

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06






INFORME

AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA

(Teatro Municipal)

Nº OFERTA	CO_1306
Nº INFORME	IN_1306_04_20151204

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.....	6
1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS.....	7
1.4.1 Producción de ACS	8
1.4.2 Producción de frío y calor para climatización	11
1.4.3 Distribución - Grupos de bombeo	14
1.4.4 Unidades Terminales.....	17
1.5 Iluminación.....	23
1.5.1 Iluminación interior	24
1.5.2 Iluminación exterior	25
1.5.3 Sistemas de control	26
1.5.4 Condiciones de funcionamiento.....	26
1.6 Otros equipos	27
1.7 Resumen de potencias instaladas	30
2. CONSUMOS ANUALES.....	31
2.1 Consumos eléctricos	31
2.2 Consumos térmicos.....	34
2.3 Consumos energéticos totales	34
2.4 Índices energéticos.....	34
2.4.1 Índices energéticos eléctricos	34
2.4.2 Índices energéticos térmicos.....	34
3. MEDICIONES REALIZADAS	35
3.1 Medidas eléctricas.....	35
3.1.1 Registros trifásicos	35
3.1.2 Registros monofásicos.....	38
3.2 Medida de nivel de iluminación	40
3.3 Medidas térmicas.....	41
3.3.1 Registradores de temperatura y humedad	41
3.4 Análisis termográfico.....	44
3.5 Certificación energética	44
4. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO	45

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

4.1	Desglose de consumos eléctricos.....	45
4.2	Desglose de consumos térmicos	47
4.3	Contribución de energías renovables	47
5.	ACTUACIONES PROPUESTAS	48
5.1	Sustitución de iluminación existente por tecnología LED	48
5.2	Ajuste de la potencia eléctrica contratada	50
6.	MEJORAS RECOMENDADAS	52
6.1	Sistemas de regulación y control de la iluminación interior	52
6.2	Implantación de un sistema de monitorización y control.....	54
7.	PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES	56
7.1	Energía solar térmica.....	56
7.2	Biomasa	56
7.3	Fotovoltaica - Autoconsumo	56
8.	RESUMEN	57

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y RESUMEN DE INVENTARIO

1.1 Datos generales del centro

Denominación del Centro	TEATRO CIUDAD DE MARBELLA
Dirección	Plaza de Ramón Martínez, 3
Tipo de edificio	Edificio cultural
Persona de Contacto (Nombre, tlf, email)	Jose Antonio Lara (Conserje) Tlf:- 619 043 299 Rafael Pineda (Director Área Técnica) Tlf.- 649 947 384
Número de edificios	1

Tabla 1 Resumen datos generales

Las instalaciones del **Teatro Municipal** que se han auditado se encuentran situadas en la **Plaza de Ramón Martínez** en la localidad de **Marbella**.



Imagen 1 Vista general del Teatro Municipal

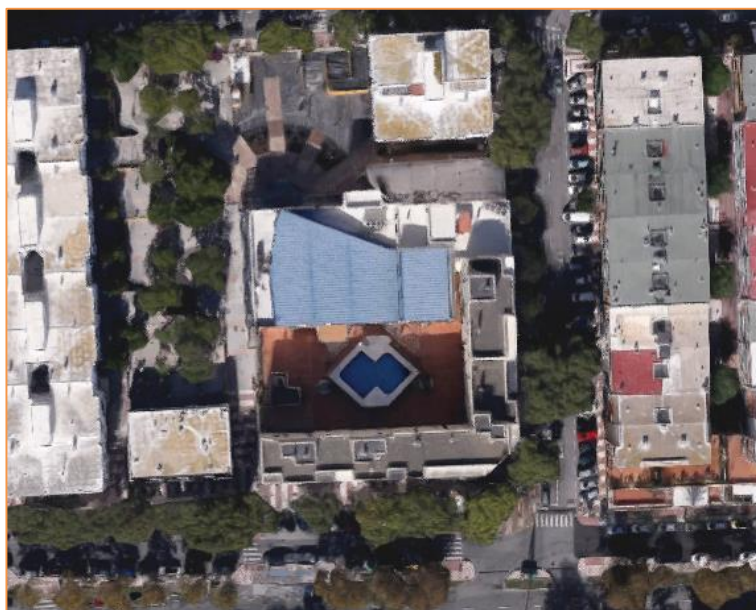


Imagen 2 Vista aérea del Teatro Municipal

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL		1306
			04
			Rev.06

EDIFICIO	Nº plantas	Superficie Útil. (m²)	Nº personas	Horario	Año de construcción	Año última reforma	Reformas realizadas
Teatro Municipal	5	2740,62	Aforo 487 personas	Variable	1999	2012-2013	Reforma Distribución Camerinos

Tabla 2 Resumen de horario, usos y datos constructivos

Teatro municipal	Ocupación	Horario de funcionamiento
Despachos y zonas de Recepcion	3	10:00-14:00; 17:30-21:00
Escenario	Variable	Variable
Zona de butacas	Variable	Variable

Tabla 3 Ocupación y horario por zonas y actividades del Edificio

El uso y ocupación del edificio es variable ya que la ocupación y el horario de uso es proporcional a las obras, ensayos y demás derivados de las funciones o de la Coral.

1.2 Planos y distribución

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

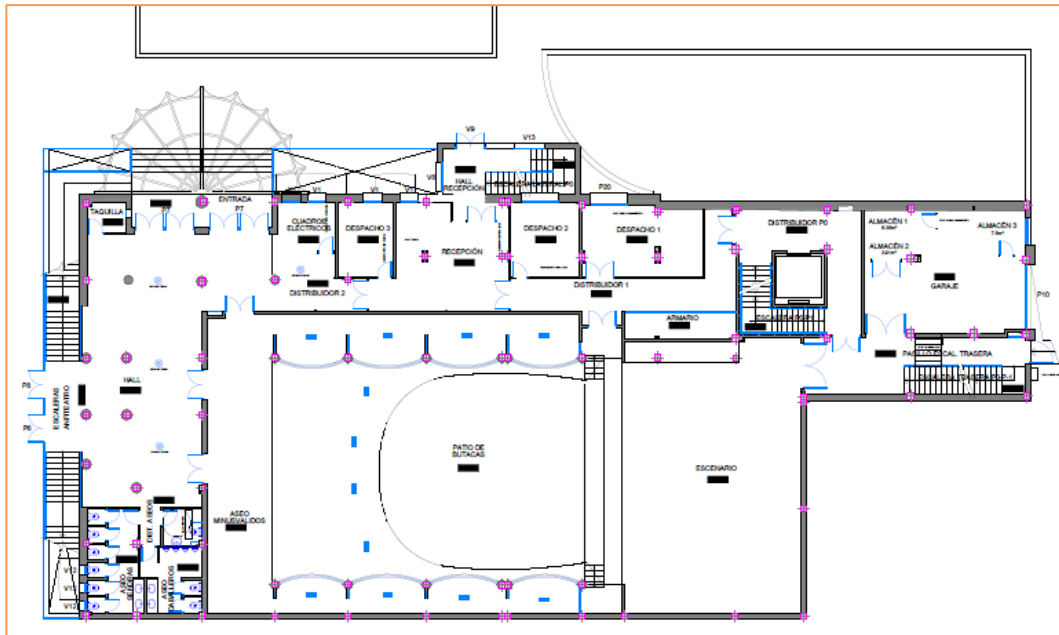
USO	Planta 0 (m²)	Planta 1 (m²)	Planta 2 (m²)	Planta 3 (m²)	Planta -1 (m²)	Sup. Total (m²)
Administrativo	89	--	--	--	--	89
Aseos	29	36	--	--	45	110
Aulas	--	--	117	--	119	236
Cocina-comedor	--	14	--	--	--	14
No habitable	--	98	124	16	36	273
Otros	494	142	34	--	--	670
Usos múltiples	73	--	--	--	318	391
Vestuarios	--	102	--	--	32	134
Zonas comunes	251	274	52	81	165	824
Sup. Total (m²)	936	666	327	97	714	2.741

Tabla 4 Distribución de Superficie por usos

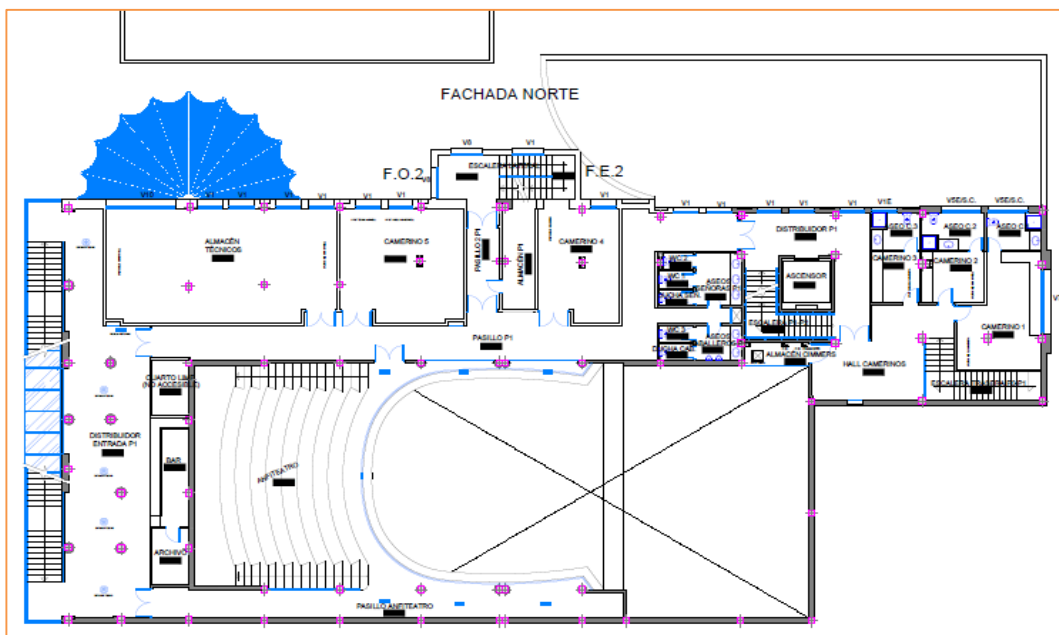
A continuación se muestra un gráfico donde se recogen las superficies según el tipo de uso. En él se observa que las zonas comunes, las zonas de usos múltiples utilizadas en horas de ensayo y la zona designada con otros que designa el recinto de butacas y el escenario, conforman la mayor parte del edificio.



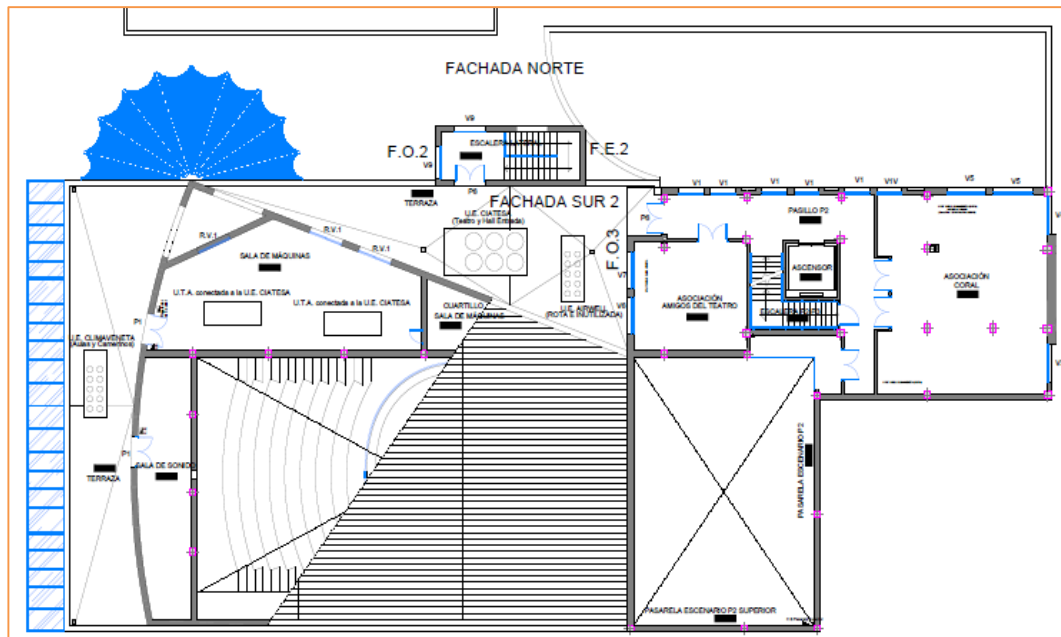
3



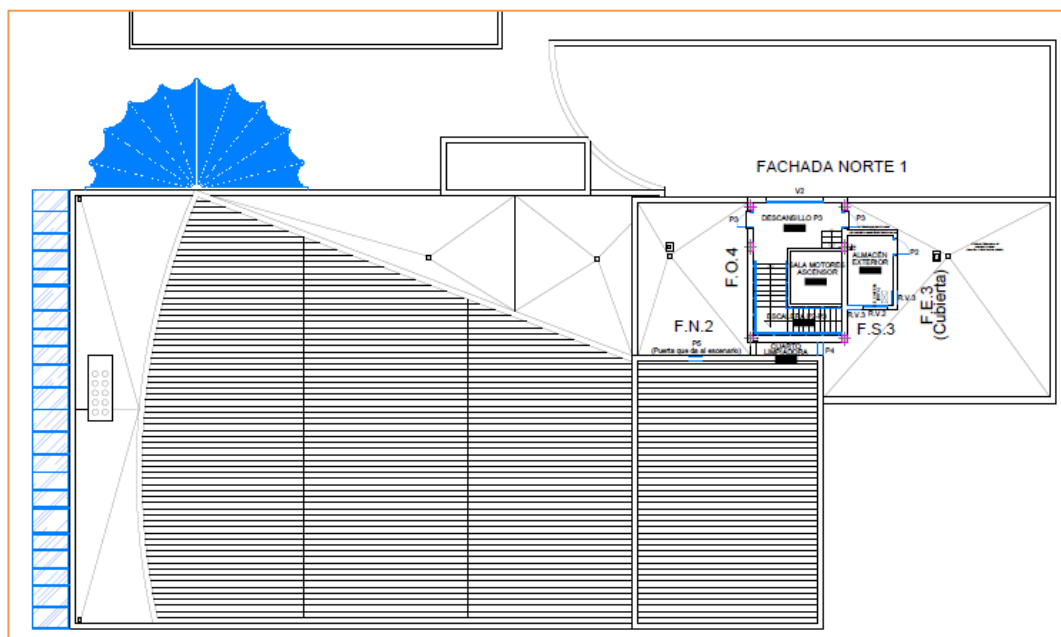
Plano 2 Planta Baja



Plano 3 Planta Primera



Plano 4 Planta Segunda



Plano 5 Planta Tercera

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

1.3 Envoltente y cerramientos

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

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

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

NBE CA: Condiciones acústicas.

NBE CPI: Protección contra incendios.

NBE CT: Condiciones térmicas.

NBE FL: Muros resistentes de fábrica.

NBE QB: Impermeabilización de cubiertas.

El edificio, según la ficha catastral, fue construido en 1999; y por lo tanto lo hizo bajo la influencia de dichas Normas Básicas de la Edificación.

El acceso principal al edificio se encuentra en la plaza Ramón Martínez, la escalera exterior se encuentra cubierta con una marquesina de vidrio doble y marco metálico, tipo de marco y vidrio que predomina en prácticamente la totalidad del edificio. La cubierta es plana y transitable, por la cual se tiene acceso a los equipos de climatización instalados en el edificios.

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



Imagen 3 Diferentes tipos de carpintería exterior

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS

La climatización del centro, tanto el servicio de calefacción como el de refrigeración, se lleva a cabo mediante una bomba de calor, la cual se encuentra ubicada en la cubierta y alimenta a los fancoils. Se trata de unidades interiores de diferentes tipologías (suelo, conductos y techo) repartidas por las diferentes estancias del centro.

Para la climatización del teatro y el hall, el centro cuenta con un rooftop como sistema de refrigeración.

Como caso puntual para tratar el pasillo de la escalera trasera, la climatización del centro se complementa con un sistema autónomo de expansión directa tipo BdC Split 1x1, con unidad exterior ubicada en la fachada este y unidad interior de pared.

Por otra parte, el teatro cuenta con dos bombas de calor que se encuentran fuera de servicio. Debido a esto, las dos climatizadoras que funcionan en conexión con una bomba de calor se encuentran inactivas.

Ya que se trata 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 y se complementa de forma local mediante termos acumuladores eléctricos ubicados en las proximidades de los puntos de consumo.

1.4.1 Producción de ACS

La producción de agua caliente sanitaria (ACS) se lleva a cabo mediante una instalación solar térmica compuesta por 4 captadores solares planos que con una única acumulación de 700 litros compartida entre la energía solar térmica y la auxiliar. A continuación se resumen las características de la instalación solar térmica:

Tipo	Intercambiador independiente	
Servicio	ACS	
Captadores	Nº	4
	Tipo	Plano
	Marca	CALORAMA
	Modelo	2308V-S
	Superficie bruta (m2)	2,3
	Superficie de apertura (m2)	2,35
	Inclinación	45°
	Orientación	19°
Intercambiador de calor	Tipo	Serpentín en depósito
Acumulación solar	Depósito 1 (litros)	700,00
	Total (litros)	700,00
Observaciones	Energía auxiliar: Resistencia eléctrica Funcionamiento tipo termosifón	

Tabla 5 Características instalación solar térmica



Imagen 4 Instalación solar térmica



Imagen 5 Instalación solar térmica

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

A continuación se resumen las características de la instalación de apoyo para producción de ACS:

Número	Tipo 1
Producción de calor	Resistencia eléctrica
Edificio	0
Zona de suministro	Vestuarios
Volumen de acumulación 1	700
Volumen Acumulación total	700
Temperatura de acumulación (°C)	60
Tipo intercambiador de calor	Resistencia eléctrica
Potencia intercambiador (kW)	5
Circuito recirculación	Si
Solar térmica	Si
Número de captadores	4
Volumen de acumulación solar	700
Observaciones	Existe una única acumulación de 700 litros compartida entre la energía solar térmica y la auxiliar.

Tabla 6 Características instalación de apoyo para generación de ACS

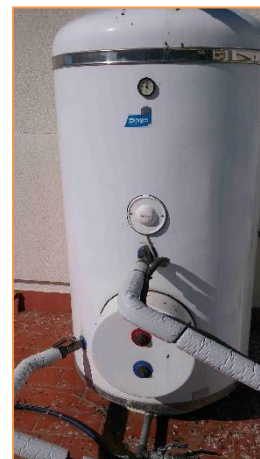
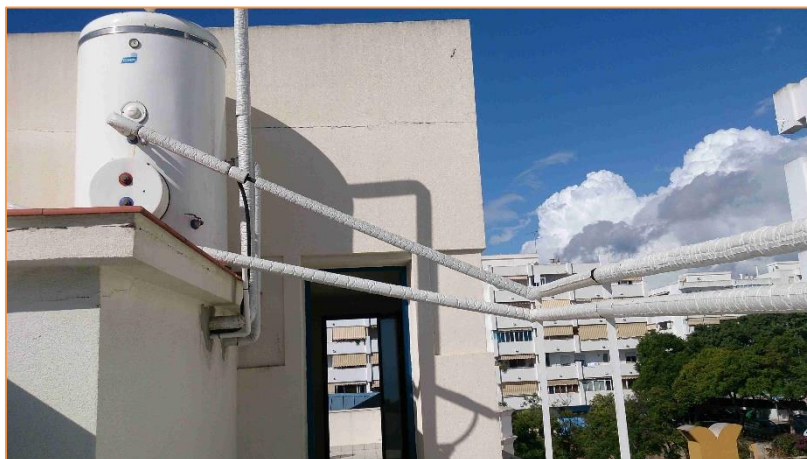


Imagen 6 Instalación de apoyo para generación de ACS

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

Edificio	Planta	Zona	Potencia eléctrica (kW)	Capacidad (litros)	Observaciones
Edificio principal	Cubierta	Vestuarios	5,00	700	Apoyo solar
Edificio principal	-1	Grupo de presión	1,58	50	Fuera de servicio

Tabla 7 Características producción-acumulación local de ACS



Imagen 7 Termos acumuladores eléctricos

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

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	Bomba de calor	Rooftop - Sólo frío	Bomba de calor	Sistema autónomo de expansión directa tipo BdC - Split
Edificio	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal
Planta	3	3	3	0
Ubicación equipo	Cubierta	Cubierta	Cubierta	Fachada Este
Zona de tratamiento	Aulas y camerinos	Teatro y hall	-	Pasillo escalera trasera
Servicio	Calefacción y refrigeración	Refrigeración	Calefacción y refrigeración	Calefacción y refrigeración
Combustible	Electricidad	Electricidad	Electricidad	Electricidad
Tipo funcionamiento	Aire-Agua	Aire-Aire	Aire-Agua	Aire-Aire
Condensación / Evaporación	Aire	Aire	Aire	Aire
Tecnología	Compresor Scroll	Compresor Scroll	Compresor Scroll	Compresor Scroll Inverter
Marca	CLIMAVENETA	CIATESA	AIRWELL	LG
Modelo	NE CS-N 0612	RPF-485	VLH.1004	E09EL.UA3
Refrigerante	R410a	R410a	R410a	R410a
Tipo de unidad interior	-	-	-	Pared
Potencia Frigorífica (kW)	151,00	115,20	246,80	2,50
Potencia Absorbida Frío (kW)	56,00	36,50	78,40	0,69
EER	2,70	3,16	3,15	3,62
ESEER	-	-	3,94	5,90
Potencia Calorífica (kW)	173,00	-	272,50	3,20
Potencia Absorbida Calor (kW)	54,00	-	79,30	0,86
COP	3,20	-	3,44	3,72
ES COP	-	-	-	3,80
Mes inicio calefacción	Noviembre	-	Noviembre	Noviembre
Mes final calefacción	Marzo	-	Marzo	Marzo
Mes inicio refrigeración	Mayo	Mayo	Mayo	Mayo
Mes final refrigeración	Septiembre	Septiembre	Septiembre	Septiembre
días/semana	Variable	Variable	Variable	Variable
horario funcionamiento (mañana)	Variable	Variable	Variable	Variable
horario funcionamiento (tarde)	Variable	Variable	Variable	Variable
Observaciones	-	-	Fuera de servicio	-

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

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

Nº generador	5
Generador	Bomba de calor
Edificio	Edificio principal
Planta	3
Ubicación equipo	Almacén exterior
Servicio	Calefacción
Combustible	Electricidad
Tipo funcionamiento	Aire-Agua
Condensación / Evaporación	Aire
Tecnología	Compresor Scroll
Marca	CIATESA
Modelo	QWA-054
Refrigerante	R22
Tipo de unidad interior	0
Potencia Calorífica (kW)	11,40
Potencia Absorbida Calor (kW)	3,56
COP	3,20
Mes inicio calefacción	Noviembre
Mes final calefacción	Marzo
días/semana	Variable
horario funcionamiento (mañana)	Variable
horario funcionamiento (tarde)	Variable
Observaciones	Fuera de servicio

Tabla 9 Características de los equipos de producción de frío y calor para climatización



Imagen 8 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Tipo1



Imagen 9 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Tipo 2



Imagen 10 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Tipo 3



Imagen 11 Equipos de producción de frío y calor para climatización – Tipo 4



	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

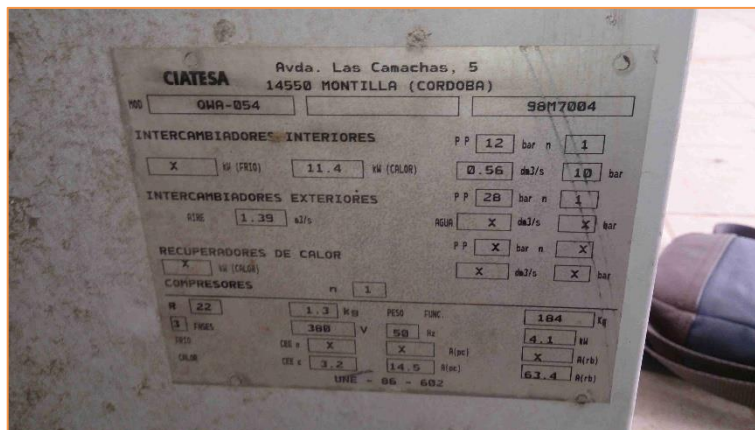


Imagen 12 Equipos de producción de frío y calor para climatización – **Tipo 5**

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

Calefacción	460,10 kW
Refrigeración	515,50 kW

Tabla 10 Resumen potencia térmica total instalada en equipos frigoríficos

1.4.3 Distribución - Grupos de bombeo

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

Nº bomba	1	2	3	4
Circuito	Bomba recirculación ACS	Secundario Calor - Climatizadoras	Secundario Calor - Climatizadoras	Secundario Calor - Climatizadoras
Edificio	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal
Ubicación	Cuarto técnico en cubierta	Sala de máquinas	Sala de máquinas	Sala de máquinas
Denominación	B1	B2	B3	B4
Tipo	Rótor húmedo - simple	Rótor seco - simple	Rótor seco - simple	Rótor seco - simple
Marca	WILO	WILO	WILO	WILO
Modelo	STAR Z25/2	-	-	IPN 50/224-1,5/4 G12B
Año de instalación	-	2015	2015	2015
Variador de frecuencia	No	No	No	No
Potencia abs (kW)	0,05	3,00	4,00	1,50

Tabla 11 Características grupos de bombeo

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

Nº bomba	5	6	7
Circuito	Primario producción de frío	Grupo de presión incendios	Grupo de presión incendios
Edificio	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal
Ubicación	Grupo de presión	Grupo de presión	Grupo de presión
Denominación	B5	B6	B7
Tipo	Rótor seco - simple	Rótor seco - simple	Rótor seco - simple
Marca	ESPA	ESPA	ESPA
Modelo	MULT130 6	EN50-250 C	MULT130 6
Variador de frecuencia	No	No	No
Caudal (l/h)	2,60	21,70	2,60
Presión disponible (m.c.a.)	83,0	70,8	83,0
Potencia abs (kW)	2,70	15,00	2,70

Tabla 12 Características grupos de bombeo



Imagen 13 Grupos de bombeo – Bomba recirculación ACS



Imagen 14 Grupos de bombeo – Secundario calor-Climatizadora



Imagen 15 Grupos de bombeo – Secundario calor – Climatizadora



Imagen 16 Grupos de bombeo – Primario producción de frío



Imagen 17 Grupos de bombeo – Grupo de presión de incendios

1.4.4 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:

Fancoils

El centro consta de fancoils de diferentes tipologías (techo, suelo y conductos) como elementos destinados al tratamiento de calefacción y refrigeración de las diferentes estancias a las que dan servicio. Se trata de equipos a 2 tubos, alimentados de agua fría y/o caliente desde la central de producción térmica (bomba de calor).

Carac terística	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
Unidad terminal	Fancoil	Fancoil	Fancoil	Fancoil	Fancoil
Tipo	Suelo	Conductos	Techo	Suelo	Suelo
Servicio	Calefacción y refrigeración	Calefacción y refrigeración	Calefacción y refrigeración	Calefacción y refrigeración	Calefacción y refrigeración
Edificio	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal
Planta	Varias	Varias	1	1	Varias
Zona de tratamiento	Varias	Varias	Camerino 5	Camerino 4	Varias
Marca	CLIMAVENETA	AIRVENT	AIRWELL	BELONGHI	HONEYWELL
Cantidad	13	4	1	1	4
Alimentación	(F) 2 tubos	(F) 2 tubos	(F) 2 tubos	(F) 2 tubos	(F) 2 tubos
Batería calor	Agua caliente	Agua caliente	Agua caliente	Agua caliente	Agua caliente
Pot. Calorífica (kW)	7,52	7,52	7,52	7,52	7,52
Batería frío	Agua fría	Agua fría	Agua fría	Agua fría	Agua fría
Pot. Frigorífica (kW)	6,56	6,56	6,56	6,56	6,56
Pot. Abs. (kW)	0,05	0,15	0,05	0,05	0,05
Regulación	V3V - M	V3V - M	V3V - M	V3V - M	V3V - M

Tabla 13 Características técnicas de **fancoils** instalados



Imagen 18 Tipología de **fancoils** instalados – **Techo y suelo**

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06



*Imagen 19 Tipología de **fancoils** instalados – **Suelo y conductos***

Unidades interiores – Expansión directa

El centro consta de una unidad interior de pared, como elemento destinado al tratamiento de calefacción y refrigeración del pasillo de la escalera trasera. Dicha unidad funciona en combinación con la unidad exterior (sistemas tipo split 1x1), como parte fundamental del sistema autónomo de climatización tipo bomba de calor descrito anteriormente.

Al tratarse de un sistema de climatización partido (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 la unidad interior 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.

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

UTAs - Unidades de tratamiento de aire

El centro consta de unidades de tratamiento de aire, destinados al tratamiento de refrigeración del patio de butacas y el anfiteatro. Dicha unidad se trata de un equipo rooftop-sólo frío, como parte fundamental de los sistemas de climatización tipo bomba de calor de expansión directa descritos anteriormente.

Por otro lado, el centro consta de unidades de tratamiento de aire, destinados al tratamiento de calefacción y refrigeración del patio de butacas y el anfiteatro. Se trata de equipos a 2 tubos, alimentados de agua fría y/o caliente desde la central de producción térmica (bomba de calor). Dichos equipos se encuentra actualmente fuera de servicio debido que la bomba de calor que los alimenta está inactiva.

Nº	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Tipo	Climatizadora	Climatizadora	Rooftop
Servicio	Calefacción y refrigeración	Calefacción y refrigeración	Refrigeración
Edificio	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal
Planta	3	3	3
Zona de tratamiento	Patio de butacas y anfiteatro	Patio de butacas y anfiteatro	Patio de butacas y anfiteatro
Marca	AIRVENT	AIRVENT	CIATESA
Modelo	PANELBLOC-800	PANELBLOC-600	RPF-485
Año de instalación	2015	2015	2015
Modo	Con retorno	Con retorno	Con retorno
Ventilador de impulsión - VF	Si	Si	Si
Caudal Impulsión (m3/h)	17.906,00	8.952,00	18.200,00
Presión disponible (Pa)	300	300	119.56
Potencia abs (kW)	7,50	4,00	3,00
Ventilador de retorno - VF	Si	Si	Si
Caudal Retorno (m3/h)	17.906,00	8.952,00	42.000,00
Presión disponible (Pa)	300	300	39
Potencia abs (kW)	4,00	2,10	4,00
Alimentación	(F) 2 tubos	(F) 2 tubos	-
Batería Frío	R-410a	R-410a	R-410a
Potencia frigorífica (kW)	150,00	75,00	115,20
Regulación	V3V - M	V3V - M	Válvula de expansión electrónica
Observaciones	Fuera de servicio debido a que la enfriadora que lo alimenta no funciona	Fuera de servicio debido a que la enfriadora que lo alimenta no funciona	-

Tabla 14 Características técnicas de UTAs instaladas



Imagen 20 Tipología de UTAs instaladas – Rooftop solo frío



Imagen 21 Tipología de UTAs instaladas – Tipo 1



Imagen 22 Tipología de UTAs instaladas – Tipo 2

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

Zona	Superficie Calefactada (m2)	Pot. Calorífica (kW)	Ratio (W/m2)
Administrativo	73,31	22,56	307,73
Aulas	258,74	45,12	174,38
No habitable	76,66	15,04	196,19
Zonas comunes	181,95	25,76	141,58
Usos múltiples	376,18	15,04	39,98
Otros	178,30	52,64	295,23
Total	1.145,14	176,16	153,83

Tabla 15 Resumen de potencia calorífica instalada por zonas

En el siguiente gráfico se representa el porcentaje de la potencia calorífica instalada por zonas y la superficie calefactada en el centro:

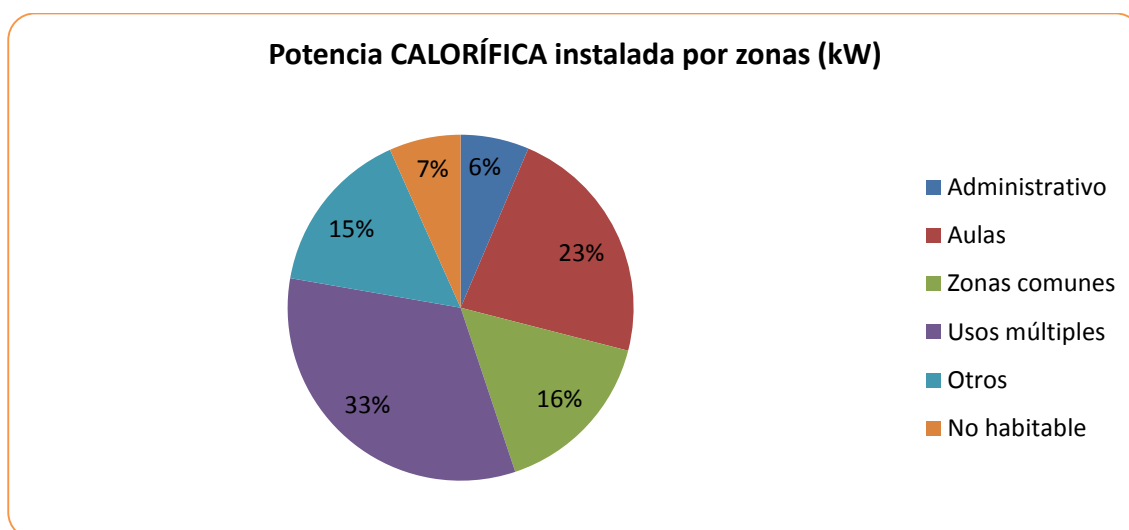


Gráfico 2 Porcentaje de potencia calorífica instalada por zonas

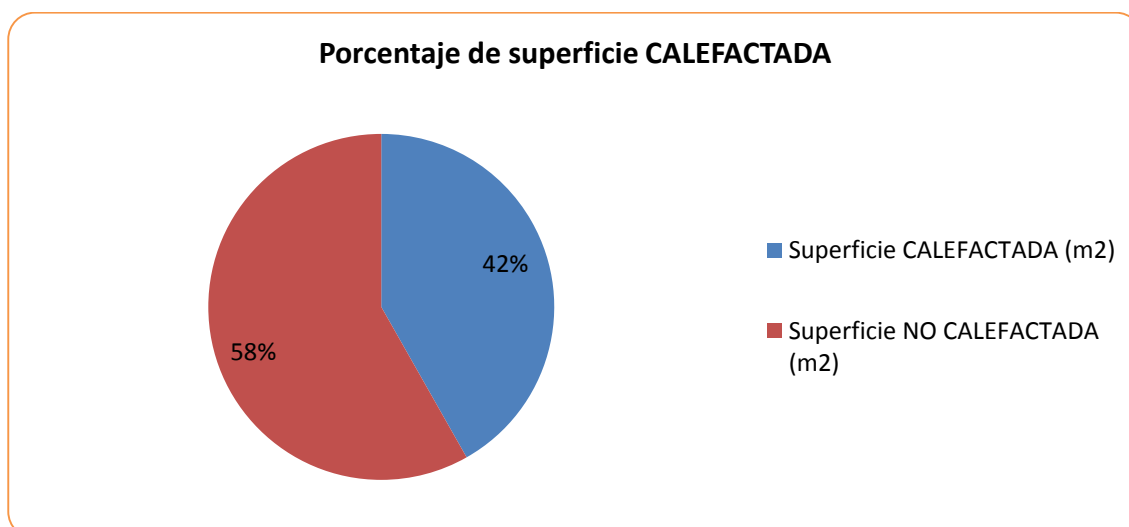


Gráfico 3 Porcentaje de superficie calefactada

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

Zona	Superficie Refrigerada (m2)	Pot. Frigorífica (kW)	Ratio (W/m2)
Administrativo	73,31	19,68	268,45
Aulas	258,74	39,36	152,12
No habitable	76,66	13,12	171,15
Zonas comunes	181,95	22,18	121,90
Usos múltiples	376,18	353,32	939,23
Otros	178,30	45,92	257,54
Total	1.145,14	493,58	431,02

Tabla 16 Resumen de potencia de frío instalada por zonas

En el siguiente gráfico se representa el porcentaje de la potencia frigorífica instalada por zonas y la superficie refrigerada en el centro:

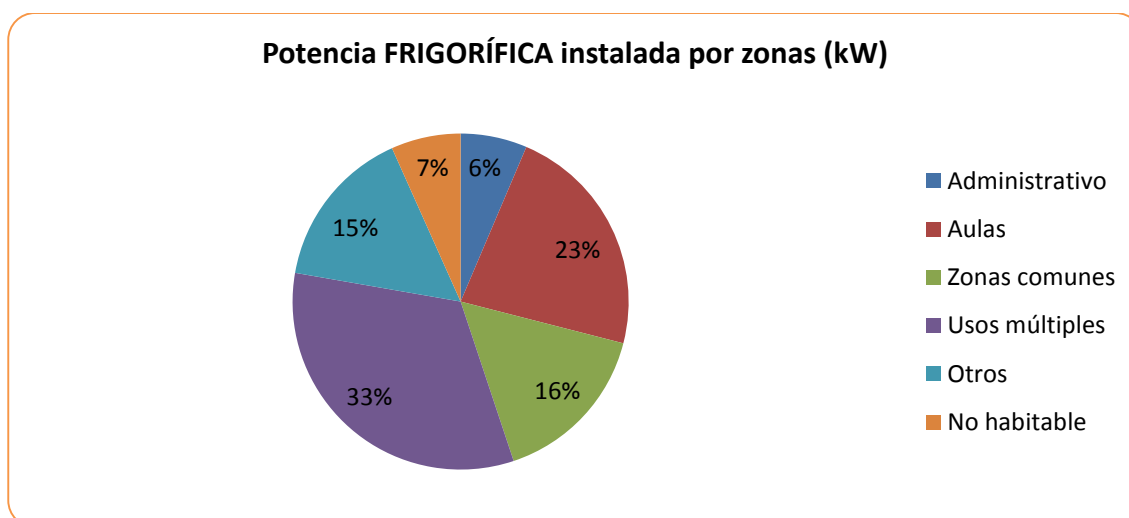


Gráfico 4 Porcentaje de potencia frigorífica instalada por zonas

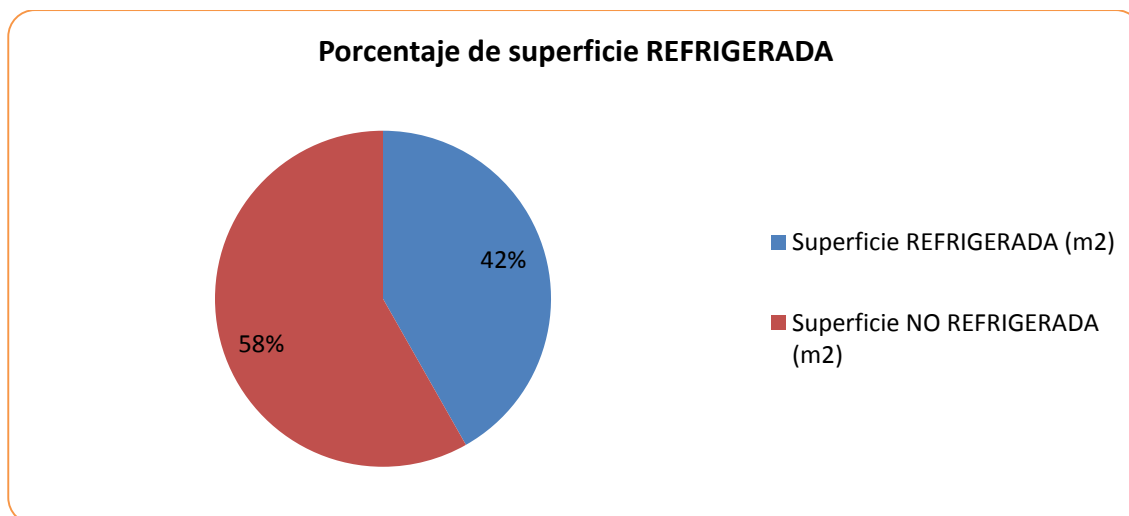


Gráfico 5 Porcentaje de superficie refrigerada

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

1.5 Iluminación

La potencia total instalada es de 45,66 kW, que se distribuye según usos tal como se muestra en el siguiente gráfico.

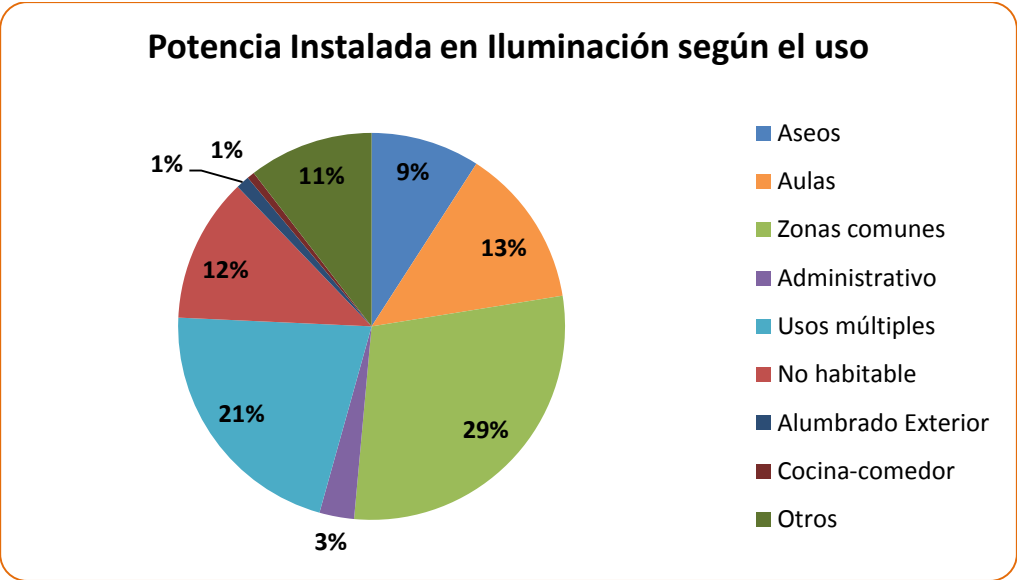


Gráfico 6 % Potencia instalada en iluminación según el uso

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 teatro.

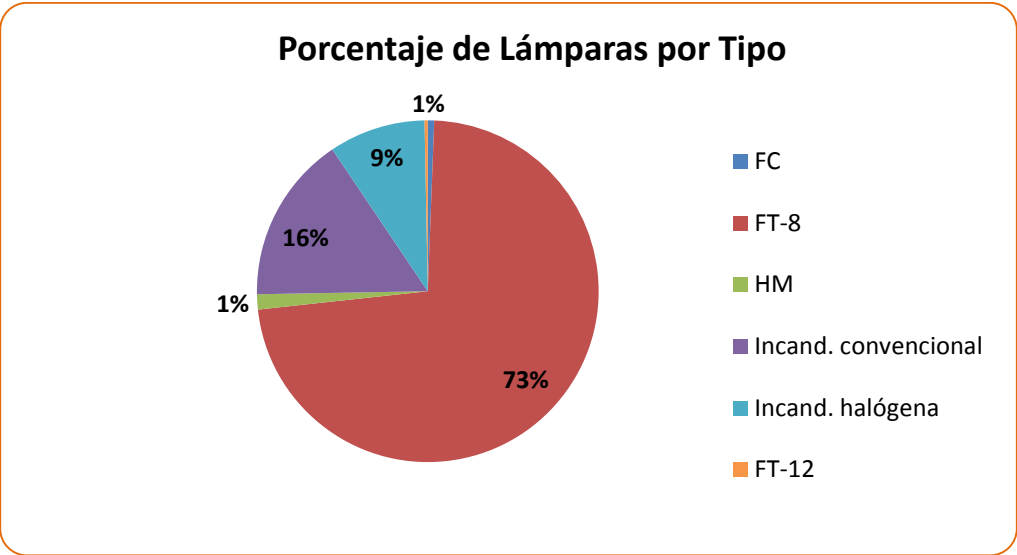


Gráfico 7 % de cada tipo de lámpara instalada

1.5.1 Iluminación interior

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

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

Tipo	Nº Lum.	Pot.(kW)
EM	304	23,71
FT-8	302	23,61
1	65	3,31
36	17	0,73
18	16	0,35
58	32	2,23
4	212	18,32
18	212	18,32
2	25	1,99
36	21	1,81
18	4	0,17
FT-12	2	0,10
2	2	0,10
20	2	0,10
-	261	19,64
Incand. halógena	121	5,57
1	121	5,57
50	61	3,05
42	60	2,52
Incand. convencional	110	8,06
1	106	5,62
60	69	4,14
40	37	1,48
3	3	0,44
60	2	0,36
25	1	0,08
50	1	2,00
40	1	2,00
Halogenuros	19	5,25
1	19	5,25
450	3	1,35
1000	2	2,00
150	10	1,50
100	4	0,40
Otro	11	0,76
1	2	0,04
20	2	0,04
4	9	0,72
20	9	0,72
Total general	565	43,34

Tabla 17 Resumen de lámparas instaladas

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

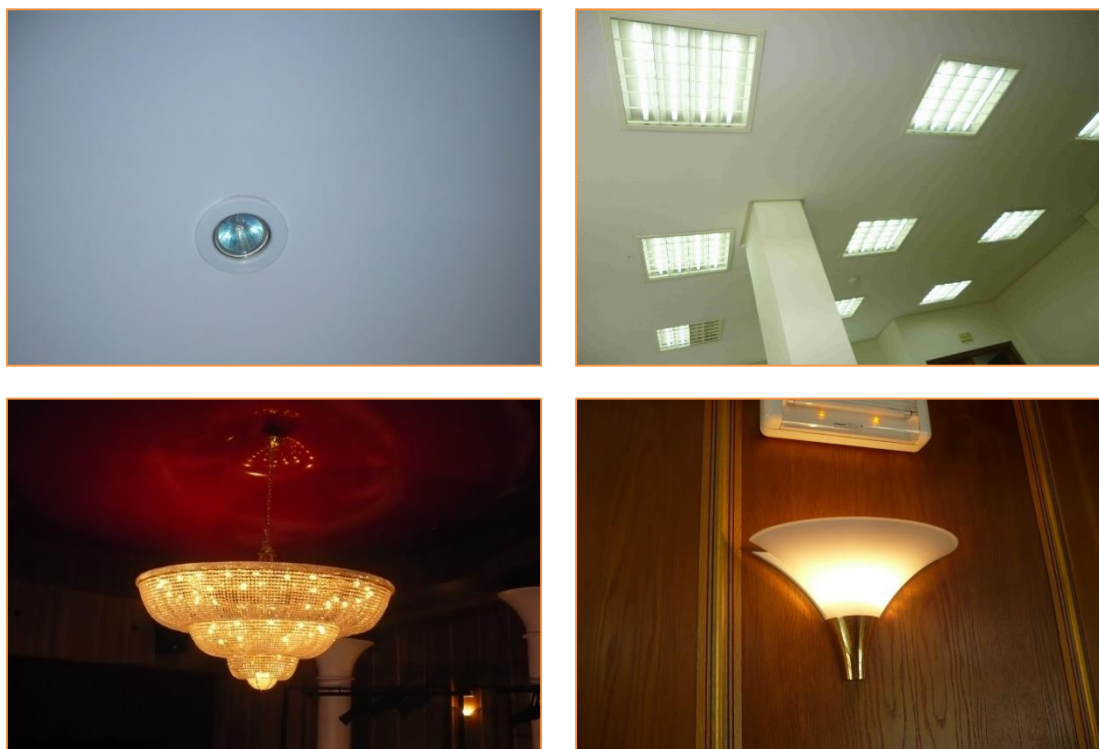


Imagen 23 Tipos de luminarias instaladas

1.5.2 Iluminación exterior

En la tabla siguiente se recoge un resumen detallado de la iluminación exterior y las potencias de cada una de las lámparas instaladas.

Tipo	Nº Lum.	Pot.(kW)
-	11	0,51
Incand. convencional	7	0,30
1	7	0,30
60	1	0,06
40	6	0,24
FC	4	0,21
2	4	0,21
26	4	0,21
Total general	11	0,51

Tabla 18 Resumen de iluminación exterior

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06



Imagen 24 Luminarias situadas en el exterior del edificio

1.5.3 Sistemas de control

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

1.5.4 Condiciones de funcionamiento

Dado que las secciones de iluminación del teatro 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.

Para determinar el perfil de comportamiento de la instalación, se instalaron registradores monofásicos durante varias jornadas representativas; con los datos obtenidos en una semana “estándar” nos podemos hacer a la idea del comportamiento general.

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

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	21	1,562
DVD/CD	4	0,11
10	1	0,01
20	1	0,02
40	2	0,08
Otros	1	0,012
12	1	0,012
Monitor	12	0,24
20	12	0,24
Televisión Tubo	4	1,2
300	4	1,2
Electrodoméstico	21	9,76
Frigorífico	2	0,21
150	1	0,15
60	1	0,06
Horno	1	1,5
1500	1	1,5
Extractor	10	0,3
30	10	0,3
Aspiradora	1	2
2000	1	2
Nevera arcón	4	4
1000	4	4
Kettle / Calienta agua	1	1
1000	1	1
Lavadora	1	0,55
550	1	0,55
Botellero	1	0,2
200	1	0,2
Informático	14	3,989
Ordenador sobremesa	6	1,8
300	6	1,8
Fotocopiadora	1	0,55
550	1	0,55
Fax	1	0,94
940	1	0,94
Impresora doméstica	2	0,413
400	1	0,4
13	1	0,013
Otros	1	0,016
16	1	0,016
Servidor	3	0,27
90	3	0,27
Otros	64	79,544
Secador de manos	2	3,6
1800	2	3,6
Plancha	2	3,85
1750	1	1,75
2100	1	2,1
Otros	58	64,692
250	1	0,25
200	1	0,2
150	1	0,15
90	1	0,09

Tipos de Equipos	Nº Equipos	Potencia total (kW)
1000	18	18
1400	1	1,4
456	2	0,912
8	1	0,008
62	1	0,062
1012	20	20,24
440	2	0,88
2500	9	22,5
Flexo	1	0,042
42	1	0,042
Motor Ascensor	1	7,36
7360	1	7,36
Sonido	58	3,138
Altavoz	26	0,31
10	22	0,22
20	2	0,04
25	2	0,05
Radio-CD	3	0,18
100	1	0,1
40	2	0,08
Altavoz Pc	1	0,02
20	1	0,02
Otros	2	0,915
900	1	0,9
15	1	0,015
Equipo de música	3	0,12
10	2	0,02
100	1	0,1
Flexo	2	0,019
8	1	0,008
11	1	0,011
Amplificador	3	0,34
120	2	0,24
100	1	0,1
Mesa mezcla	3	0,41
100	2	0,2
210	1	0,21
Equipo de Sonido	15	0,824
250	1	0,25
120	2	0,24
30	1	0,03
10	1	0,01
20	2	0,04
13	1	0,013
25	1	0,025
12	2	0,024
14	1	0,014
80	2	0,16
18	1	0,018
Radiador eléctrico	5	8,7
Radiador electrico	5	8,7
1500	1	1,5
2000	3	6
1200	1	1,2
Producción de frío y calor	5	176,22
Bomba de calor	3	138,86
56	1	56
79,3	1	79,3

Tipos de Equipos	Nº Equipos	Potencia total (kW)
3,56	1	3,56
Rooftop - Sólo frío	1	36,5
36,5	1	36,5
Unidad Exterior - Multi-split	1	0,86
0,86	1	0,86
Unidades de tratamiento	30	26,55
Climatizadora	3	24,6
11,5	1	11,5
6,1	1	6,1
7	1	7
Fancoil	26	1,9
0,05	20	1
0,15	6	0,9
Unidad interior - Split	1	0,05
0,05	1	0,05
ACS	2	6,575
Termo-acumulador eléctrico	2	6,575
5000	1	5
1575	1	1,575
Distribución - Bombas	7	28,946
Bomba	7	28,946
1500	1	1,5
46	1	0,046
3000	1	3
4000	1	4
2700	2	5,4
15000	1	15
Total general	227	344,984

Tabla 19 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.

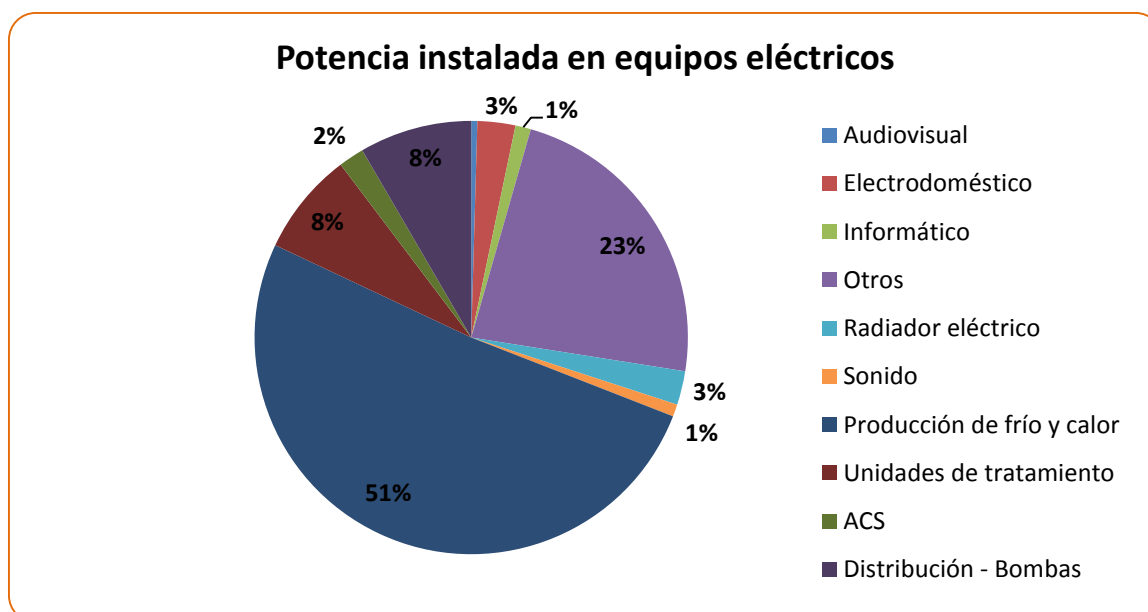


Gráfico 8 Potencia instalada por tipología de equipos

1.7 Resumen de potencias instaladas

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

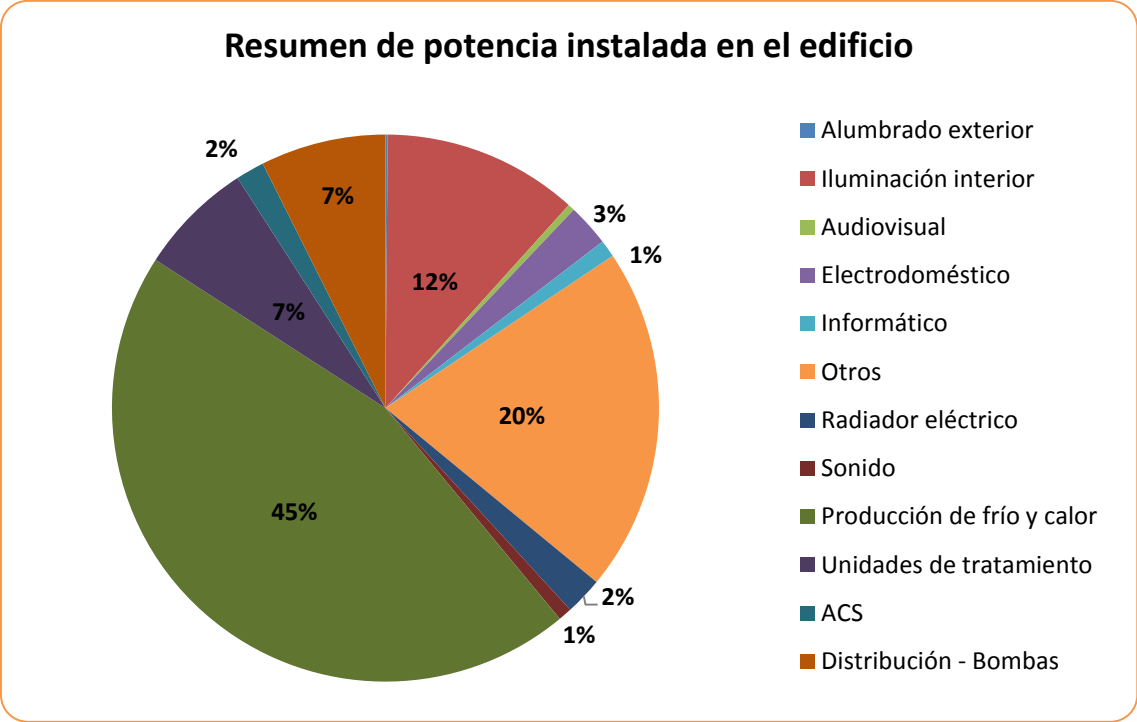


Gráfico 9 Potencia instalada por usos

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

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	ES0031103006613001VC0F	Tarifa de acceso	3.0 A
CONDICIONES DE CONTRATACION			
	P1	P2	P3
Potencia contratada (kW)	300	300	300
Término de potencia (€/kW año)	40,728525	24,437115	16,291410
Término de energía (€/kWh)	0,140053	0,110182	0,075633

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

Fecha inicio	Fecha Fin	Consumo P1 (kWh)	Consumo P2 (kWh)	Consumo P3 (kWh)	Potencia Maximétrica (kW)	Facturado Reactiva (€)	Base imponible (€)
31/12/2013	31/01/2014	1.004	3.332	499	83 /95 /5	0,00	2.386,58
31/01/2014	28/02/2014	1.495	4.287	1.072	97 /94 /87	0,00	1.593,45
28/02/2014	31/03/2014	1.661	3.864	769	90 /78 /75	0,00	2.608,37
31/03/2014	30/04/2014	1.083	3.983	512	64 /92 /22	0,00	2.459,80
30/04/2014	13/05/2014	809	3.280	193	60 /136 /12	0,00	739,82
13/05/2014	31/05/2014	784	3.695	301	60 /104 /12	0,00	1.639,95
31/05/2014	30/06/2014	789	5.522	480	59 /113 /4	1,77	2.602,53
30/06/2014	31/07/2014	2.536	9.343	822	99 /106 /95	0,00	3.373,29
31/07/2014	31/08/2014	1.939	7745	838	102 /119 /114	0,00	3.107,17
31/08/2014	30/09/2014	936	2.302	516	94 /93 /4	0,00	2.259,96
30/09/2014	31/10/2014	1.215	4.293	478	101 /88 /6	0,00	2.583,71
31/10/2014	30/11/2014	1.671	3.746	534	84 /83 /9	0,00	2.531,22
30/11/2014	31/12/2014	1.291	3.689	441	73 /114 /8	0,00	2.523,43

Tabla 20 Facturación eléctrica

A partir de la facturación eléctrica se observa que no existen penalizaciones por energía reactiva gracias a la batería de condensadores con la que cuenta el edificio.

	P1	P2	P3
Potencia contratada (kW)	300	300	300
Potencia registrada (kW)	102	136	114

Tabla 21 Potencias contratada y registrada

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

El gasto anual de la facturación eléctrica es el siguiente:

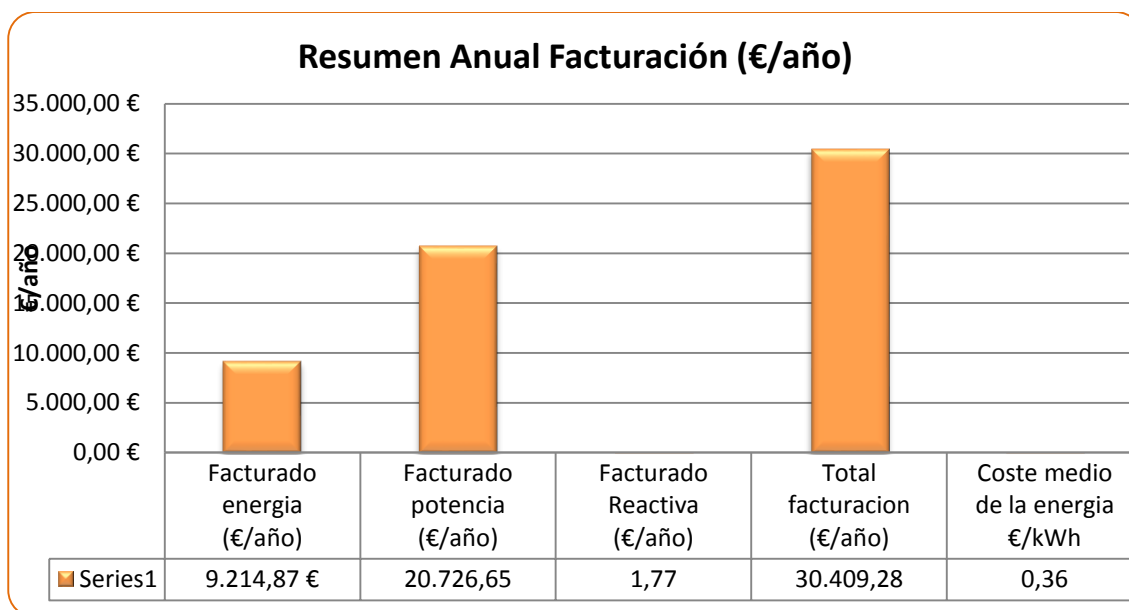


Gráfico 10 Resumen Anual de Facturación

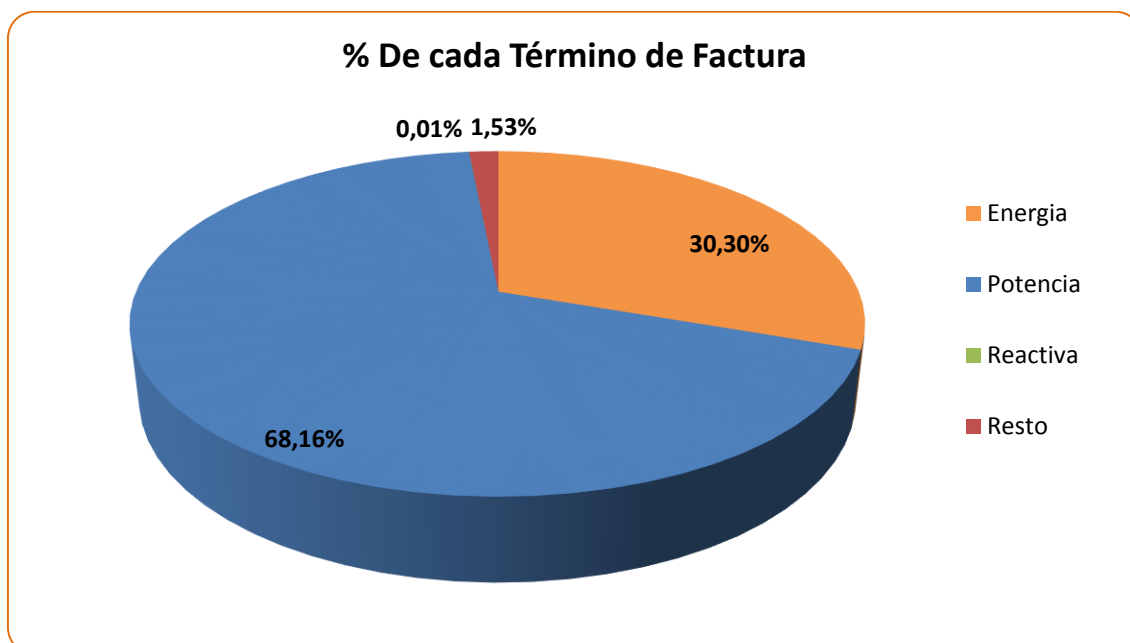


Gráfico 11 Resumen de los términos de Factura

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

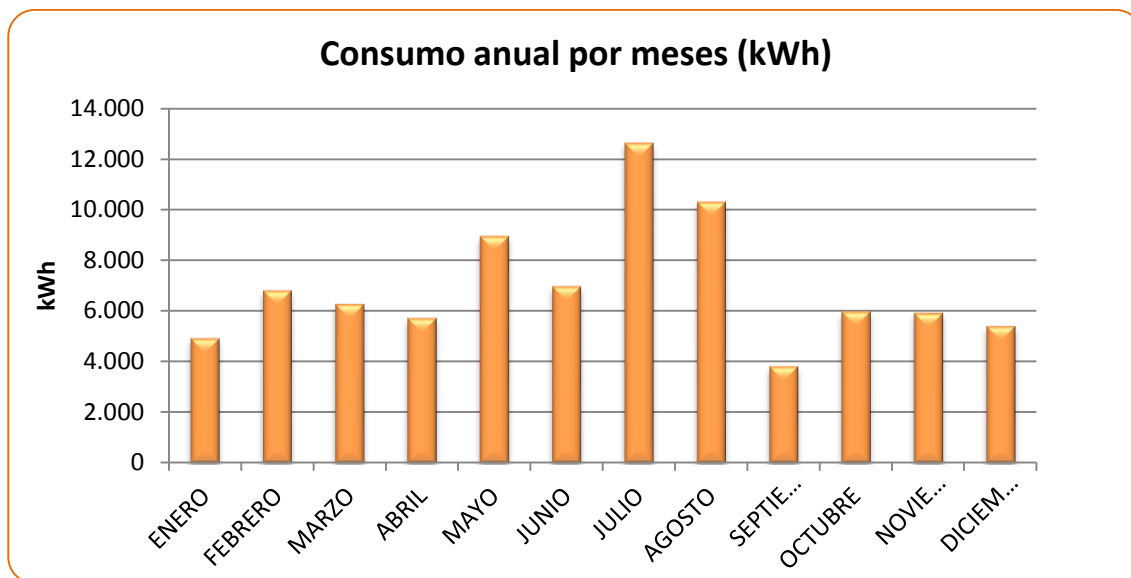


Gráfico 12 Consumo eléctrico mensual

El consumo anual por periodos se muestra a continuación:

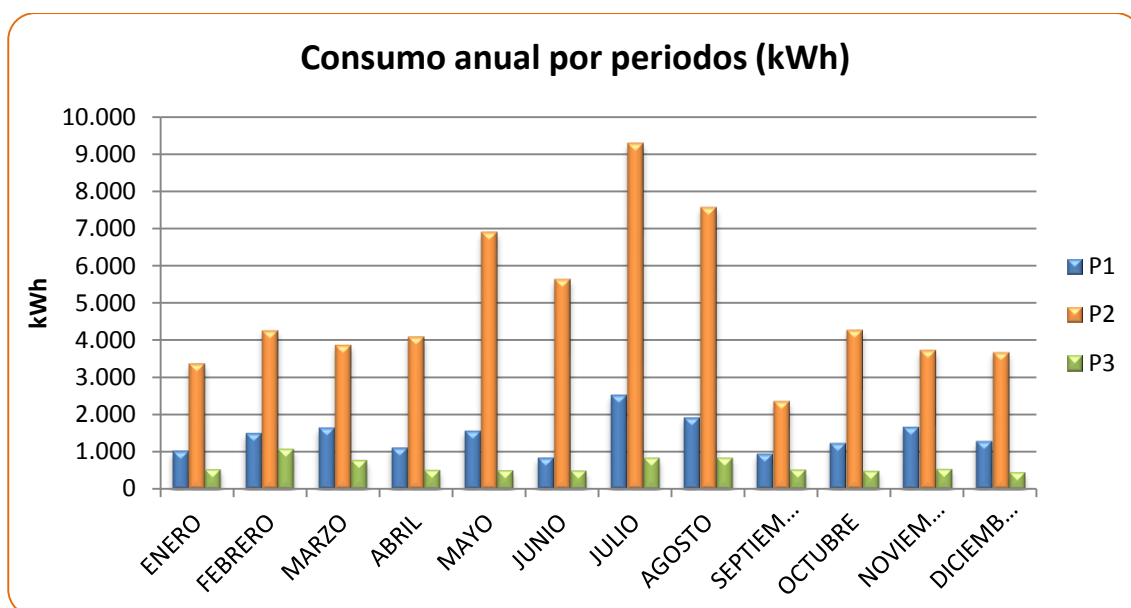


Gráfico 13 Consumo eléctrico por periodos

La siguiente tabla muestra los valores globales del periodo estudiado:

Total Consumo energía (kWh)	83.749
Total Facturación (€)	30.409,28
Media mensual de consumo (kWh/mes)	6.979
Media mensual de coste (€/mes)	2.534,11
Coste medio energía (€/kWh)	0,363

Tabla 22 Resumen valores globales de la facturación eléctrica

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

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)	83.749,00	-	83.749,00
Coste (€/año)	30.409,28	-	30.409,28

Tabla 23 Consumos energéticos anuales totales

2.4 Índices energéticos

Para finalizar esta revisión del estado energético de la instalación, se incluyen varios índices de eficiencia energética.

2.4.1 Índices energéticos eléctricos

Para el cálculo de los índices energéticos eléctricos se ha tomado un periodo de consumo de un año completo comprendido entre el 1 de Enero y el 31 de Diciembre de 2014.

PARÁMETROS GENERALES ELÉCTRICOS	
Nº de personas que utilizan la instalación	Aforo Teatro 487 personas
Superficie total (m²)	2.740,62
Pot. Instalada Iluminación Interior (kW)	45,15
Pot. Instalada Iluminación Exterior (kW)	0,51
Pot. Instalada Equipos Eléctricos (kW)	344,98
Pot. Eléctrica Total Instalada (kW)	390,64

Tabla 24 Índices energéticos – Parámetros generales eléctricos

ÍNDICES ELÉCTRICOS	
kWh/año	83.749,00
€/kWh	0,36
kWh/m² Total	30,56
€/m² Total	11,10
Ton CO ₂ /año	33,42
Kg CO ₂ /m²	12,19
Pot. Iluminación en W/m²	16,48

Tabla 25 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.

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

3. MEDICIONES REALIZADAS

3.1 Medidas eléctricas

3.1.1 Registros trifásicos

POTENCIA ACTIVA (W)

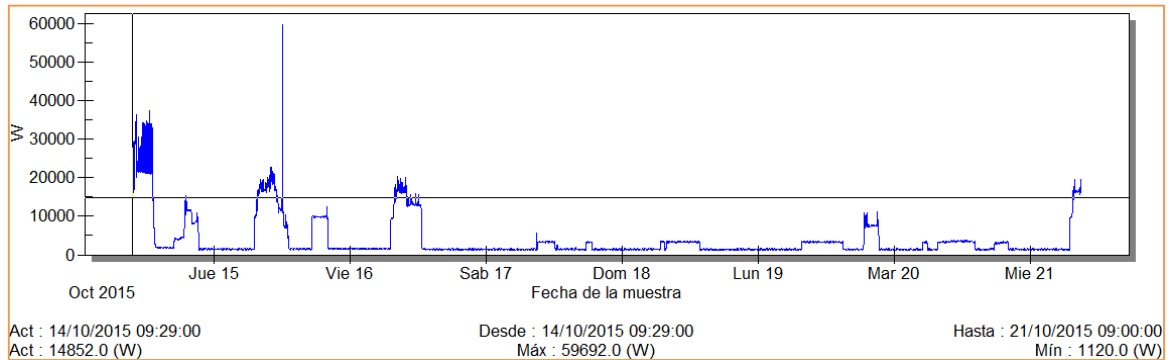


Gráfico 14 Datos de registro de potencia activa desde el 14/10/2015 al 21/10/2015

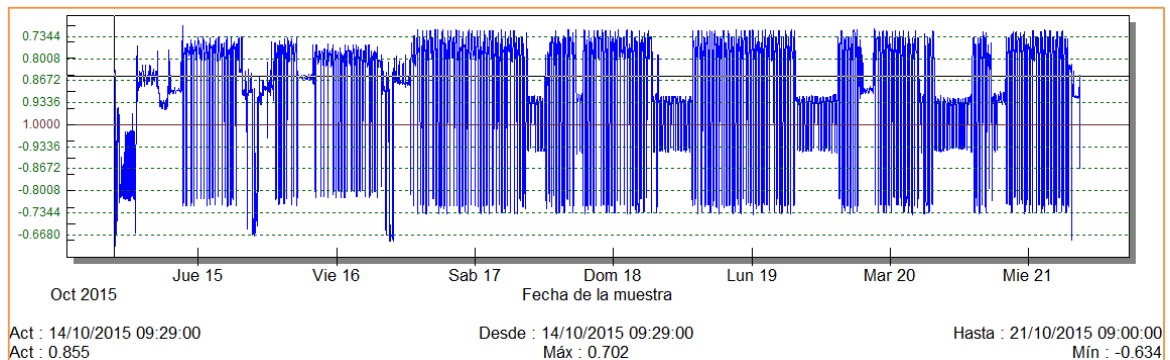


Gráfico 15 Factor de potencia trifásico registrado

Potencia Registrada en días Laborales (kW)

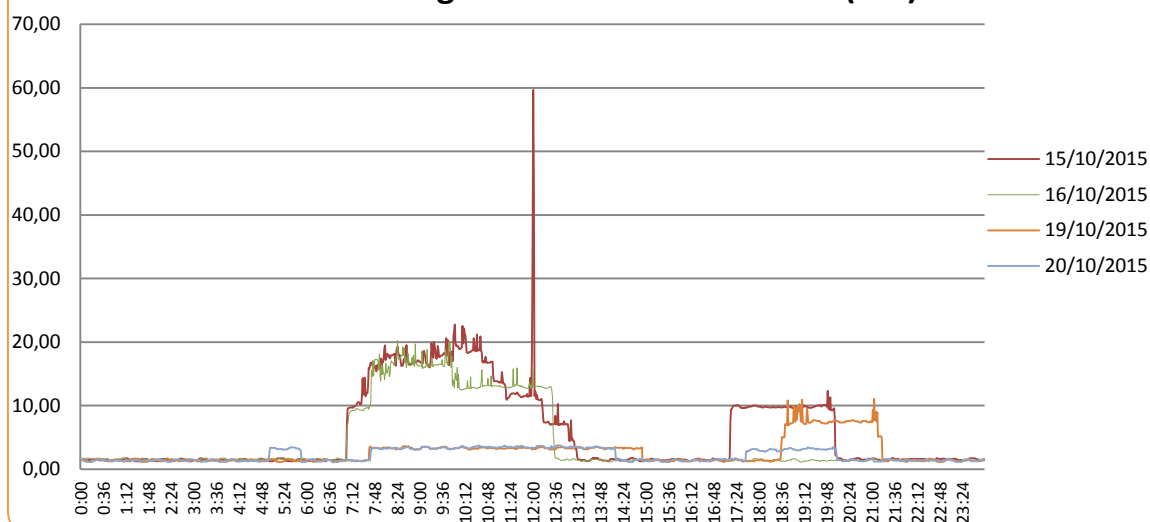


Gráfico 16 Potencia registrada en días laborales (kW)

Potencia Registrada en días Festivos (kW)

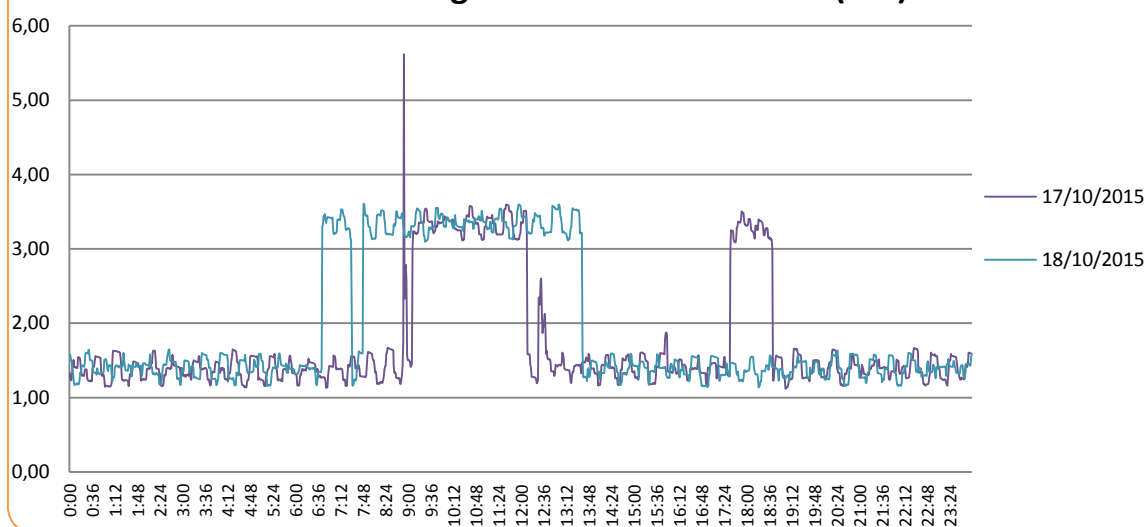


Gráfico 17 Potencia registrada en días no laborales (kW)

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

Los días laborales son muy homogéneos con una potencia máxima de 23 kW, al tratarse de un teatro con usos diferenciados y no previsible, existe dispersión con la potencia maximétrica registrada en las facturas eléctricas, podemos determinar un horario de usos de 10:00 a 14:00 y de 17:30 a 21:00, coincidente con el horario de trabajo de los conserjes del edificio.

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

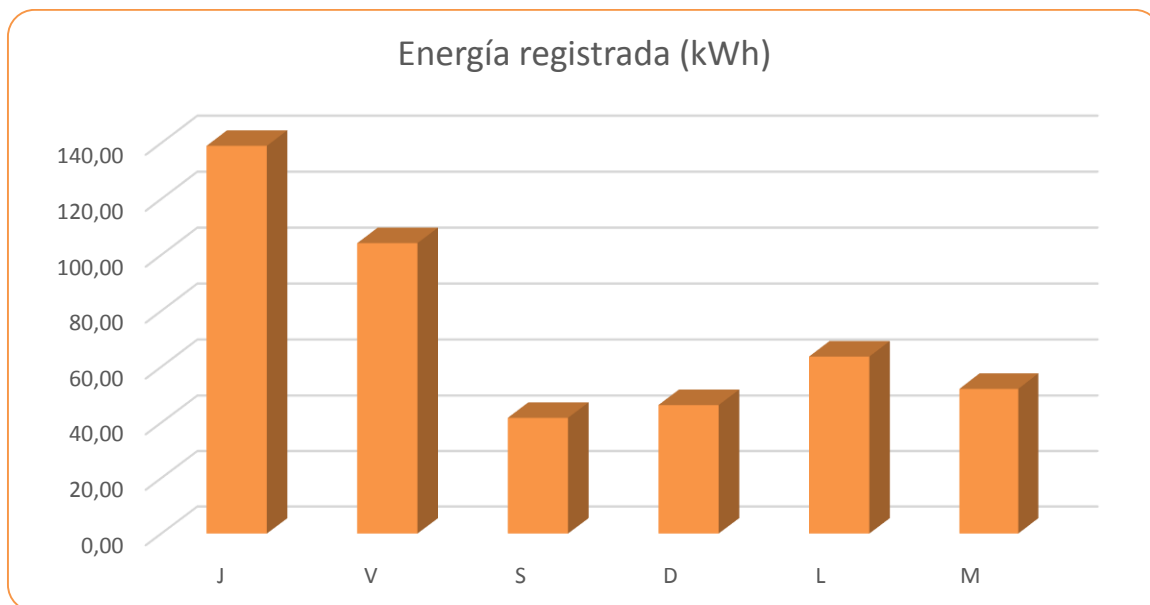


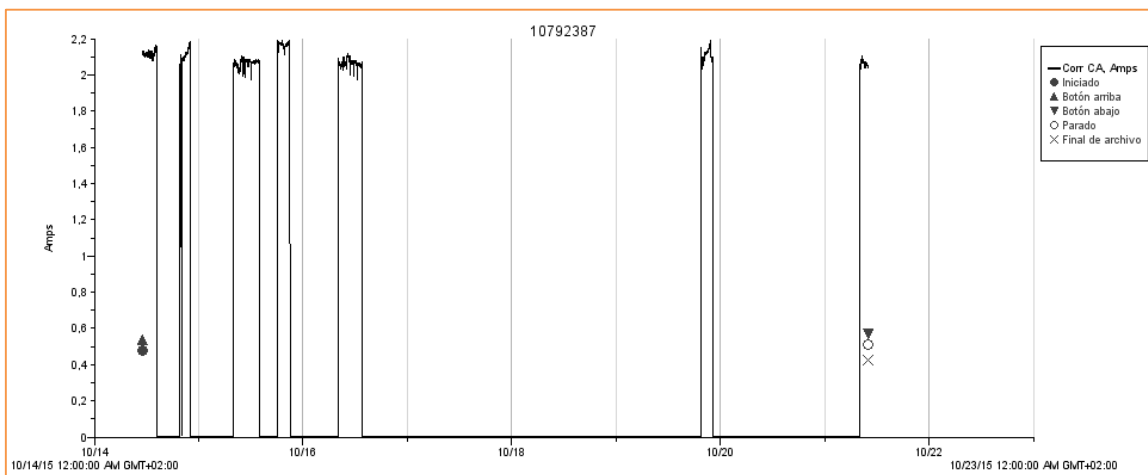
Gráfico 18 Energía consumida por cada día de la semana

El valor medio durante los días laborales es de 89,73 kWh y durante los días festivos de 44,02 kWh. Con estos valores obtenemos un consumo mensual de 5.991,27 kWh para el mes de Octubre, lo que representa un desvío respecto al valor facturado en Octubre de 2014 bastante elevado; este desvío se explica por el consumo debido al uso imprevisible que tiene el teatro y a los equipos de climatización, ya que dependiendo de las condiciones climáticas tiene un mayor o menor uso.

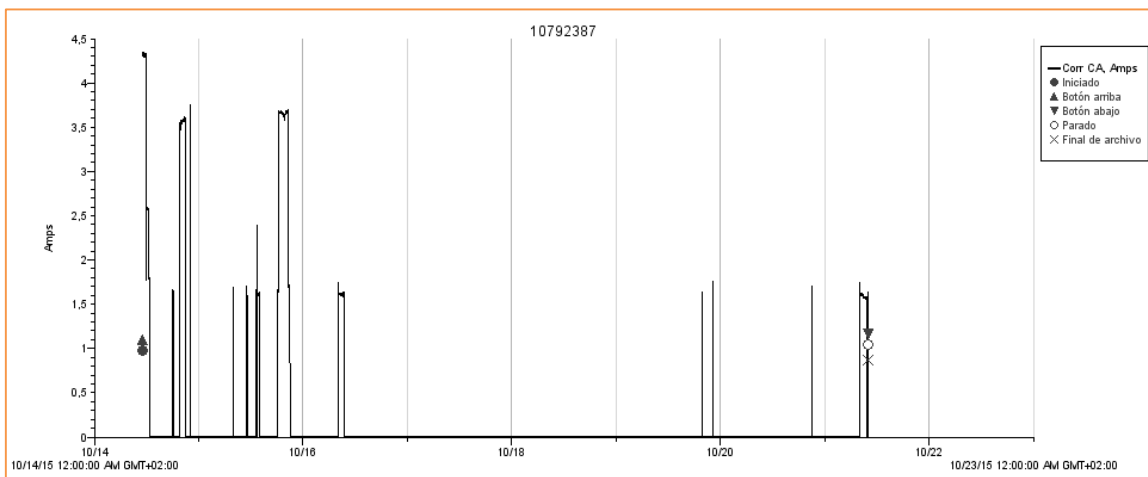
3.1.2 Registros monofásicos

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

- Recepción



- Recepción y Despacho 3



- **Pasillo y escalera.**

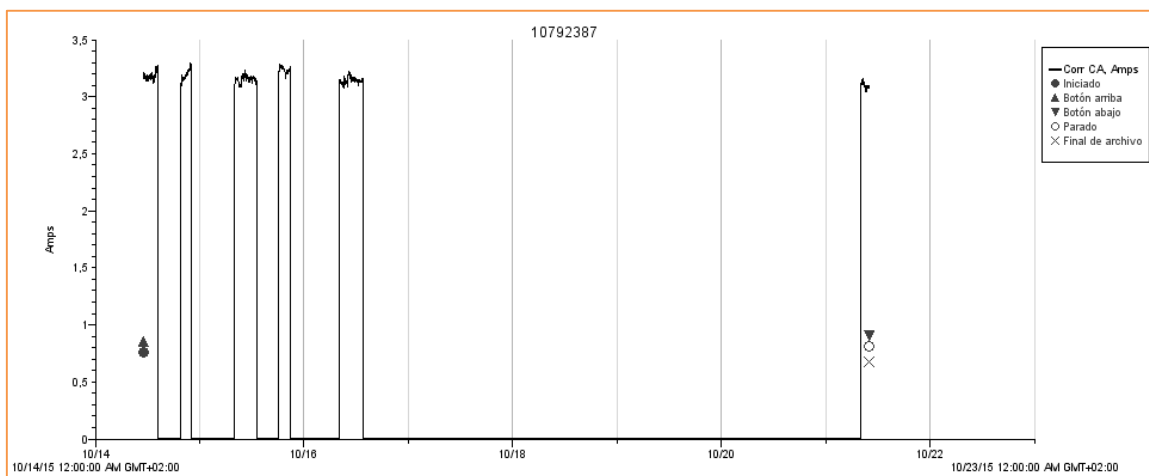


Gráfico 21 Registro de monofásico instalado en pasillo y escalera

Los registros permiten obtener un horario medio de funcionamiento de los circuitos en los que se ha realizado las mediciones, siendo éstos:

- Recepción: 5,38 h aprox.
- Recepción y despacho 3: 1,04 h aprox.
- Pasillo y escaleras: 4 h aprox.

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

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.

Edificio	Planta	Ubicación	Potencia (W)	Área (m^2)	Iluminancia Media (lux)	Valor s/ Norma (lux)	VEEI
Edificio principal	-1	Distribuidor 1	259,2	23,57	311	200	3,54
Edificio principal	-1	Aseo distribuidor 1	50	3,32	461	150	3,27
Edificio principal	-1	Distribuidor P-1	432	22,75	233	200	8,15
Edificio principal	-1	Pasillo aseos	345,6	25,26	262	150	5,22
Edificio principal	-1	Distribuidor 2	691,2	62,23	168	200	6,61
Edificio principal	-1	Almacén decoración teatro 1	432	37,34	293	100	3,95
Edificio principal	-1	Escalera lateral P-1	80	21,88	176	150	2,08
Edificio principal	0	Almacén 1	86,4	6,35	188	100	7,24
Edificio principal	0	Almacén 2	43,2	3,91	188	100	5,88
Edificio principal	0	Almacén 3	86,4	7,50	272	100	4,24
Edificio principal	0	Distribuidor P0	432	24,80	278	200	6,27
Edificio principal	0	Distribuidor 1	345,6	46,55	241	200	3,08
Edificio principal	0	Distribuidor aseos	150	2,32	645	200	10,02
Edificio principal	0	Aseo minusválidos	150	4,08	160	150	22,98
Edificio principal	0	Aseo caballeros	300	10,56	258	150	11,01
Edificio principal	1	WC 1	50	1,60	307	150	10,18
Edificio principal	1	WC 2	50	1,60	253	150	12,35
Edificio principal	1	Aseos Caballeros	50	4,45	357	150	3,15
Edificio principal	1	WC 3	50	1,60	688	150	4,54
Edificio principal	1	Almacén P1	172,8	10,00	537	100	3,22
Edificio principal	1	Pasillo 2 P1	172,8	7,36	591	150	3,97
Edificio principal	1	Archivo	43,2	5,65	275	100	2,78
Edificio principal	1	Escalera P1-P2	120	10,48	457	150	2,51
Edificio principal	2	Cuartillo Sala de Máquinas	86,4	7,44	230	100	5,05
Edificio principal	2	Escalera P2-P3	120,00	10,48	470	150	2,44
Edificio principal	3	Sala Motores Ascensor	86,4	7,20	600	100	2,00

Tabla 26 Resumen medidas de iluminación en diferentes estancias

Los valores medios de iluminancia son acordes a los recomendados. Los valores límite de eficiencia energética en la instalación, en zonas puntuales superan los límites recomendados para un edificio de estas características.

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 27 Condiciones interiores exigidas por el RITE

Durante el periodo comprendido entre los días 14/10/2015 y 20/10/2015, se realizaron registros de temperatura y humedad en un espacio, que debido a las condiciones climáticas de la zona no se encuentra climatizada. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- OFICINAS TECNICOS DE ILUMINACIÓN – Norte.

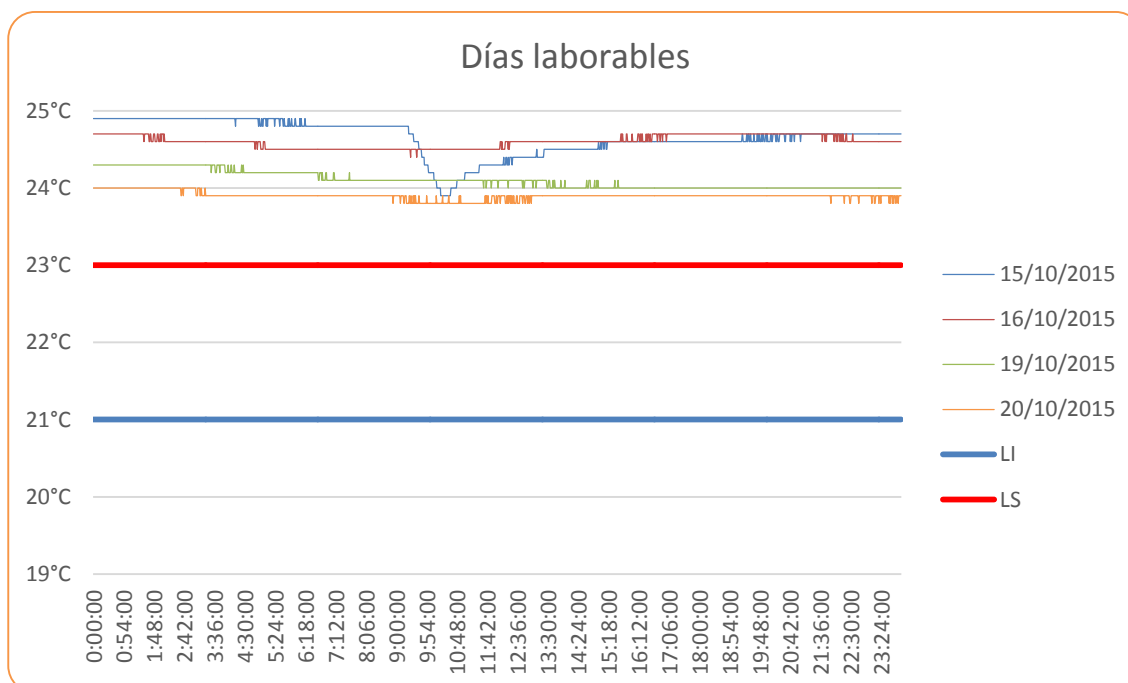


Gráfico 22 Registro de temperatura – INVIERNO – Días laborables

Festivos y fines de semana

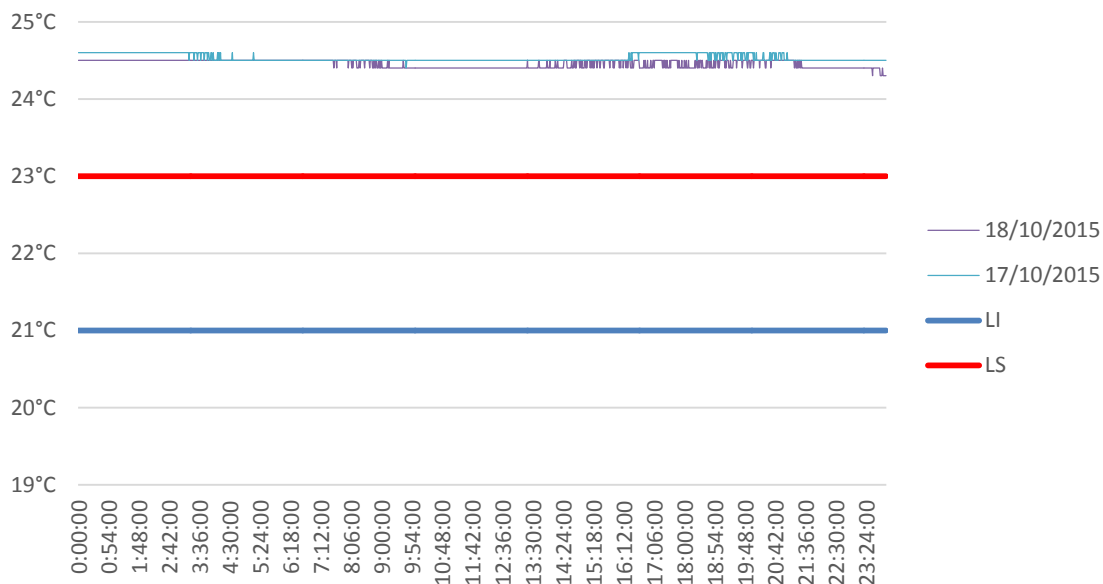


Gráfico 23 Registro de temperatura – INVIERNO – Días festivos

Días laborables

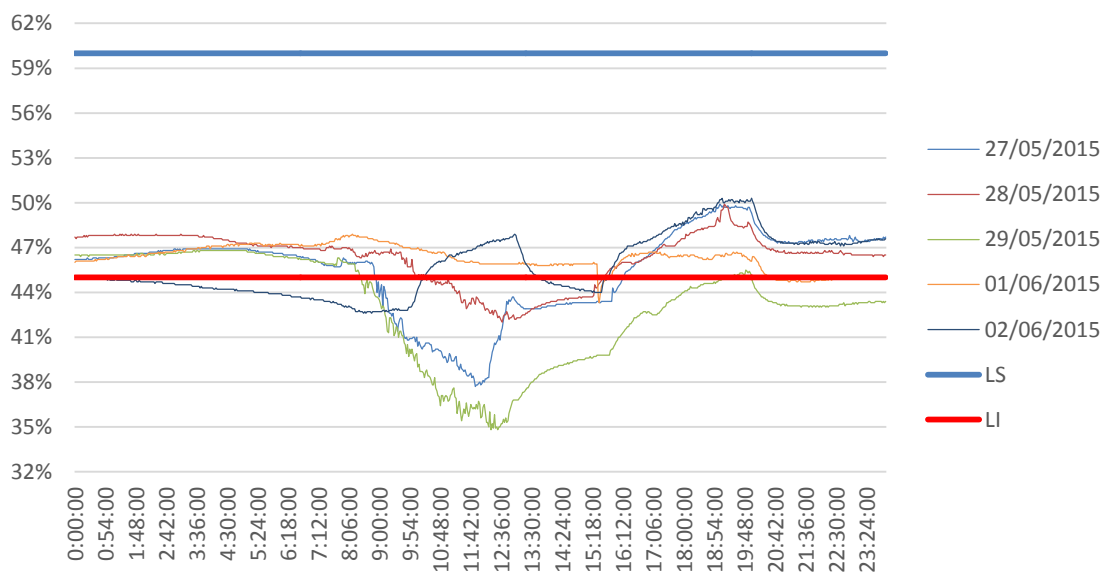


Gráfico 24 Registro de humedad relativa – INVIERNO – Días laborables



Gráfico 25 Registro de humedad relativa – INVIERNO – Días festivos

Durante el periodo registrado se aprecia que durante los días laborales la estancia no se encuentra climatizada, exceptuando el día 15/10/2015 que se observa que entra la refrigeración de 9:00 a 11:00 de forma puntual. A pesar de encontrarnos en el mes de Octubre, las temperaturas del periodo de medición son bastante elevadas, por lo que tratamos el análisis teniendo en cuenta los valores establecidos para la temporada de verano.

Las temperaturas oscilan entre los 23°C y 25°C durante los periodos de ocupación, cercano a las condiciones de confort.

Las principales conclusiones que se sacan son las siguientes:

- ☐ **Se aprecian aportaciones térmicas suficientes.** En general las temperaturas se encuentran entre los 23°C y los 25°C, sin llegar a sobre pasar los límites establecidos por el RITE (23-25°C), lo cual indica un aporte adecuado de refrigeración.
- ☐ En general, **no se mantiene encendida la climatización más tiempo de lo necesario**, solo en el periodo de ocupación.

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

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.

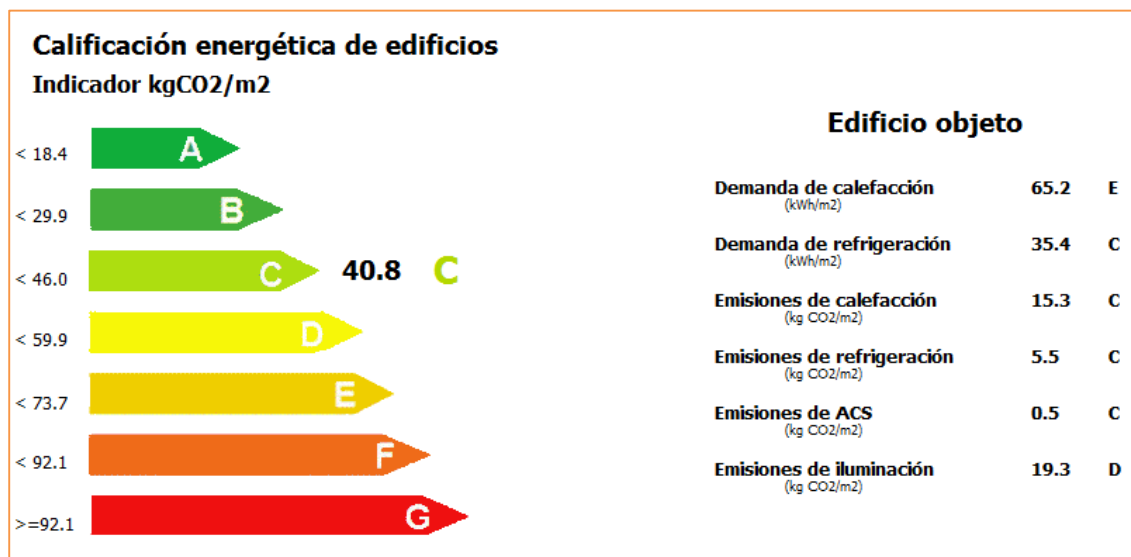


Imagen 25 Etiqueta Certificado Energético

En el anexo correspondiente se adjunta el informe completo de la certificación energética del Teatro Municipal de Marbella.

4. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO

4.1 Desglose de consumos eléctricos

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

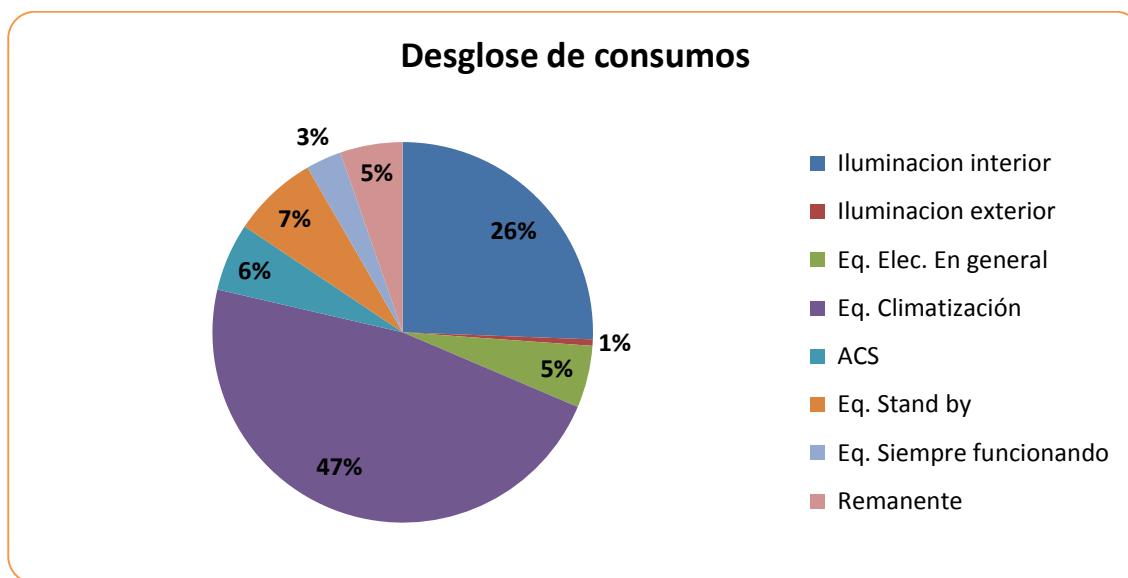


Gráfico 26 Desglose de consumos eléctricos

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

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

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

Por último, aparece en el gráfico un porcentaje “Remanente” que se debe, entre otras cosas, a:

- Equipos eléctricos e iluminación que se puedan quedar encendidos cuando no se están utilizando.
- Aparatos eléctricos que estén a final de su vida útil y consuman más electricidad de la requerida para su funcionamiento normal. Esto puede suceder en neveras con compresores antiguos, balastos electromagnéticos de lámparas, bombas, etc.
- Diferencia entre las horas registradas durante el estudio con los analizadores de redes para la utilización de la iluminación y los equipos eléctricos y las horas de uso a lo largo del año.

Este porcentaje se encuentra en el rango aceptable para una instalación de estas características, pero, según lo explicado anteriormente, se recomienda examinar la instalación para localizar consumos evitables y revisar ciertos comportamientos para intentar reducir en la medida de lo posible este consumo energético.

La siguiente gráfica muestra el consumo estimado en cada periodo frente al facturado, obteniéndose una desviación de alrededor del 1 %.

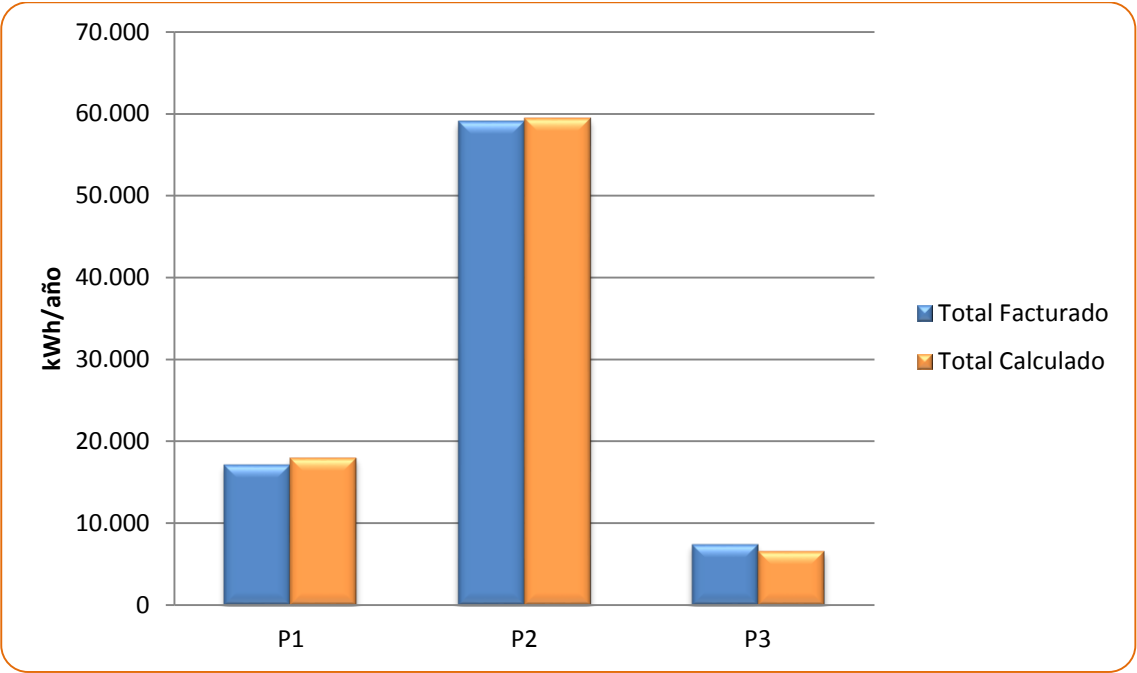


Gráfico 27 Desglose de consumos por periodo

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

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Tal y como queda descrito en apartados anteriores, la demanda de agua caliente sanitaria (ACS) en el centro está cubierta por medio de una instalación solar térmica con apoyo de una resistencia eléctrica.

A continuación se resume la contribución energética anual de dicha instalación a la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en el centro, calculada de acuerdo a las características de la instalación existente, descrita en el apartado correspondiente:

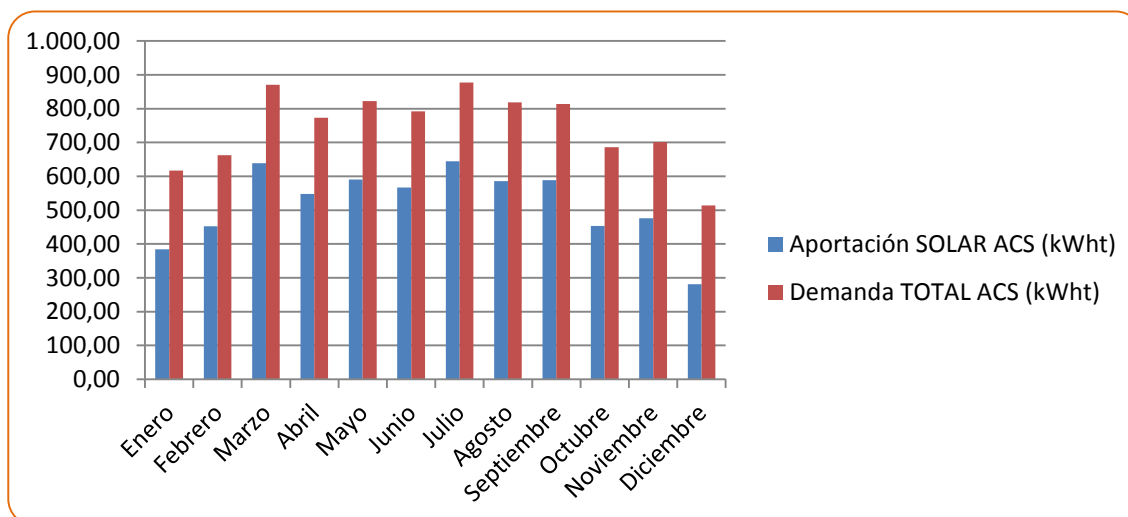


Gráfico 28 Resumen de contribución solar a la producción de ACS

En la siguiente tabla se muestran los datos globales de contribución solar anual a la producción de ACS del centro:

Demanda Térmica de ACS (kWht)	8.947,08	
Aportación Solar Anual (kWht / %)	6.209,58	69,40%
kgCO ₂ evitados al año	2.477,62	
Ahorro Económico (€/año) ¹	644,92	

Tabla 28 Resumen de contribución solar a la producción de ACS

De acuerdo a estos datos, la instalación cumple con las exigencias actuales del CTE – DB-HE4, que requiere una cobertura solar anual mínima del 50% para la zona climática IV correspondiente a Marbella.

¹El precio del gas natural se ha tomado de los precios actuales aplicados por la empresa comercializadora al ayuntamiento. (IVA no incluido).

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

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 26 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 TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

Precio de la energía

El precio de la energía así como el número de horas de funcionamiento se ha calculado en función del desglose de consumos realizado para cada periodo. Los datos de partida para el cálculo final se muestran a continuación:

	P1	P2	P3
Condiciones de contratación de energía (€/kWh)	0,14721	0,11582	0,07950
Porcentaje de consumo de iluminación por periodo	30,21%	69,79%	0,00%

Los valores resultantes finales se muestran en la siguiente tabla:

Precio de la energía (cent€/kWh)	12,52991
Precio de la potencia (€/kW y año)	28,54

Inversión

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

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

Ahorro energético anual			Ahorro económico			Inversión total	Retorno simple	Emisiones CO ₂ evitadas
kWh	De la mejora	Del edificio	Por energía	Por potencia	Total	€	Años	Ton/año
	%	%	€/año	€/año	€/año			
12.876	59,77%	15,37%	1.613,42 €	300,87 €	1.914,29 €	24.331,21 €	12,71	5,14

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 TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

5.2 Ajuste de la potencia eléctrica contratada

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

Descripción de la mejora

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

Aplicación de la mejora

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

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

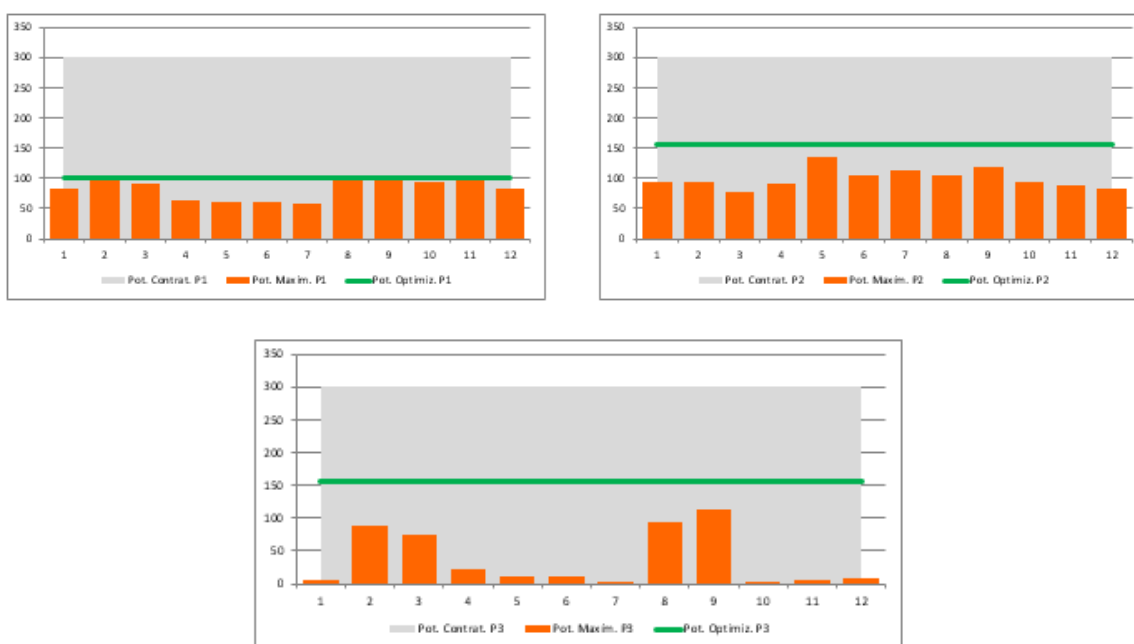


Gráfico 29 Potencias registradas y óptimas por periodo

Se ha realizado una simulación con los datos reales registrados por el máxímetro en el último año y diferentes valores de potencias contratadas. De esta forma se obtienen los valores que minimizan el importe en la facturación debida al término de potencia. Según dicho análisis se recomienda reducir la potencia contratada a **100 / 156 / 156 kW** para cada uno de los periodos.

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

Para tomar esta decisión es necesario estudiar si hay previsto un aumento o disminución de equipos que impliquen un cambio en la demanda actual. Cualquier modificación de potencia instalada o del uso actual de las instalaciones invalida esta opción, que se considera idónea en las condiciones actuales.

Cálculo de ahorros

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

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

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

Ahorros económicos

POT CONTRATADA			POTENCIA RECOMENDADA			Ahorro económico €/año
P1	P2	P3	P1	P2	P3	
300	300	300	100	156	156	11.113,12 €

Comparativa Coste Término de Potencia (€/año)

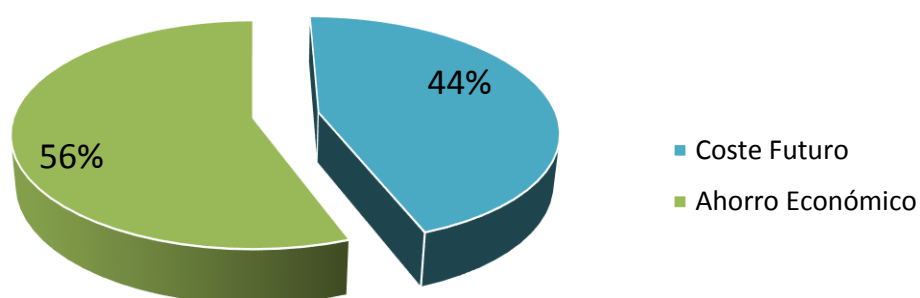


Gráfico 30 Ahorros obtenidos con el cambio de potencia

Riesgo técnico

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

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

6. MEJORAS RECOMENDADAS

6.1 Sistemas de regulación y control de la iluminación interior

Descripción actuación: Instalación de detectores de presencia en estancias de uso intermitente. Aprovechamiento de la luz natural mediante la utilización de sensores de luz

Descripción de la medida

Los detectores de presencia, también llamados detectores de movimiento o interruptores de proximidad, sirven para conectar o desconectar la iluminación de cualquier espacio en función de la existencia o no de personas en el mismo.

Con esto se logra que el control de encendido y apagado se realice automáticamente, sin que ninguna persona tenga que accionarlo, de manera que solamente permanecerá encendido un interruptor cuando realmente se requiere que la estancia esté iluminada, logrando a su vez un ahorro energético que puede llegar a ser importante.

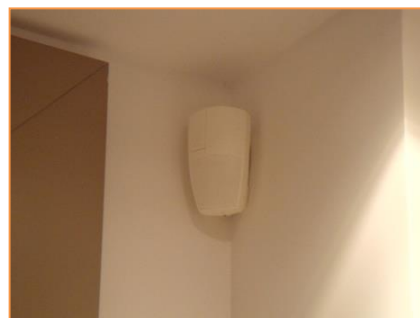


Imagen 27 Detectores de presencia

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 TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

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.

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

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.

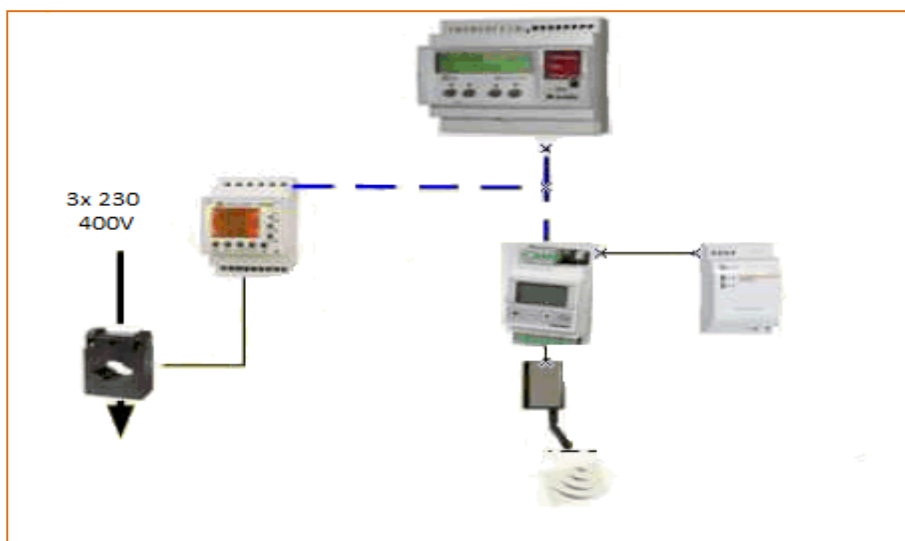


Imagen 28 Esquema de sistema de monitorización

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 TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

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 TEATRO MUNICIPAL	1306
		04
		Rev.06

7. PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

7.1 Energía solar térmica

No se considera su implantación ya que, tal y como se describe en apartados anteriores, el centro cuenta actualmente con una instalación solar térmica como contribución de energías renovables para la producción de ACS.

7.2 Biomasa

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, no se considera su instalación.

Por otra parte, el centro ya cuenta con una contribución de energías renovables para la producción térmica mediante la instalación solar térmica.

7.3 Fotovoltaica - Autoconsumo

Actualmente, las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo están reguladas mediante el Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre de 2015. En el apartado 5 se resumen los principales aspectos a tener en cuenta.

Entre los condicionantes principales que tendrían que cumplir los edificios o instalaciones para hacer viable una instalación fotovoltaica de autoconsumo que se adapte a los requisitos recogidos en el Real Decreto 900/2015, están los siguientes:

- Curva de carga del edificio continua y uniforme durante la mayor parte de los días del año. Maximizar el autoconsumo de la generación fotovoltaica.
- Espacio disponible para la ubicación de los módulos fotovoltaicos.

Por lo tanto, al no cumplirse estos condicionantes, no se aconseja la implantación de energía solar fotovoltaica en este centro.

8. RESUMEN

A continuación se presenta una tabla resumen incluyendo todos los ahorros e inversiones asociadas a la implantación de las mejoras propuestas en esta auditoría:

Propuestas de Mejora	Ahorro energético anual		Ahorro económico	Inversión total	Retorno simple	Emisiones CO ₂ evitadas
	kWh	% ²	€/año	€ ³	años	Ton/año
Sustitución de la iluminación existente por tecnología LED	12.876	59,77 %	1.914,29	24.331,21 €	12,71	5,14
Ajuste de Potencia eléctrica contratada	-	-	11.113,12	-	-	-
TOTAL ELÉCTRICAS	12.876	-	13.027,5	24.331,21	1,86	5,14

Tabla 29 Resumen de resultados de las actuaciones propuestas

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

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

² Sobre el consumo eléctrico o térmico anual

³ Todos los precios son sin IVA