteriores por tecnología LED.....	44
7.4. Propuestas adicionales de medidas de ahorro y eficiencia energética.....	46
7.4.1. Renovación futura del sistema de climatización.....	46
7.4.2. Puesta en marcha de la instalación de energía solar fotovoltaica	48
7.4.3. Sistema de Gestión de la Energía - Medida de mejora transversal...	49
7.5. Resumen de MAEs	50
8. CONCLUSIONES.....	51

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 Eficiencia Energética de 2011.

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 desarrollando la auditoría energética del Museo del Mar, ubicado en el Castillo-Fortaleza de Santa Pola, Alicante.

1.2. Alcance

En el presente informe se realiza el análisis energético del Museo del Mar, ubicado en el Castillo-Fortaleza 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 miércoles 25/10/2017 al martes 31/10/2017. Durante dicha visita se realizaron las siguientes mediciones:

- Medición eléctrica de la demanda de potencia.
- Mediciones lumínicas.
- Confort ambiental.
- 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.
- Plano de la exposición del museo.

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 el RD 56/2016.

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 producción u ocupación, a efectos de poder cruzar consumos con niveles de actividad de la organización. 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 de operación 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 desde agosto 2016 a julio 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 al Museo del Mar, ubicado en el Castillo-Fortaleza 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 Museo del Mar se encuentra en el interior de un castillo-fortaleza, éste se trata de un edificio público singular dependiente de la autoridad municipal. Se encuentra ubicado en el casco urbano de la población, situado en la Plaza Glorieta.

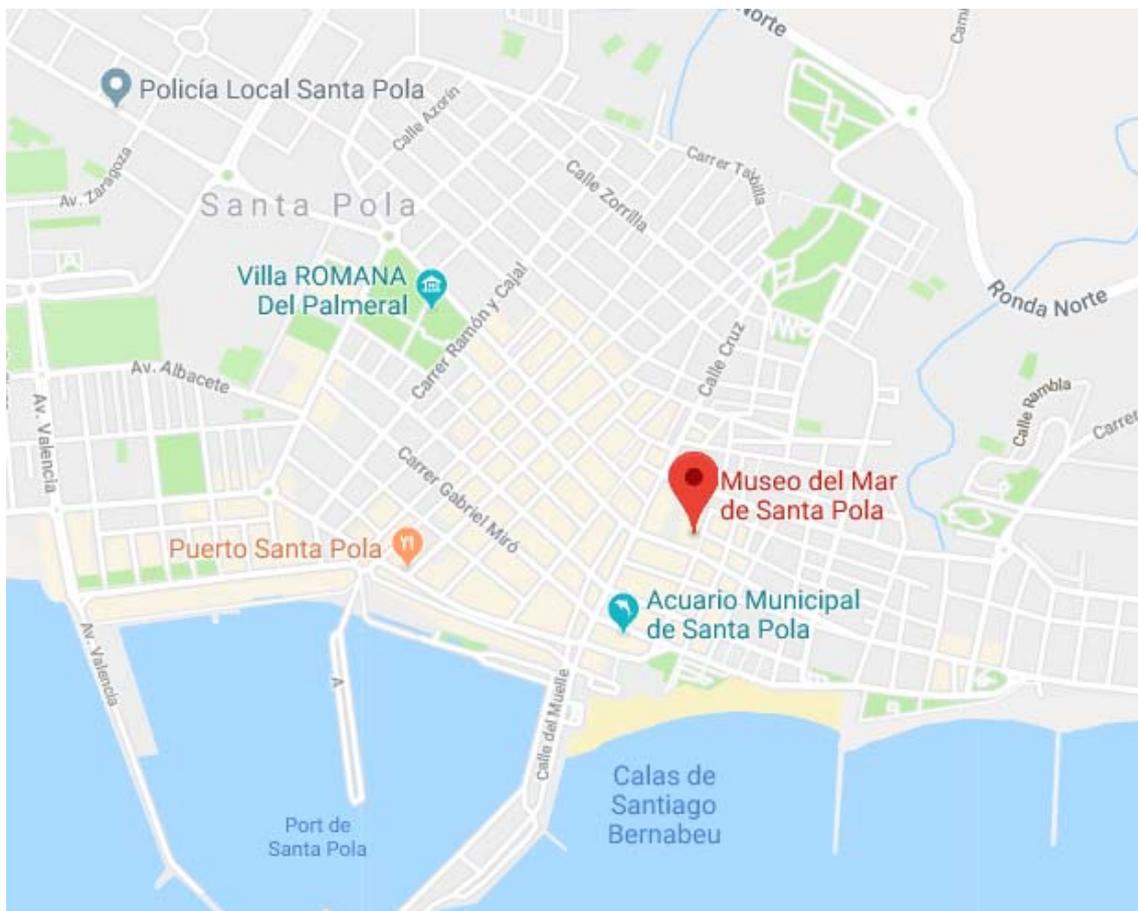


Imagen 1. Situación del Museo del Mar

La edificación fue construida en el siglo XVI en estilo renacentista, teniendo reformas posteriores de los siglos XVIII y XIX. En 1.993 fue designado Bien de Interés Cultural, formando parte del Patrimonio Histórico Español.

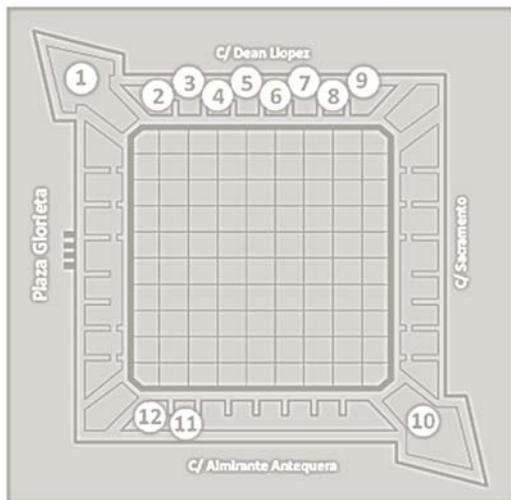


Imagen 2 Planta Baja

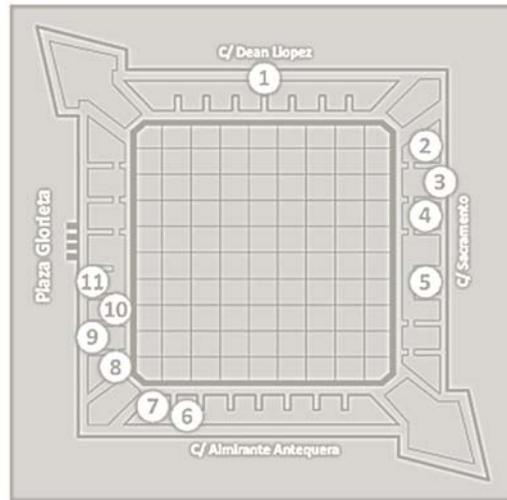


Imagen 3 Planta Primera

Se trata de una fortaleza de planta cuadrada, con dos baluartes y dos torreonos en las esquinas noreste y sudoeste, propios del arte militar renacentista. El edificio está distribuido en dos plantas, cada una de ellas de 2.037 m² (una superficie total construida de 4.087 m²). En el interior se halla el patio de armas y el aljibe, con la Capilla de la Virgen de Loreto (Plano: Planta Baja nº10), Salón de Actos "Baluarte del Duque de Arcos" (Plano: Planta Baja nº1), el Museo del Mar y el Museo de la Pesca.

3.2. Actividad del Centro

La actividad principal del complejo museístico es la exposición permanente que presenta la historia de santa Pola, su música e historia marítima. El horario de esta sección es diferente en función de la temporada del año:

Horario invierno

- Martes a sábado de 10:00 h. a 13:00 h. y 16:00 a 19:00 h.
- Domingos y festivos de 11:00 a 13:30 h.
- Lunes y fiestas de navidades se encuentra cerrado

Horario verano (Del 24 de junio al 31 de agosto)

- Martes a sábado de 10:00 h. a 13:00 h. y 18:00 a 21:00 h.
- Domingos y festivos de 11:00 a 13:30 h.
- Lunes cerrado.

Por otro lado, la Capilla de la Virgen de Loreto lleva un horario independiente:

- Lunes, miércoles, jueves y viernes 10:00 h. a 12:00 h. y 18:00 a 20:00 h.

- Sábados de 11:00 a 14:00 h y de 16:30 a 20:30 h / 17:00 a 21:00 h
- Domingos de 11:00 a 13:00 h en verano de 20:00 a 22:30.

Finalmente, el horario del baluarte es abierto, ocupándose principalmente para eventos y celebraciones durante los fines de semana.

En el mismo castillo, se lleva en paralelo parte de administración y mantenimiento y restauración del centro, ocupando un área reducida y con un horario de 7h30 a 15h00 de lunes a viernes en la Escuela Taller de Oficio.

3.3. Envolvente

El muro de la fortaleza es de gran espesor y se encuentra formado mediante mampostería dotando al cerramiento de gran inercia térmica (sin aislamiento térmico). La cubierta de la fortaleza es transitable, acabado mediante baldosa cerámica. Dada la época de construcción del edificio, se presupone la inexistencia de aislamiento térmico.



Imagen 4. Fachada Castillo Santa Pola

Los huecos en fachada se disponen por el interior de la fortaleza, resueltos mediante carpintería de madera con vidrio monolítico. Los vidrios sencillos ya no son empleados en la actualidad ya que presentan un elevado coeficiente U de transmisión térmica ($U=5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$). 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.

Así mismo, las carpinterías de madera requieren un mantenimiento muy exigente de pintura y renovación de juntas de estanqueidad para evitar entradas de aire no deseadas (infiltraciones de aire).



Imagen 5. Carpintería de madera + vidrio monolítico

3.3.1. Orientación

Por último, es importante conocer la orientación del edificio. Los huecos en la fachada Este recibirán la incidencia del sol durante todo el año, desde el amanecer hasta el mediodía. Este hecho permite obtener un calentamiento progresivo de las estancias durante la época hibernal gracias a la “ganancia solar”, así como evitar el sobrecalentamiento producido durante las horas centrales del día en verano.



Imagen 6. Orientación edificio



En la fachada Oeste se produce todo lo contrario, el sol incide todo el año desde medio día hasta el ocaso. En este caso, en verano se alcanzarán temperaturas más elevadas ya que recibirá la incidencia solar durante las horas centrales del día.

La fachada Norte (principal) es la más fría, ya que no recibe la incidencia solar a ninguna hora del día durante la época hibernal. Este hecho hace que en las estancias recayentes en dicha fachada no se pueda aprovechar la iluminación natural durante todo el invierno. Por el contrario, los espacios junto a la fachada Sur alcanzarán elevadas temperaturas en verano, ya que recibe la incidencia del sol durante las horas centrales de día.

3.4. Instalaciones

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

3.4.1. Iluminación

El centro dispone de una instalación de alumbrado interior para iluminar cada una de las zonas de exposición, formada principalmente por lámparas halógenas.

Respecto a la iluminación natural existen numerosas ventanas que permiten el aprovechamiento de la iluminación natural pero generalmente se encuentran cerrados, debido principalmente a los requisitos de presentación y la protección contra la radiación dañina de las obras expuestas.



Imagen 7. Ventanas del centro cerradas



Imagen 8. Iluminación natural

A continuación se presenta la tipología de las luminarias existentes en el centro:

Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº Luminarias	Imagen Ejemplo
Aplicque	Halógena	38	
	Incandescente	12	
	LED	21	
Campana	HM	1	
Downlight	Fluorescente Compacto	2	
	LED	17	
Foco en carril	Halógena	115	
	LED	113	
Ojo de buey	Halógena	27	
	LED	3	
Ornamental	Halógena	5	
	Incandescente	2	
	LED	8	
	VSAP	3	
Proyector	Halógena	48	
	HM	11	
	LED	10	
	VSAP	17	
Regleta reflectante	Fluorescente T8	49	
	LED	7	
Total		509	

Tabla 1. Tipología de luminarias del centro

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

Planta	Ala	Zona	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Numero luminarias	Número lámparas por luminaria	Potencia lámpara W	Potencia Instalada kW
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Entrada	Proyector	HM	10	1	80	0,85
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Entrada	Foco en carril	LED	10	1	6	0,06
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Entrada	Ojo de buey	LED	3	1	6	0,02
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Entrada	Ojo de buey	Halógena	3	1	50	0,15
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Almacén	Aplicque	Incandescente	1	1	40,0	0,04
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Aseo	Regleta reflectante	Fluorescente T8	2	1	36	0,09
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Aseo	Downlight	Fluorescente Compacto	1	2	26	0,06
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Hall aseos	Ojo de buey	Halógena	1	1	50	0,05
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 1	Foco en carril	LED	8	1	6,0	0,05
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 1	Regleta reflectante	Fluorescente T8	2	1	58	0,14
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Pasillo	Ojo de buey	Halógena	2	1	50,0	0,10
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 2	Foco en carril	LED	3	1	6,0	0,02
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 2	Regleta reflectante	Fluorescente T8	1	1	18,0	0,02
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 2	Ojo de buey	Halógena	2	1	50	0,10
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 3	Foco en carril	LED	8	1	6,0	0,05
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 3	Regleta reflectante	Fluorescente T8	2	1	58,0	0,14
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 3	Ojo de buey	Halógena	2	1	50,0	0,10
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 4	Foco en carril	LED	6	1	6	0,04
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 4	Foco en carril	Halógena	2	1	50,0	0,10
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 4	Regleta reflectante	Fluorescente T8	4	1	58	0,28
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 5	Foco en carril	LED	6	1	6,0	0,04
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 5	Foco en carril	Halógena	2	1	50,0	0,10
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 5	Regleta reflectante	Fluorescente T8	1	1	36	0,04
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 6	Foco en carril	LED	7	1	6,0	0,04
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 6	Foco en carril	Halógena	2	1	50,0	0,10
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 6	Ornamental	Incandescente	1	1	40,0	0,04
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 7	Foco en carril	LED	8	1	6,0	0,05
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 7	Foco en carril	Halógena	2	1	50,0	0,10
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 8	Foco en carril	LED	5	1	6,0	0,03
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 8	Regleta reflectante	Fluorescente T8	1	1	58	0,07
Baja	Etnografía del mar y la pesca	Sala 8	Regleta reflectante	Fluorescente T8	1	1	58	0,07
Primera	Etnografía del mar y la pesca	Sala 1	Foco en carril	Halógena	4	1	50	0,20
Primera	Etnografía del mar y la pesca	Sala 1	Foco en carril	LED	3	1	6	0,02
Primera	Etnografía del mar y la pesca	Sala 2	Foco en carril	Halógena	4	1	50	0,20
Primera	Etnografía del mar y la pesca	Sala 2	Foco en carril	LED	1	1	6	0,01
Primera	Etnografía del mar y la pesca	Sala 3	Regleta reflectante	Fluorescente T8	3	1	58	0,21

Tabla 2. Inventario de luminarias de la instalación de iluminación del centro 1/4

Planta	Ala	Zona	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Numero luminarias	Número lámparas por luminaria	Potencia lámpara W	Potencia Instalada kW
Primera	Etnografía del mar y la pesca	Exterior	Ornamental	Halógena	2	1	100	0,20
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Escalera	Ojo de buey	Halógena	1	1	50	0,05
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Aseo	Downlight	Fluorescente Compacto	1	1	26	0,03
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Aseo	Regleta reflectante	Fluorescente T8	2	1	36	0,09
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 1	Foco en carril	Halógena	14	1	50	0,70
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 1	Proyector	Halógena	6	1	80	0,48
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 1	Ojo de buey	Halógena	2	1	50	0,10
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 2	Foco en carril	Halógena	10	1	50	0,50
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 2	Proyector	Halógena	6	1	80	0,48
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 2	Ojo de buey	Halógena	2	1	50	0,10
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 3	Foco en carril	Halógena	10	1	50	0,50
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 3	Proyector	Halógena	6	1	80	0,48
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 3	Ojo de buey	Halógena	2	1	50	0,10
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 4	Foco en carril	Halógena	8	1	50	0,40
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 4	Proyector	Halógena	6	1	80	0,48
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 4	Ojo de buey	Halógena	2	1	50	0,10
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 5	Foco en carril	Halógena	5	1	50	0,25
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 5	Proyector	Halógena	6	1	80	0,48
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 5	Ojo de buey	Halógena	2	1	50	0,10
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 6	Foco en carril	Halógena	9	1	50	0,45
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 6	Proyector	Halógena	6	1	80	0,48
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 6	Ojo de buey	Halógena	2	1	50	0,10
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 7	Foco en carril	Halógena	8	1	50	0,40
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 7	Proyector	Halógena	6	1	80	0,48
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 7	Ojo de buey	Halógena	2	1	50	0,10
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 8	Foco en carril	Halógena	8	1	50	0,40
Primera	Sala exposiciones Castillo-Fortaleza	Sala 8	Proyector	Halógena	6	1	80	0,48
Escalera	Renacentista XVI	Renacentista XVI	Foco en carril	Halógena	21	1	50	1,05
Escalera	Renacentista XVI	Renacentista XVI	Aplicado	LED	3	1	6	0,02
Primera	Etnografía del mar y la música	Sala 1	Campana	HM	1	1	100	0,11
Primera	Etnografía del mar y la música	Sala 1	Aplicado	Incandescente	3	1	60	0,18
Primera	Etnografía del mar y la música	Sala 1	Foco en carril	Halógena	2	1	50	0,10
Primera	Etnografía del mar y la música	Sala 2	Foco en carril	LED	6	1	6	0,04
Primera	Etnografía del mar y la música	Sala 2	Regleta reflectante	LED	4	1	20	0,08
Primera	Etnografía del mar y la música	Sala 3	Foco en carril	LED	3	1	6	0,02
Primera	Etnografía del mar y la música	Sala 3	Regleta reflectante	LED	1	1	20	0,02

Tabla 3. Inventario de luminarias de la instalación de iluminación del centro 2/4

Planta	Ala	Zona	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Numero luminarias	Número lámparas por luminaria	Potencia lámpara W	Potencia Instalada kW
Baja	Historia y arqueología	Aseo	Apilique	Incandescente	1	1	60	0,06
Baja	Historia y arqueología	Aseo	Apilique	LED	1	1	10	0,01
Baja	Historia y arqueología	Aseo	Apilique	LED	1	1	5	0,01
Baja	Historia y arqueología	Hall	Regleta reflectante	Fluorescente T8	4	1	58	0,28
Primera	Historia y arqueología	Hall	Foco en carril	LED	6	1	6	0,04
Primera	Historia y arqueología	Hall	Regleta reflectante	Fluorescente T8	3	1	58	0,21
Primera	Historia y arqueología	Aseo	Apilique	LED	1	1	6	0,01
Primera	Historia y arqueología	Sala 5	Foco en carril	LED	10	1	6	0,06
Primera	Historia y arqueología	Sala 5	Regleta reflectante	Fluorescente T8	4	1	58	0,28
Primera	Historia y arqueología	Sala 5	Regleta reflectante	Fluorescente T8	1	3	18	0,06
Primera	Historia y arqueología	Sala 5	Regleta reflectante	Fluorescente T8	1	2	18	0,04
Primera	Historia y arqueología	Sala 6	Foco en carril	LED	4	1	6	0,02
Primera	Historia y arqueología	Sala 6	Regleta reflectante	Fluorescente T8	2	1	58	0,14
Primera	Historia y arqueología	Sala 1	Regleta reflectante	Fluorescente T8	1	1	18	0,02
Primera	Historia y arqueología	Sala 1	Regleta reflectante	Fluorescente T8	3	1	58	0,21
Primera	Historia y arqueología	Sala 2	Foco en carril	LED	6	1	6	0,04
Primera	Historia y arqueología	Sala 2	Regleta reflectante	Fluorescente T8	2	1	18	0,04
Primera	Historia y arqueología	Sala 3	Foco en carril	LED	3	1	6	0,02
Primera	Historia y arqueología	Sala 3	Regleta reflectante	Fluorescente T8	2	1	58	0,14
Primera	Historia y arqueología	Sala 4	Foco en carril	LED	7	1	6	0,04
Primera	Historia y arqueología	Sala 4	Regleta reflectante	Fluorescente T8	4	1	58	0,28
Primera	Historia y arqueología	Sala 4	Regleta reflectante	Fluorescente T8	2	1	18	0,04
Exterior	Historia y arqueología	Aseo	Apilique	Incandescente	1	1	60	0,06
Exterior	Historia y arqueología	Aseo	Downlight	LED	1	1	22	0,02
Exterior	Historia y arqueología	Aseo	Apilique	LED	8	1	6	0,05
Exterior	Baluarto del Duque	-	Ornamental	Halógena	2	1	100	0,20
Baja	Baluarto del Duque	-	Apilique	Halógena	38	1	50	1,90
Baja	Baluarto del Duque	-	Ornamental	Halógena	1	1	100	0,10
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Sacristía	Apilique	LED	2	1	8	0,02
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Cuarto limpieza	Apilique	LED	2	1	8	0,02
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Altar	Ornamental	LED	2	8	8	0,13
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Altar	Apilique	Incandescente	6	1	60	0,36
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Altar	Proyector	LED	4	1	7	0,03
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Camerino Virgen	Proyector	LED	5	1	7	0,04
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Camerino Virgen	Regleta reflectante	LED	2	1	20	0,04
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Camerino Virgen	Regleta reflectante	Fluorescente T8	1	1	18	0,02
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Capilla	Ornamental	LED	4	12	8	0,39

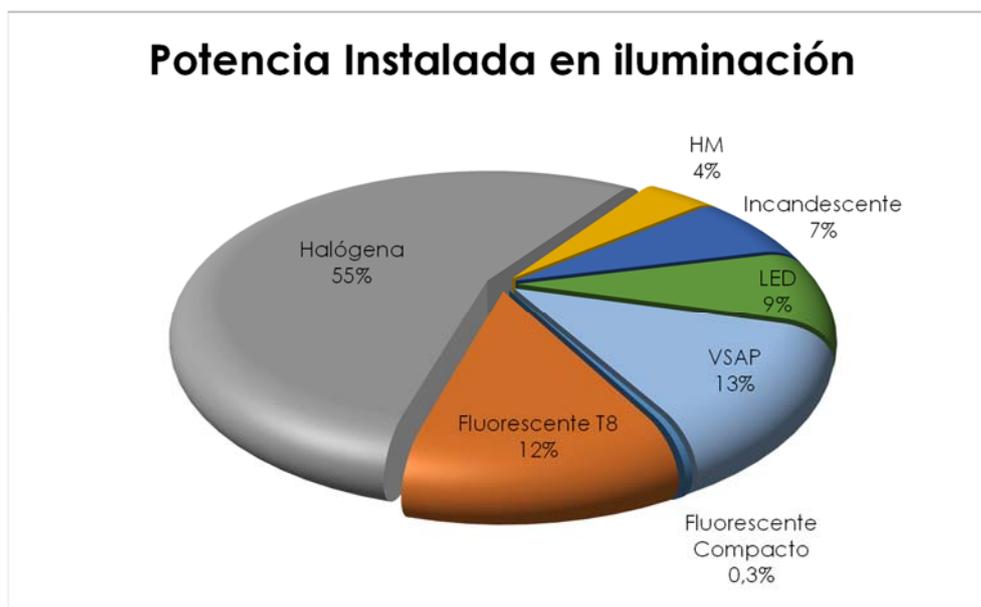
Tabla 4. Inventario de luminarias de la instalación de iluminación del centro 3/4

Planta	Ala	Zona	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Numero luminarias	Número lámparas por luminaria	Potencia lámpara W	Potencia Instalada kW
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Capilla	Ornamental	Incandescente	1	17	60	1,02
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Capilla	Ornamental	LED	1	4	8	0,03
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Capilla	Proyector	LED	1	1	35	0,04
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Altar cristo	Ornamental	LED	1	3	8	0,02
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Altar cristo	Proyector	HM	1	1	100	0,11
Baja	Capilla Virgen de Loreto	Entrada	Ojo de buey	Halógena	2	1	50	0,10
Baja	Historia y arqueología	Sala 1	Foco en carril	LED	3	1	6	0,02
Baja	Historia y arqueología	Sala 2	Aplique	LED	3	1	6	0,02
Baja	Historia y arqueología	Almacén	Foco en carril	Halógena	4	1	50	0,20
Baja	Taller didáctico	Sala 1	Downlight	LED	8	1	22	0,18
Baja	Taller didáctico	Sala 2	Downlight	LED	8	1	22	0,18
Exterior	Patio	-	Proyector	VSAP	17	1	150	2,70
Exterior	Patio	-	Ornamental	VSAP	3	1	100	0,32
TOTAL					509			24,21

Tabla 5. Inventario de luminarias de la instalación de iluminación del centro 4/4

Hay que destacar que la potencia instalada (kW) indicada en la tabla anterior incluye la potencia del equipo auxiliar. Las luminarias que disponen balastos son mayormente electrónicos, por lo que, según las indicaciones del IDAE, la potencia de estos equipos auxiliares es de un 6% en las lámparas de descarga y del 1% en las lámparas de 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 las halógenas (55%) quedando en segundo lugar las lámparas fluorescentes (12%), consideradas ambas tecnologías convencionales y de baja eficiencia comparadas con las lámparas de tecnología LED.



Gráfica 2. Distribución de la potencia instalada en iluminación por planta

Como se puede observar, y dada la actividad del centro, la mayor parte de la iluminación se encuentra instalada en las salas de exposición.

Respecto al control del encendido de la iluminación del centro, éste se realiza de manera manual desde los cuadros eléctricos en la mayor parte del museo, salvo salas particulares que cuentan con interruptores, y la iluminación exterior, que se controla mediante un reloj astronómico.

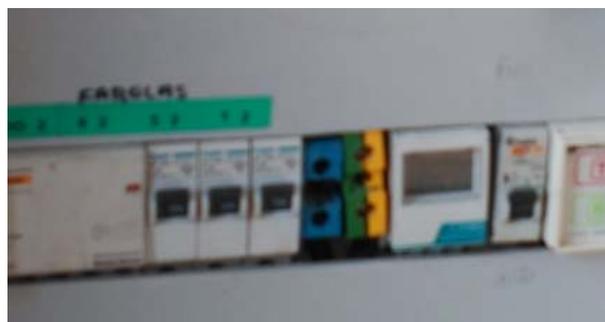


Imagen 9 Control alumbrado exterior

Este tipo de relojes permiten controlar las cargas luminosas en función de las horas de ortos (amanecer) y ocasos (anochecer). Dispone de un programa que ajusta automáticamente el horario de encendido y apagado, sin necesidad de mantenimiento permitiendo grandes ahorros en el consumo de la iluminación.

3.4.2. Climatización y ventilación

El centro se encuentra climatizado mediante diferentes tipos de sistema descritos en detalle a continuación, estando cada uno de ellos gestionado de manera independiente.

3.4.2.1. Sistemas de Expansión directa

Principalmente, el centro se climatiza con equipos de expansión directa partidos (1x1), contando con alrededor de 34 unidades. Gran parte de estos equipos son de tipo *inverter* lo que permite ahorros de energía de hasta el 40% con respecto a los equipos que no utilizan este sistema, ya que se regula la velocidad del compresor de los equipos de aire acondicionado de forma que trabajen a una velocidad más constante, en lugar de arrancar y parar frecuentemente para obtener la temperatura media deseada.

A continuación se muestran las características de estos equipos:

Zona	Marca	Modelo	Capacidad refrigeración (kW)	Capacidad calefacción (kW)	EER	COP	Número de equipos
Etnografía del mar y la pesca / Sala exposiciones	Mitsubishi	SRC35ZGX S	3,5	4,2	4,02	4,20	4
Etnografía del mar y la pesca / Sala exposiciones	Mitsubishi	SRC20ZGX S	2,0	2,4	5,41	5,45	4
Etnografía del mar y la pesca / Sala exposiciones	Mitsubishi	SRK20HD S	2,05	2,2	3,25	3,67	2
Etnografía del mar y la pesca / Sala exposiciones	Mitsubishi	SRK40HD S	3,6	4	3,21	3,45	6
Etnografía del mar y la pesca	Split suelo	-	-	-	-	-	3
Renacentista XVI	Daitsu	DS 12 UIEK-2	3,5	4	2,99	3,33	2
Etnografía del mar y la música / Historia y arqueología	Daitsu	DS 12 UIEK-2	3,5	4	2,99	3,33	4
Administración	Ferrolli	UE Diamond 9	2,6	3,2	3,33	3,76	1
Etnografía del mar y la música / Historia y arqueología	Daitsu	ASD 18U	5,27	5,86	2,64	2,80	4
Etnografía del mar y la música / Historia y arqueología	Daitsu	DS 12 UIEK-2	3,5	4	2,99	3,33	3
Etnografía del mar y la música / Historia y arqueología	Daitsu	ASD 12U	3,51	3,95	3,13	3,35	1

Tabla 6. Características técnicas de los Splits



Imagen 10 Unidades Exteriores

El control manual de cada uno de estos equipos se realiza de manera individual desde los mandos a distancia y termostatos de pared ubicados en cada estancia.



Imagen 11 Equipo taller didáctico



Imagen 12 Equipo Salas Torres del Port

Durante la auditoría del centro se detecta que la consigna de los equipos de climatización de las diferentes salas se encuentra entre 21°C y 25°C.

3.4.2.2. Sistema Roof-Top

Por otro lado, el salón de actos ubicado en el baluarte del Duque se climatiza de manera centralizada mediante un sistema de climatización aire-aire.

La climatización de esta zona se realiza a través de difusores de aire y rejillas.

A continuación se muestran las características del equipo instalado en la cubierta del castillo.

Equipo	Marca	Modelo	Capacidad refrigeración (kW)	Capacidad calefacción (kW)	EER	COP
Roof Top	Hitecsa	RMXCBA-1402.2	64,1	67,4	3,16	3,67

Tabla 7. Características técnicas del sistema aire-aire



Imagen 13. Equipo de climatización Roof-Top

3.4.2.3. Otros sistemas

Además de los equipos nombrados anteriormente, en el centro se pueden encontrar:

- Ventiladores (11 unidades) para mejorar las condiciones ambientales en la capilla durante el verano.
- Equipos deshumectadores en varias salas de exposición para reducir la elevada humedad existente en los muros del castillo.
- Tanto en la sección de Historia y Arqueología, como la escalera renacentista cuentan con una cortina de aire para mejorar la eficiencia de la climatización, ya que dispone de un ventilador que hace circular al aire a temperatura ambiente, lo que aísla la temperatura del interior con respecto a la exterior. En el momento de la visita se encontraban fuera de uso.



Imagen 14 Ventiladores capilla



Imagen 15 Deshumectador

3.4.1. Equipos ofimáticos y fuerza

El centro dispone de diversos equipos de reducido consumo, pero necesarios para llevar a cabo la actividad del centro. Entre ellos se han inventariado los siguientes equipos:

Equipo	Número de equipos
PCs y pantalla	5
Impresora	1
Nevara y microondas	2
Equipo megafonía	1
Sistema vigilancia	1
Sistema contra incendios	1
Secamanos	2
Extractor aseo	3
Televisión	2
Ascensor	2

Tabla 8. Equipos ofimáticos y de fuerza

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 la entrada al Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) del centro mediante el uso de analizadores de redes eléctricas.

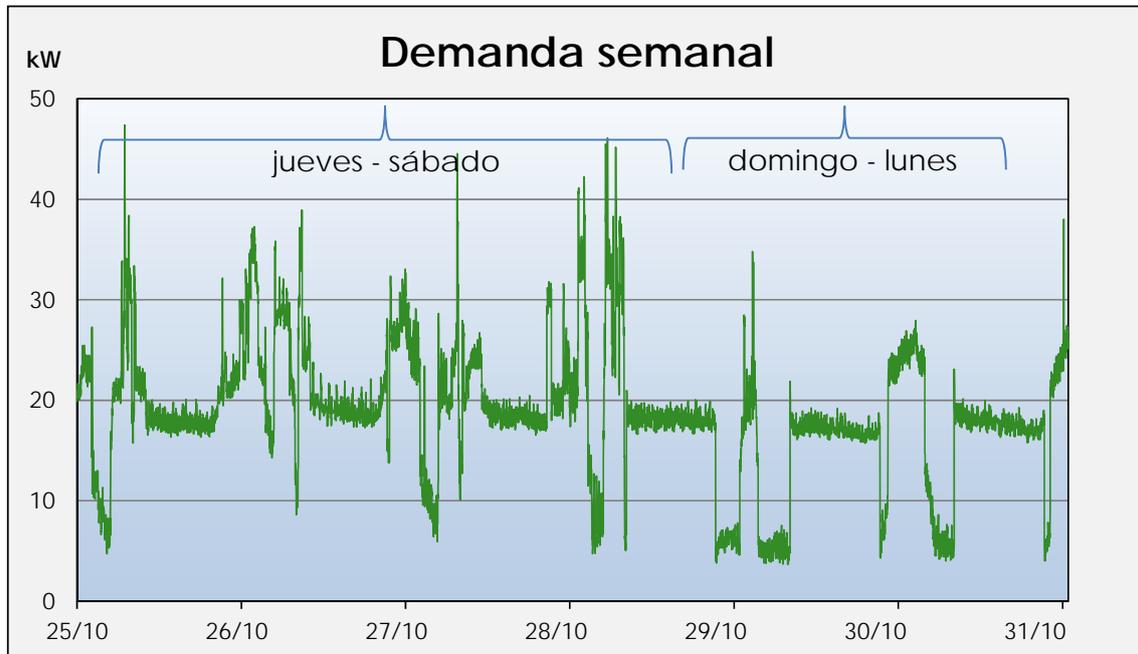


Imagen 16. Interruptor de salida del transformador

A continuación, se exponen las principales conclusiones extraídas del análisis de las mediciones de consumo de energía eléctrica.

4.1.1. Demanda eléctrica general del centro.

A continuación se muestra la curva de potencia eléctrica del centro para el periodo de medición del miércoles 25/10/2017 al martes 31/10/2017.

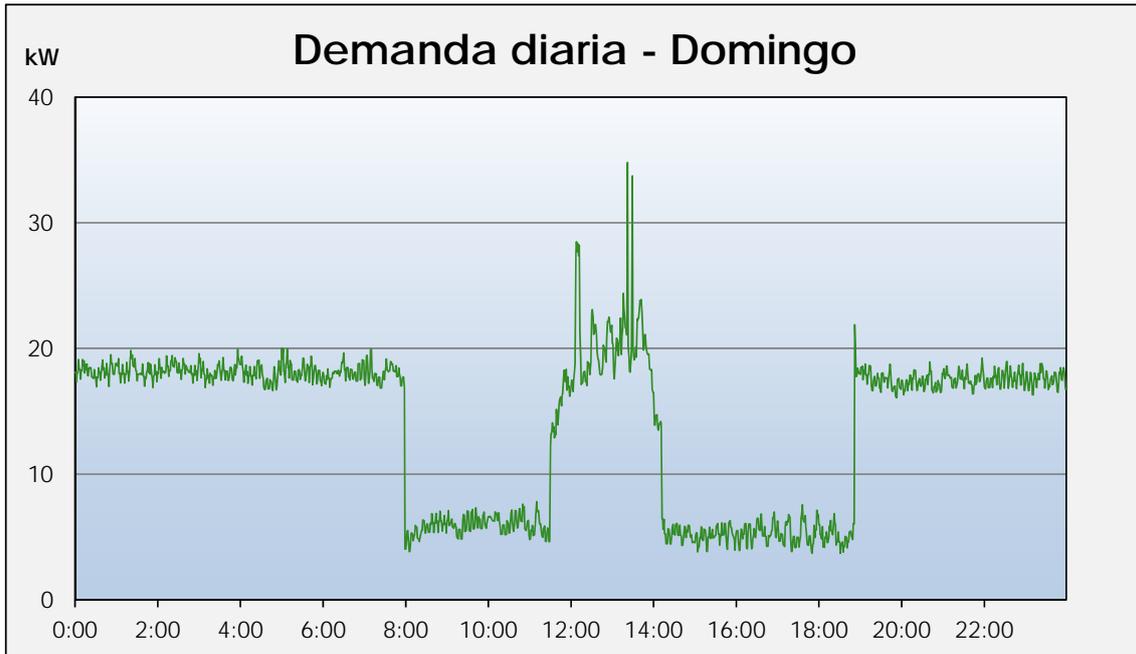


Gráfica 3. Curva de demanda eléctrica registrada del centro

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

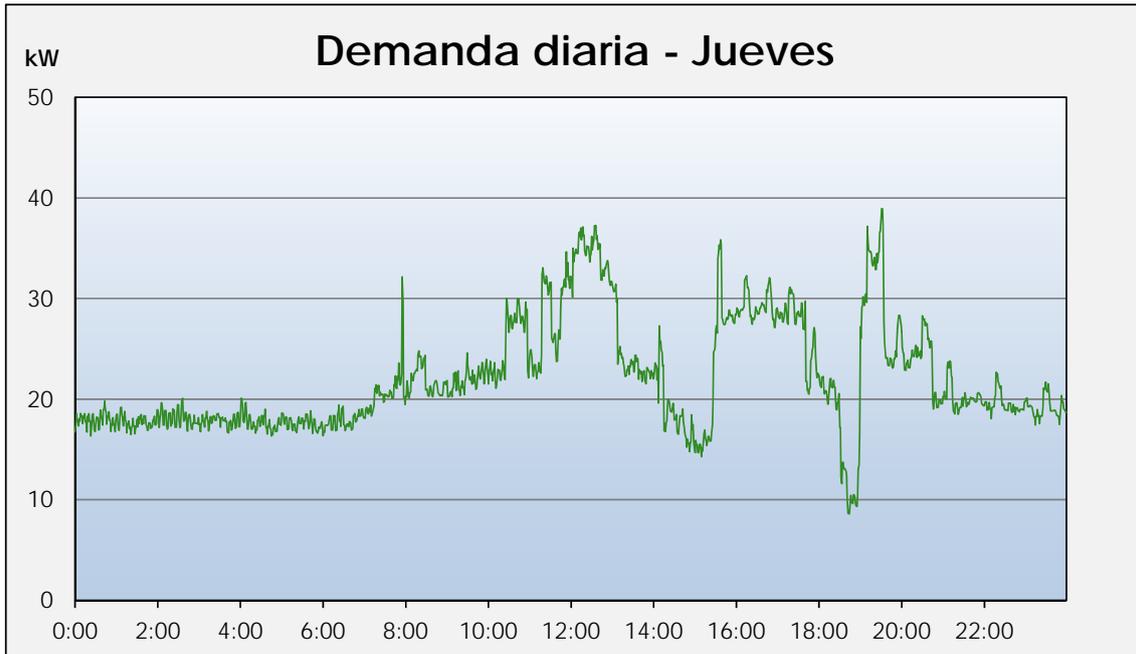
- El perfil de demanda de potencia eléctrica del centro es similar de martes a sábados ya que el centro permanece abierto toda la jornada, cambiando de perfil el resto de días de la semana.
- La demanda mínima del centro es de 5 kW y la máxima en el periodo de medida es de 47kW, correspondiente a la temporada hibernal, ya que en el apartado de análisis de la contratación de suministro eléctrico se observan máximos de 65kW en la temporada estival.
- Las mayores demandas de potencia coinciden con las horas de actividad del edificio, sin embargo durante las horas nocturnas la demanda de potencia es también significativa (17kW) debido a la iluminación exterior.

Para analizar mejor el perfil de demanda eléctrica del edificio, se muestran a continuación las curvas diarias de un día de apertura durante toda la jornada laboral y un domingo. Para observar mejor el comportamiento del centro, se presenta el primer lugar el análisis del domingo:



Gráfica 4. Curva de demanda eléctrica día de cierre parcial

- En la presente gráfica se puede detectar claramente el horario y demanda del funcionamiento de la iluminación exterior del castillo. El alumbrado exterior se enciende durante la noche gracias al reloj astronómico (en el momento de la auditoría de 19:00 a 8:00) con una demanda de 12 kW.
- Observando la demanda la potencia instalada en la iluminación del patio del castillo (3kW) se deduce que este **punto de suministro** alimenta también **alumbrado público de los alrededores** del mismo.
- La demanda de potencia fuera del horario de funcionamiento del edificio es de alrededor de los 5 kW y representa el 25% del consumo de la carga base del centro (20kW). Se recomienda identificar estos consumos y reducirlos en manera de lo posible.
- Se observa que los domingos el centro abre sus puertas de 11:00 a 13:30 considerándose la demanda debida a la iluminación y a la climatización de las salas y en la capilla.



Gráfica 5. Curva de demanda eléctrica día laboral

- De las conclusiones obtenidas en la gráfica anterior, la demanda constante del centro durante la madrugada es debido a la iluminación exterior y al alumbrado público.
- Se identifica un aumento de la demanda al comienzo de la jornada laboral a las 8h00, observándose un gran incremento a partir de las 10:00, cuando se abre al público el museo.
- Igualmente, la demanda desciende de 13:30 a 15:30 ya que el museo cierra sus puertas.
- Diariamente se identifica una demanda de 15kW a las 19:00 de la tarde, debidas probablemente a actividades en la capilla o en el baluarte.

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.
- 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	Tipo de interior, tarea y actividad	Iluminación Recomendada (lux)
5.1.1	Áreas de circulación y pasillos	100
5.1.2	Escaleras	100

Tabla 9. Iluminancias recomendables según UNE-EN 12464-1.

Los resultados de todas las mediciones realizadas son:

Zona	Tablas UNE EN 12464	Iluminancia media (lux)	Iluminancia recomendada (lux)
Hall	5.1.1	150	100
Sala 1	-	37	-
Escaleras	5.1.2	82	100
Planta 1º Sala 1	-	145	-
Planta 1º Sala 2	-	166	-
Hall (Museo Llar)	5.1.1	172	100
Sala 1 (Museo Llar)	-	152	-

Tabla 10. Verificación nivel iluminación

Se concluye que los niveles de iluminación del centro se encuentran acorde a la norma. La iluminación en las salas de exposición no puede evaluarse ya que ésta se determina por los requisitos de presentación y la protección contra la radiación dañina.

4.2.2. Potencia máxima instalada

Uno de los indicadores de eficiencia energética que establece en el Código Técnico de la Edificación (CTE) el documento DB-HE-3: *Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación*, es la potencia máxima instalada (W/m²).

Pot. Instalada (kW)	Superficie (m ²)	Zona de actividad	Pot. Máx Recomendada W/m ²	Pot. Máxima W/m ²
21,20	4.087	Otros	10	5

Tabla 11. Potencia en iluminación interior del centro

Se observa que la potencia máxima instalada se encuentra por debajo de la indicada, gracias principalmente a la reducida iluminación necesaria en el centro, ya que como se ha comentado, la tecnología lumínica empleada en el centro no se considera de alta eficiencia.

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°C.
- La temperatura del aire en los recintos refrigerados no será inferior a 26°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 ambiente °C	Humedad HR%
Hall	20,9	62,4
Sala 1	22,4	59,2
Escaleras	21,8	58,0
Planta 1º Sala 1	23,0	55,0
Planta 1º Sala 2	23,2	50,6
Hall (Museo Llar)	21,2	62,3
Sala 1 (Museo Llar)	22,3	61,2

Tabla 12. Medidas temperatura y humedad

Las mediciones muestran que en parte de las salas las temperaturas siguen las directrices indicadas en el RITE para cumplir con los criterios de eficiencia energética, ya que se encuentran en torno a los 21°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%.

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	178.095	15,3	27.414	58,9

Tabla 13. Resumen consumo energético anual entre agosto 2016 y julio 2017
*impuestos eléctricos incluidos / iva no incluido



Imagen 17. Transformador eléctrico

5.1. Contratación de suministro eléctrico

El centro cuenta con un suministro eléctrico conectado a la red de alta tensión mediante un transformador con una tarifa 3.1A de acceso a la red eléctrica, con tres periodos tarifarios y las siguientes potencias contratadas:

Titular	AJUNTAMENT DE SANTA POLA	Tarifa de acceso	3.1A
Dirección punto de suministro	Plza CASTILLO, 1-5	Potencias Contratadas	
CUPS	ES0021000011104994BQ	P1	50
Comercializadora	IBERDROLA CLIENTES	P2	52
Distribuidora	IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELECTRICA S.A	P3	140

Tabla 14. Resumen características contrato eléctrico

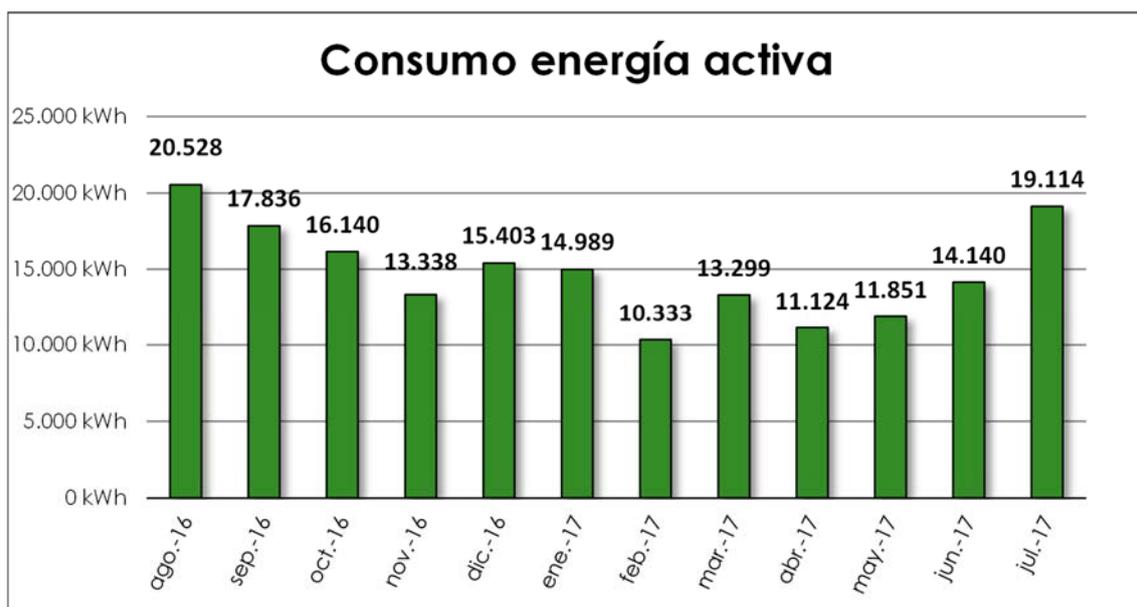
Es importante tener en cuenta que en el estudio de este suministro se ha detectado que este **mismo punto** alimenta tanto las instalaciones del **museo**, como el **alumbrado público** de los alrededores del mismo.

En la siguiente imagen, se observa que el 78% de la energía consumida en este punto de suministro se emplea en las instalaciones del museo.



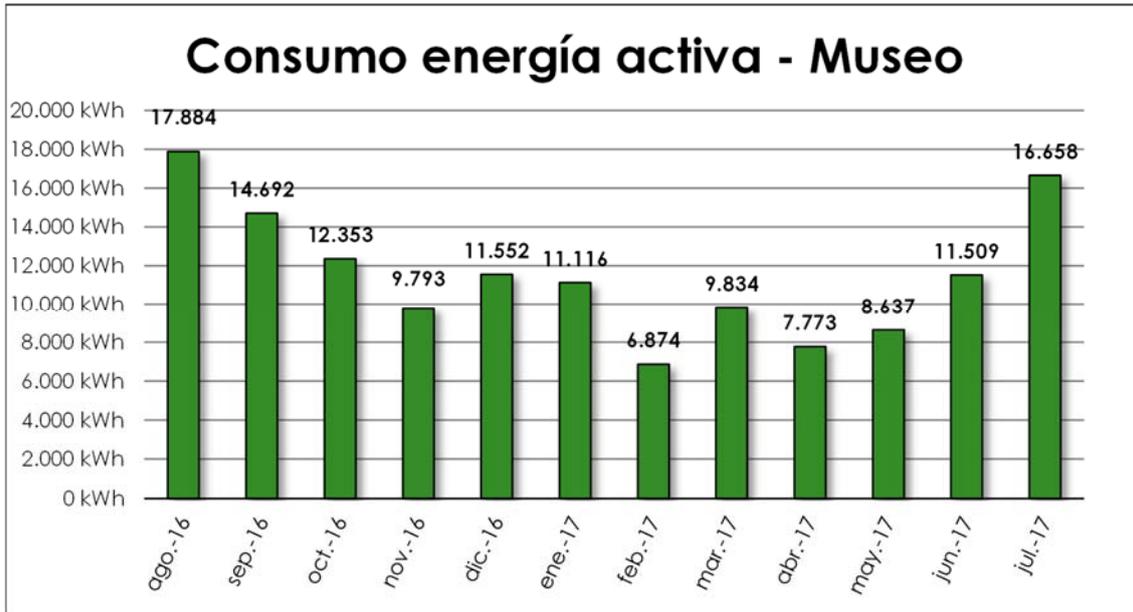
Gráfica 6. Distribución de consumo del punto de suministro

En la siguiente gráfica se muestra la evolución del consumo de energía activa total suministrada (kWh) a lo largo del periodo de referencia, siendo el consumo medio mensual de 14.841 kWh/mes.



Gráfica 7. Consumo eléctrico mensual de los 12 meses auditados – punto de suministro

No obstante, eliminado de estos valores mensuales el consumo del alumbrado público, se obtiene la siguiente gráfica de la evolución del consumo de energía activa (kWh) del museo a lo largo del periodo de referencia. Con un consumo medio mensual de 11.556 kWh/mes y anual de 138.675 kWh/año.



Gráfica 8. Consumo eléctrico mensual de los 12 meses auditados – Museo

Los meses con una mayor severidad climática son los de mayor consumo eléctrico en el centro, destacando los meses de julio y agosto en verano, y el mes de diciembre en invierno.

Los horarios de facturación de los periodos de la tarifa de acceso contratada 3.1A son:

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

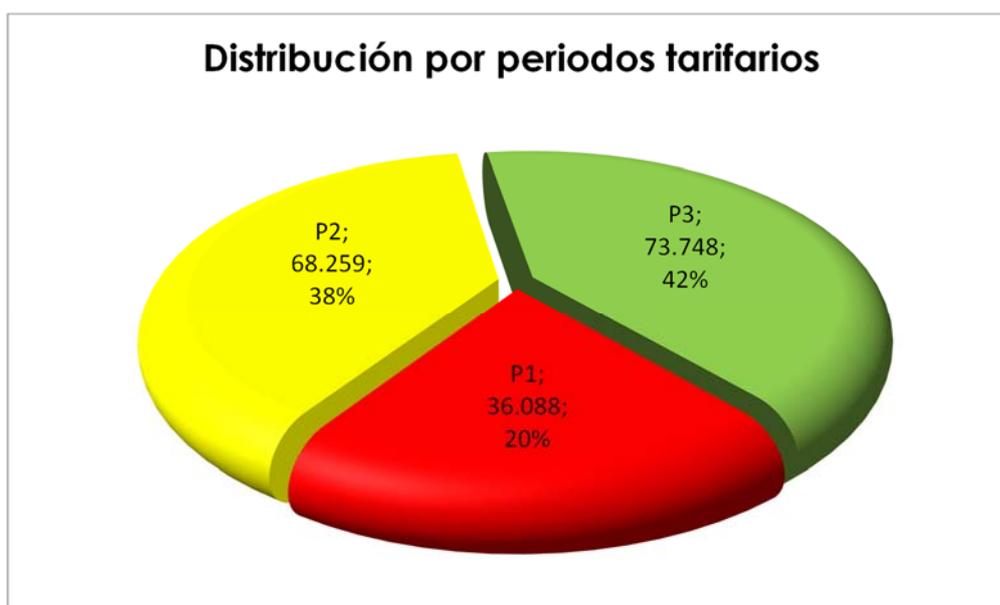
Imagen 18. Gráfico de la distribución horaria de los periodos tarifarios de la tarifa 3.1ª

Los consumos de energía activa (kWh) mensuales registrados durante el periodo de referencia, fueron los siguientes:

Mes	Consumo energía activa (kWh)			
	P1	P2	P3	Total
ago.-16	3.958	8.208	8.362	20.528
sep.-16	3.667	6.890	7.279	17.836
oct.-16	3.326	6.141	6.673	16.140
nov.-16	2.592	5.274	5.472	13.338
dic.-16	3.313	5.635	6.455	15.403
ene.-17	3.154	5.498	6.337	14.989
feb.-17	2.097	3.944	4.292	10.333
mar.-17	2.669	5.052	5.578	13.299
abr.-17	1.855	4.098	5.171	11.124
may.-17	2.369	4.333	5.149	11.851
jun.-17	3.288	5.331	5.521	14.140
jul.-17	3.800	7.855	7.459	19.114
Total	36.088	68.259	73.748	178.095

Tabla 15. Consumos de energía activa (kWh) desglosados por mes y periodo de facturación.

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



Gráfica 9. Distribución del consumo eléctrico anual por periodos tarifarios.

El mayor consumo eléctrico se realiza en el periodo tarifario P3, de 00h00 a 8h00, ya que se debe considerar el alumbrado público asociado a este suministro.

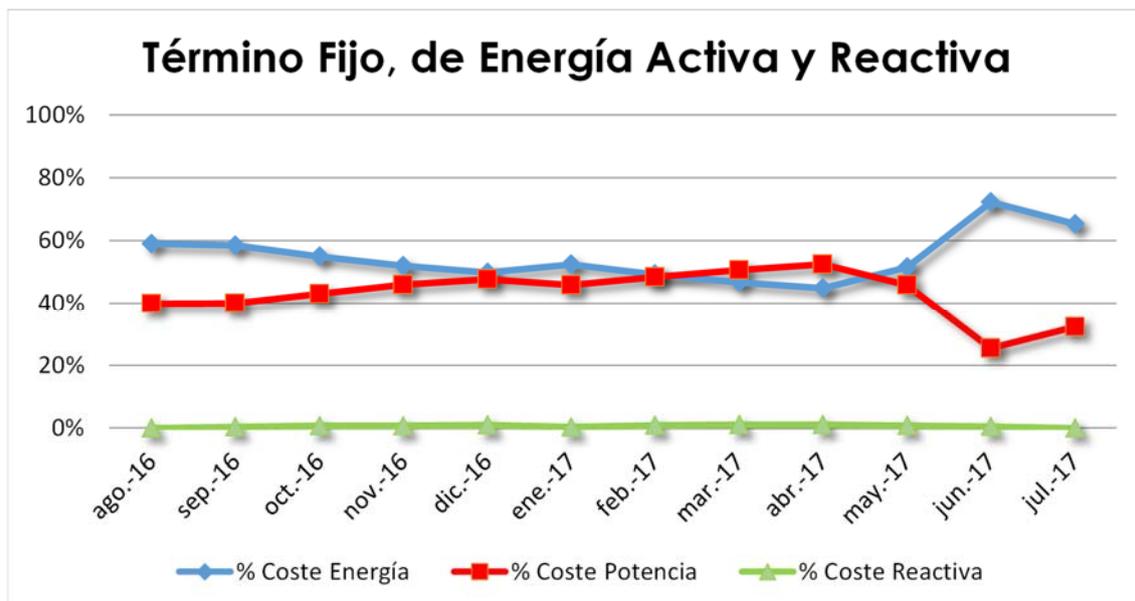
Conocer la distribución del consumo eléctrico anual es importante para negociar el precio con las comercializadoras de energía, pues permite identificar los mejores precios para cada periodo tarifario.

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

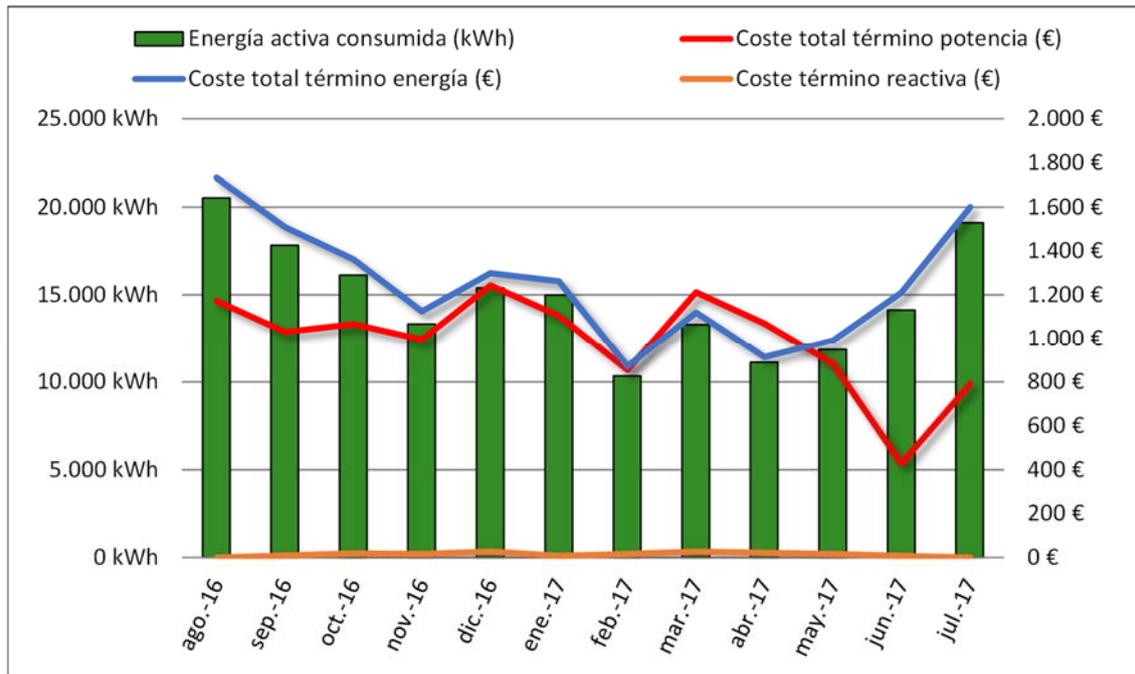
Término de Facturación	Coste anual €/año	Coste anual %
Término de Energía Activa	15.002	55%
Término de Potencia	11.857	43%
Término de Reactiva	168	1%
Otros conceptos	387	1%
Total Anual	27.414	100%

Tabla 16. Coste de los diferentes términos de la facturación eléctrica periodo facturación

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



Gráfica 10. Porcentaje mensual del coste de energía y potencia de la facturación eléctrica.



Gráfica 11. Consumo energía vs costes en la facturación eléctrica.

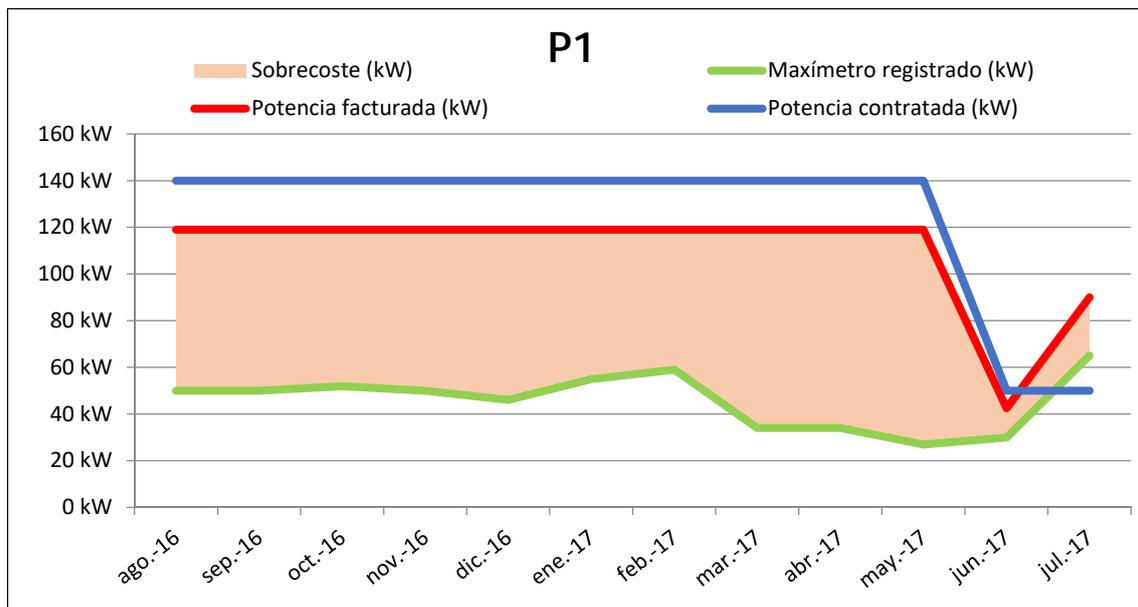
Como resumen del coste del término de energía mensual para el periodo de referencia se tiene:

Mes	Consumo energía activa kWh	Coste Energía €	Precio medio energía c€/kWh
ago.-16	20.528	1.733,57	8,44
sep.-16	17.836	1.508,81	8,46
oct.-16	16.140	1.362,41	8,44
nov.-16	13.338	1.125,28	8,44
dic.-16	15.403	1.299,02	8,43
ene.-17	14.989	1.262,69	8,42
feb.-17	10.333	872,15	8,44
mar.-17	13.299	1.120,19	8,42
abr.-17	11.124	914,12	8,22
may.-17	11.851	991,81	8,37
jun.-17	14.140	1.211,50	8,57
jul.-17	19.114	1.600,18	8,37
Total	178.095	15.002	8,42

Tabla 17. Resumen mensual del consumo y coste eléctrico

El precio medio del término de energía en el periodo de referencia auditado ha sido de 0,0842 €/kWh.

Respecto al término de potencia, se ha podido comprobar, que representa una media del 43% del coste anual. Las tarifas de acceso 3.1A 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 las siguientes gráficas se muestra la diferencia entre las potencias máximas registradas, y las potencias contratadas, en el periodo de referencia.

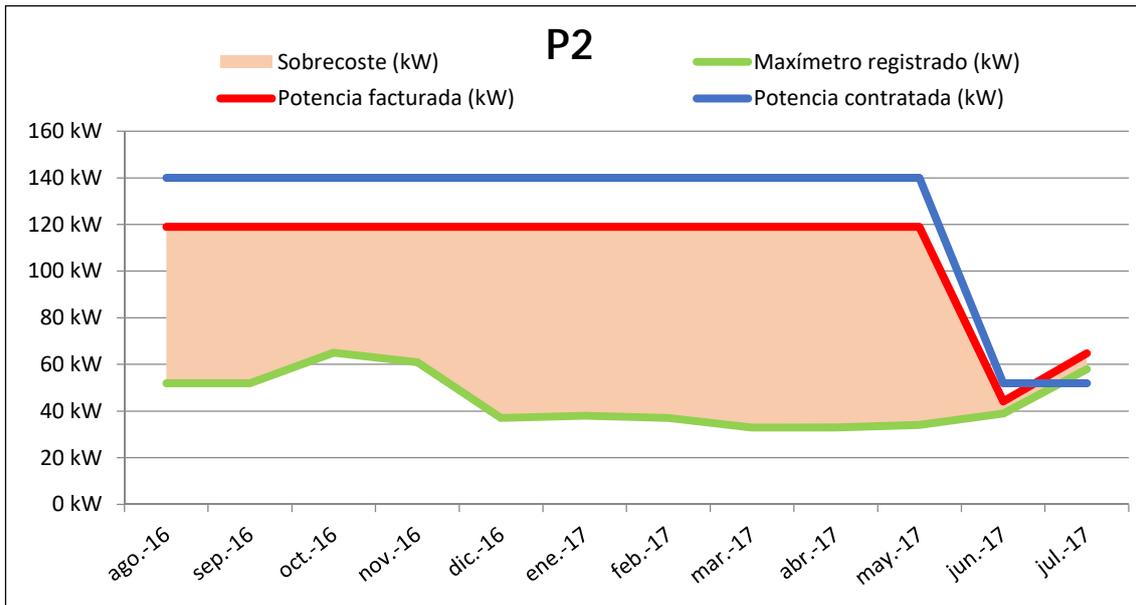


Gráfica 12. Sobrecostes de potencia registrados en el periodo P1

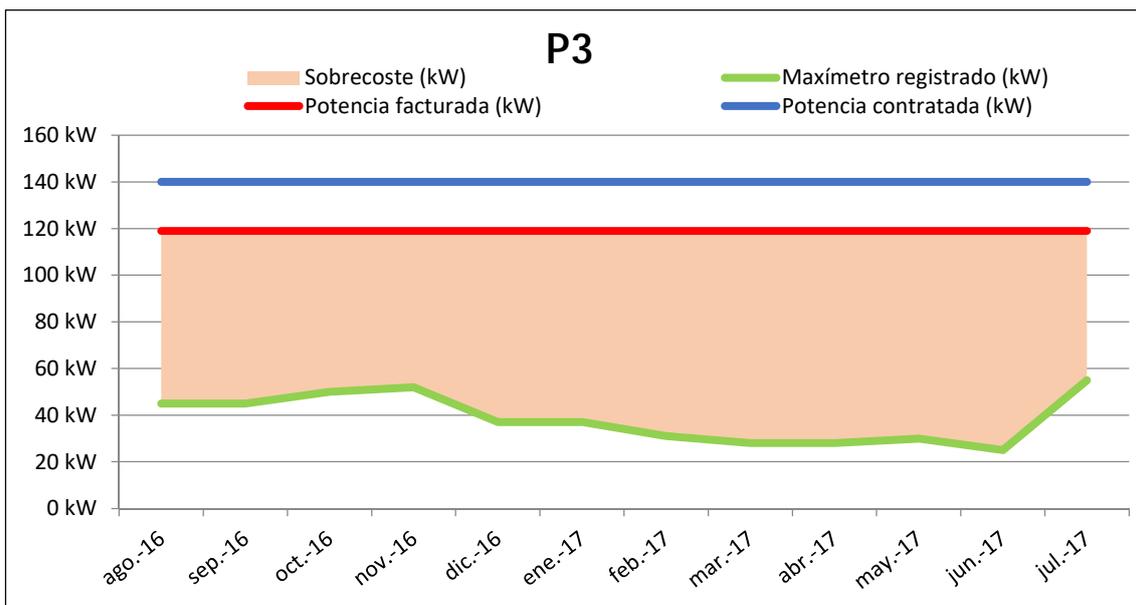
Como se observa, el coste fijo mensual varía considerablemente en el mes de mayo ya que se realizó una optimización de la potencia contratada.

Anteriormente la potencia contratada en todos los periodos era de 140 kW, generando sobrecostes en la facturación del término de potencia. Por lo que actualmente se considera que la potencia contratada es la óptima, siendo a partir de mayo 2017 50kW en P1, 52kW en P2 y sin cambios en 140 kW en P3.

Como se ha observado, 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, por lo que recomienda seguir revisando los costes con las nuevas potencias contratadas del suministro eléctrico.



Gráfica 13. Sobrecostes de potencia registrados en el periodo P2

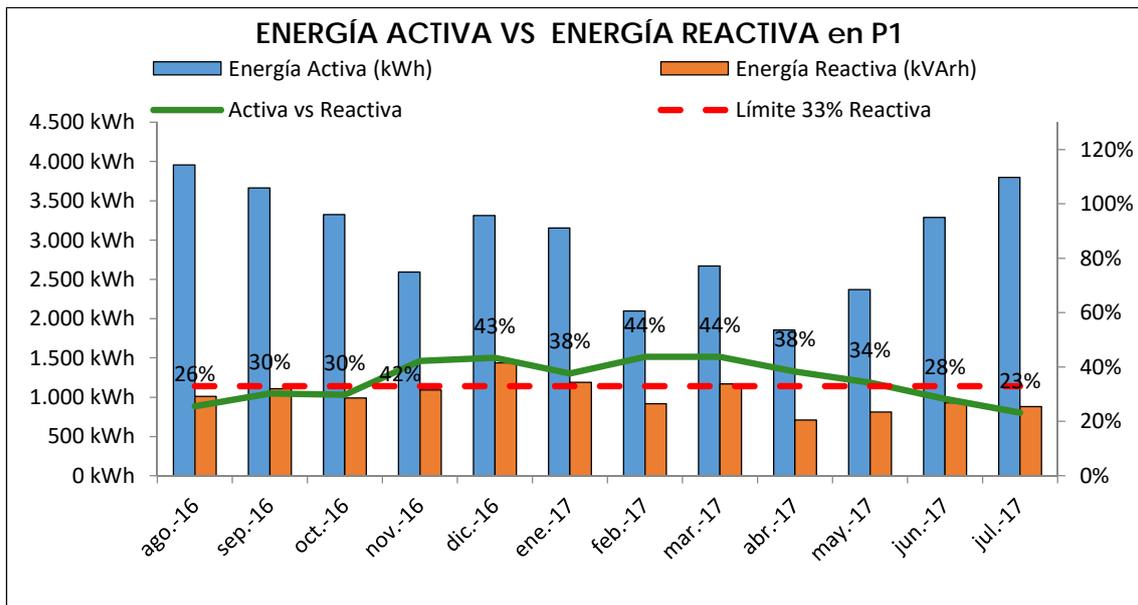


Gráfica 14. Sobrecostes de potencia registrados en el periodo P3

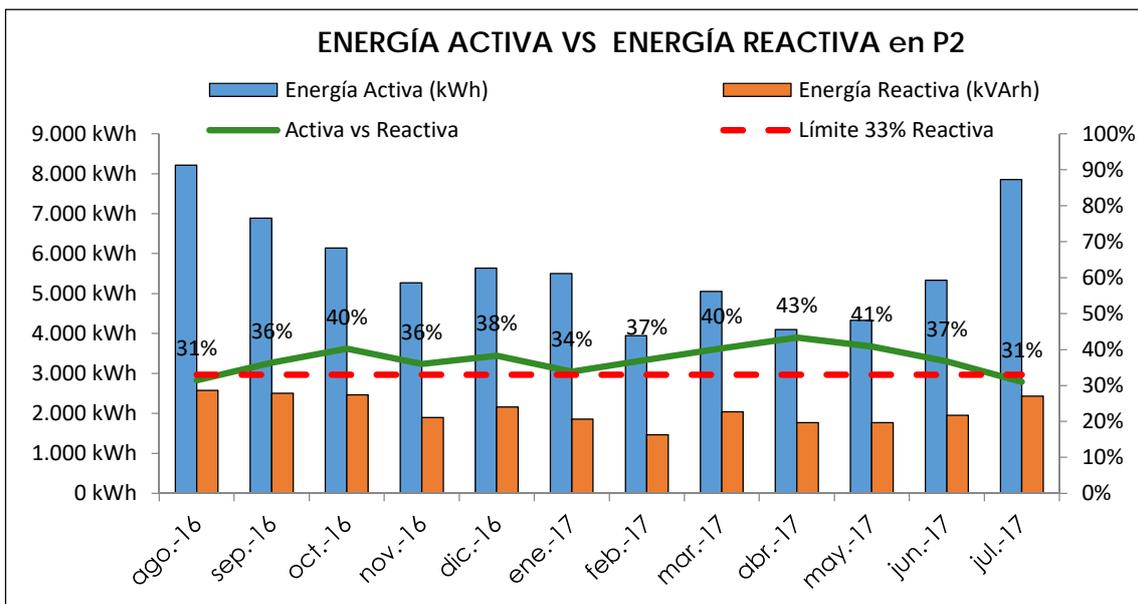
En el periodo P3 la potencia contratada queda muy por encima de la demanda, sin embargo, habitualmente no se recomienda disminuir esta potencia contratada ya que lleva asociada la pérdida de derechos de acometida.

Por último, en el análisis del consumo de energía eléctrica, se ha identificado un leve exceso de energía reactiva (kVArh), reflejada en la facturación con una penalización anual de 168,42 € al superar los meses menos calurosos el límite establecido en todos los periodos (33% de la energía activa). Hay que destacar que, el periodo P3 no penaliza por excesos de energía reactiva.

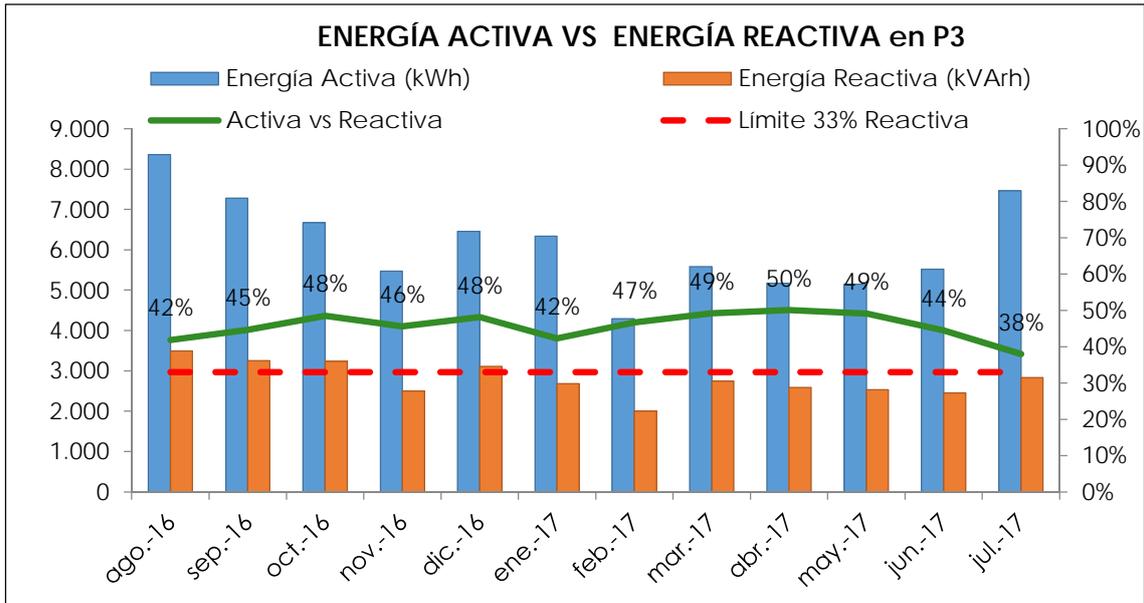
En las siguientes gráficas se puede observar este límite marcado en rojo.



Gráfica 15. Consumo de energía reactiva (kVArh) vs energía activa (kWh)



Gráfica 16. Consumo de energía reactiva (kVArh) vs energía activa (kWh)



Gráfica 17. Consumo de energía reactiva (kVArh) vs energía activa (kWh)

Se recomienda controlar el consumo de energía reactiva e instalar una batería de condensadores para evitar la penalización por excesos de energía reactiva si este coste aumentara.

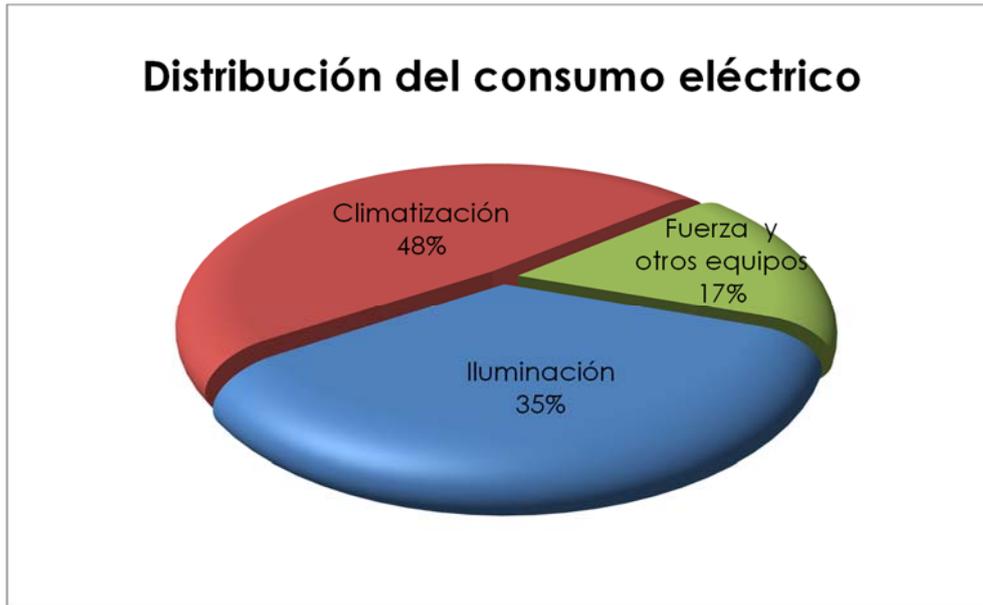
5.2. Distribución de consumos energéticos.

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	48.468	35%
Climatización	66.818	48%
Fuerza y otros equipos	23.389	17%
TOTAL	138.675	100%

Tabla 18. 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 48% del consumo global debido al elevado número de equipos y salas a climatizar mientras el centro se encuentra abierto. La instalación de iluminación es el segundo mayor consumidor de energía con un 35% del consumo global.



Gráfica 18. Distribución del consumo energético anual

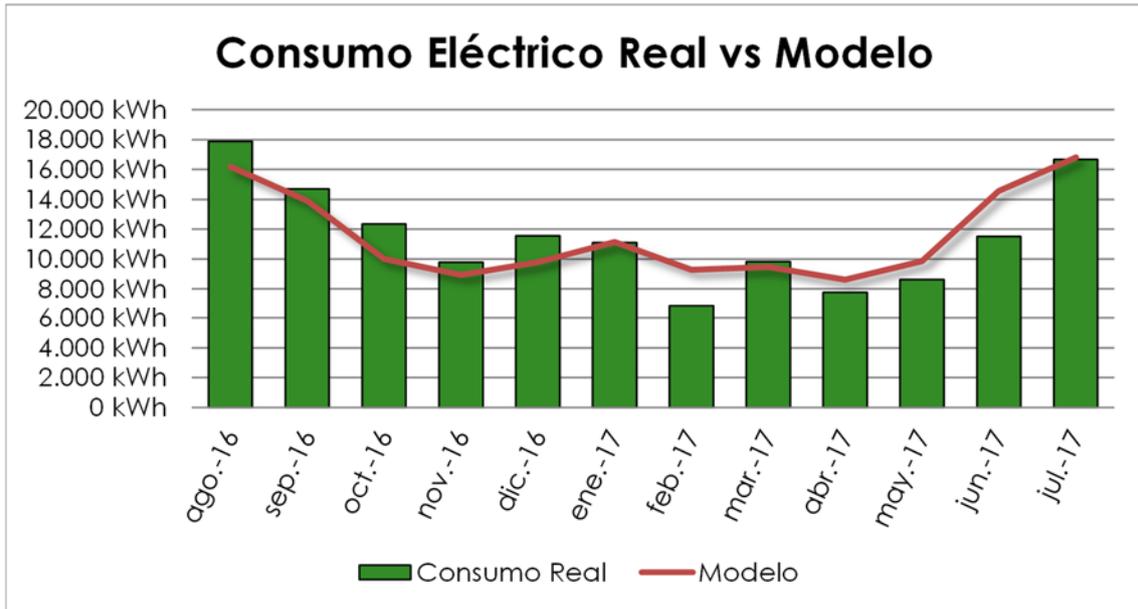
5.3. Modelo energético consumo eléctrico

Para la obtención del modelo energético del consumo de energía eléctrica del museo, se tiene en cuenta la variación de las condiciones climáticas en la ubicación del centro. 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 el consumo eléctrico mensual y los HDD y CDD obtenidos para la ubicación del centro:

$$\text{kWh eléctricos mes} = 49,2 * \text{CDD (mensuales)} + 21 * \text{HDD (mensuales)} + 5.988$$

Como se puede apreciar en el siguiente gráfico, el consumo obtenido mediante el modelo es muy similar al consumo eléctrico real observándose consumos superiores a lo esperado los meses de agosto, septiembre y octubre y observándose un consumo muy reducido durante el mes de febrero.



Gráfica 19. Comparativa consumo eléctrico real – modelo

La constante 5.988 kWh representa el consumo fijo mensual del centro, independiente de las condiciones climatológicas.

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 consumo en edificios, es el consumo específico por superficie.

	Consumo anual kWh/año	Superficie útil m ²	Consumo por superficie útil kWh/m ²
Electricidad	138.675	4.087	34

Tabla 19. 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	48.468	4.087	12
Climatización	66.818		16

Tabla 20. 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 0,0842€/kWh (impuesto eléctrico incluido)

En el periodo de retorno de las inversiones se ha tenido 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:

- Instalación paulatina de iluminación con tecnología LED.
- Control iluminación exterior mediante reloj astronómico.
- Equipos de expansión directa *inverter*.
- Cortinas de aire en las puertas de acceso al centro.

7.3. Medidas de ahorro y eficiencia energética

7.3.1. Sustitución luminarias interiores y exteriores por tecnología LED

7.3.1.1. Situación actual

Actualmente, según la información analizada en el presente informe, se obtiene que las lámparas existentes en el centro son principalmente de tecnología convencional. Se ha observado que la mayor parte de las lámparas son halógenas (55%) quedando en segundo lugar las lámparas fluorescentes (12%).

A pesar de encontrarse parte de las lámparas reemplazadas por lámparas de tecnología LED, su representación es muy reducida respecto al resto de tipologías de menor eficiencia energética.

7.3.1.2. Mejora a implementar

Con la finalidad de reducir la potencia instalada y el consumo eléctrico de iluminación en el edificio, se proponen a continuación la sustitución de las actuales lámparas convencionales por lámparas de tecnología LED equivalentes en prestaciones lumínicas.

En el caso de los proyectores exteriores es necesario el reemplazo completo, no tan sólo la lámpara que contiene, ya que las necesidades de disipación de calor de las lámparas LED, requiere el uso de su propia luminaria adaptada. Otra de las razones del reemplazo del grupo óptico de las luminarias es la posibilidad de colocación del driver-controlador de las lámparas LED que permite regular su funcionamiento.

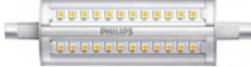
SUSTITUCIÓN	
TUBO LED	
LED SPOT	
PROYECTOR LED	
LED LINEAL	
BOMBILLA LED	

Imagen 19. Luminarias con lámparas LED propuestas

Un cambio de estas lámparas a la tecnología LED 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 demandas 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 90-120 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.

Con las modificaciones propuestas, la potencia eléctrica instalada disminuiría en más de un 50%.

7.3.1.3. Ahorro energético y económico

En el periodo de retorno de la inversión se tiene en cuenta el ciclo de vida de la instalación, a fin de considerar 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 entre 5.000 y 16.000 horas en función de su tecnología, 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	26.063	8,6	2.195	9.301	4,2	3,7

Tabla 21. Resumen MAE Sustitución luminarias exteriores a tecnología LED

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 presente 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 periodo 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. Renovación futura del sistema de climatización

La instalación de climatización de las salas de exposición está formada por múltiples splits que se controlan de manera manual estableciendo la temperatura consigna para cada una de las unidades interiores desde cada estancia.

En el momento que se plantee una renovación de estos equipos, se propone la centralización de la instalación de climatización con un sistema VRV (Volumen de Refrigerante Variable) que permita su control de manera centralizada y que dispone de un sistema de control avanzado que permite que la unidad

exterior conozca en todo momento el número de unidades interiores en funcionamiento y adapte el sistema según convenga, haciendo funcionar solo un módulo exterior, dos o los necesarios, incluso se llega a detener todo el sistema si no hay ningún equipo interior funcionando, reduciendo el consumo en el centro.

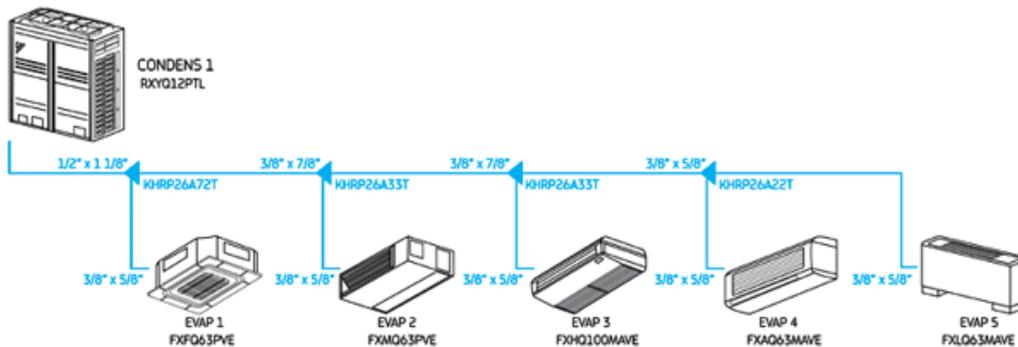


Imagen 20. Instalación Volumen de Refrigerante Variable

Además, todos los sistemas VRV cuentan siempre con al menos uno de sus compresores *inverter*, de forma que pueden modular la generación térmica y adaptarla perfectamente a la demanda sin necesidad de depósitos de inercia ni otros elementos intermedios que siempre suponen pérdidas.

Para sustituir las instalaciones existentes por una nueva más eficiente, se propone realizar:

- El estudio de carga de las diferentes estancias y de las diferentes zonas climatizadas.
 - Estudiar la necesidad de climatización y tecnología más eficiente para climatizar zonas altas como el hall o la escalera renacentista, ya que debido a la estratificación térmica del aire, la consigna de estos equipos es de 25°C mientras que la temperatura medida en la sala es de 21°C.
 - Debe tenerse en cuenta que por cada grado de temperatura que se modifique la consigna aproximándola a la temperatura exterior se obtiene un ahorro en torno a un 8% en el consumo destinado a climatización.
- Realizar análisis de estrés térmico de las diferentes zonas a tener en cuenta en la nueva propuesta.
- Revisar la viabilidad de instalación las diferentes soluciones tecnológicas.

7.4.2. Puesta en marcha de la instalación de energía solar fotovoltaica

Actualmente la demanda de energía se abastece mediante el suministro de energía procedente de la red de distribución eléctrica. Además, como se ha comentado a lo largo del informe, el consumo en el centro es permanente durante todo el año. Este suministro tiene una potencia contratada máxima de 140 kW y el consumo total durante el periodo de referencia del museo ha sido de 138.149 kWh.

Se propone la implantación de una instalación solar fotovoltaica en la cubierta, en la que la energía producida será consumida por la propia instalación. Es una instalación que es recomendable plantear en este tipo de instalaciones por los siguientes motivos:

- Prácticamente la totalidad de la energía será autoconsumida, lo cual hará la instalación más rentable económicamente y una vez amortizada, reduciría el coste de la energía.
- El centro se encuentra en una ubicación apropiada para este tipo de instalaciones debido al gran número de horas de sol en España.
- Se da un momento en el que los costes de la fotovoltaica se han reducido considerablemente.
- El marco legislativo actual permite dicho tipo de instalaciones.

El planteamiento expuesto es un cálculo preliminar para poder conocer los órdenes de magnitud de la instalación posible y los ahorros que se pueden llegar a obtener, pero existen una serie de aspectos que deberán desarrollarse en detalle, en caso de considerar la medida y que no se contemplan en la presente propuesta (categoría del edificio, cálculo de estructuras, tipo de conexión a la red, legalización, etc.).

En la siguiente estimación se ha considerado una instalación solar fotovoltaica de silicio poli-cristalino de 88 kWp, con la inclinación óptima para la ubicación (35°), que ocupará una superficie aproximada de 584 m², dicha superficie dependerá de la orientación e inclinación de la cubierta, así como de la separación entre filas de paneles solares.

La potencia pico (kWp) se ha seleccionado en base a la superficie disponible, la energía consumida y la potencia contratada en el centro (de forma que la instalación fotovoltaica esté siempre por debajo y se consuma toda la energía producida).

Se ha estimado una superficie útil total de cubierta de 2.000 m²; con lo que la instalación solar fotovoltaica ocupará aproximadamente un 29% de la superficie total de la cubierta. Como se comentaba, previo a la realización de la instalación se debe realizar un análisis estructural de la cubierta, así como un es-

tudio sobre la inclinación y orientación óptima para determinar el número de paneles máximos que se pueden instalar.

La inversión de esta instalación ronda 96.360 € considerando los módulos fotovoltaicos, los inversores necesarios, la estructura de soporte, el cableado, la mano de obra y los proyectos y seguimiento de trámites administrativos.

Esta propuesta de mejora quedaría descartada a realizar a corto plazo dado que el periodo de retorno se eleva a 8-10 años teniendo en cuenta el precio medio anual del término de energía y que el ahorro medio anual de la instalación se estima en 138.408 kWh considerando 1.580 HSP (Horas Solares Pico, fuente: PVGIS).

7.4.3. 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 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 se-

rán 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.).

7.5. 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						
Sustitución Luminarias a LED	26.063	8,6	2.195	9.301	4,2	3,7
Total	26.063	8,6	2.195	9.301	4,2	3,7

Tabla 22. Resumen MAEs

Estas mejoras supondrían un ahorro de energía eléctrica del 19% respecto al periodo de referencia auditado.

Consumo energético (kWh/año)	138.675
Ahorro Energético (kWh/año)	26.063
Ahorro Energético (%)	19%

Tabla 23. Resumen de ahorros energéticos previstos con las mejoras

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 Museo del Mar**, ubicado en el Castillo-Fortaleza de Santa Pola desarrollada por Eurocontrol, **se ha desarrollado conforme a las exigencias establecidas en el Real Decreto 56/2016**.

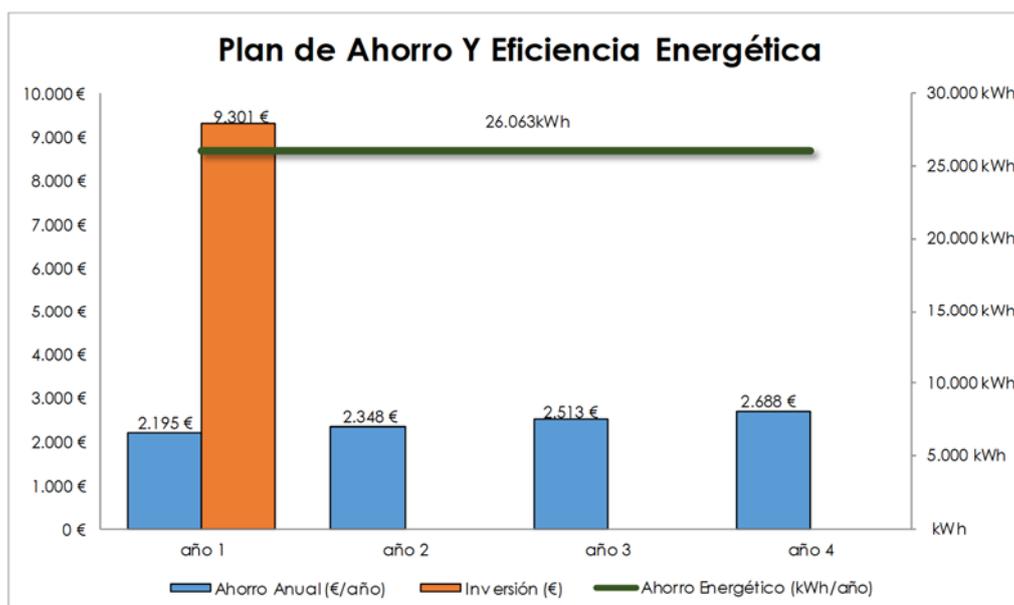
Para ello se incluye entre otros el análisis del estado energético del edificio, la definición de indicadores y modelo energético, y el desarrollo de las Medidas de Ahorro y Eficiencia aplicables.

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 desde agosto 2016 a julio 2017 inclusive.

Como resultado del análisis de todos los datos recogidos en la auditoría energética del centro, se han desarrollado **1 Medida de Ahorro y Eficiencia Energética prioritaria**. 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 19%.
- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la actividad del centro en un 19%.
- Reducir los costes energéticos del suministro eléctrico en 8% (2.195€).

Para la implantación de estas medidas de mejora es necesario realizar una **inversión de 9.301€**, que quedaría retornada en un periodo en torno a 4 años.



Gráfica 20. 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 una 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.**