



INFORME

AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA

(Escuela de adultos)

Nº OFERTA	CO_1306
Nº INFORME	IN_1306_56_20150125

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 Envoltente y cerramientos.....	4
1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS.....	5
1.4.1 Producción de ACS	5
1.4.2 Producción de frío y calor para climatización	5
1.4.3 Unidades Terminales.....	7
1.5 Iluminación.....	11
1.5.1 Iluminación interior	12
1.5.2 Iluminación exterior	12
1.5.3 Sistemas de control	12
1.5.4 Condiciones de funcionamiento.....	12
1.6 Otros equipos	13
1.7 Resumen de potencias instaladas	14
2. CONSUMOS ANUALES.....	15
2.1 Consumos eléctricos	15
2.2 Consumos térmicos.....	17
2.3 Consumos energéticos totales	17
2.4 Índices energéticos.....	18
2.4.1 Índices energéticos eléctricos	18
2.4.2 Índices energéticos térmicos.....	18
3. MEDICIONES REALIZADAS.....	19
3.1 Medidas eléctricas.....	19
3.1.1 Registros trifásicos	19
3.1.2 Registros monofásicos.....	21
3.2 Medida de nivel de iluminación	23
3.3 Medidas térmicas.....	24
3.3.1 Registradores de temperatura y humedad	24
3.4 Análisis termográfico.....	28
3.5 Certificación energética	28
4. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO	29
4.1 Desglose de consumos eléctricos.....	29

4.2	Desglose de consumos térmicos	30
4.3	Contribución de energías renovables	30
5.	ACTUACIONES PROPUESTAS	31
5.1	Sustitución de iluminación existente por tecnología LED	31
6.	MEJORAS RECOMENDADAS	33
6.1	Sistemas de regulación y control de la iluminación interior	33
6.2	Implantación de un sistema de monitorización y control.....	35
7.	PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES	37
7.1	Energía solar térmica.....	37
7.2	Biomasa	37
7.3	Fotovoltaica - Autoconsumo	37
8.	RESUMEN	39

1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y RESUMEN DE INVENTARIO

1.1 Datos generales del centro

Denominación del Centro	ESCUELA DE ADULTOS
Dirección	C/MIRAFLORES (MARBELLA)
Tipo de edificio	Centro Educativo
Persona de Contacto (Nombre, tlf, email)	Rosa Maria Rodeño Antona Telf: 662211517
Número de edificios	1

Tabla 1 Resumen datos generales

Las instalaciones de la **Escuela de Adultos** que se han auditado se encuentran situadas en la **Calle Miraflores 4** en la localidad de **Marbella**.



Imagen 1 Vista general de la Escuela de idiomas

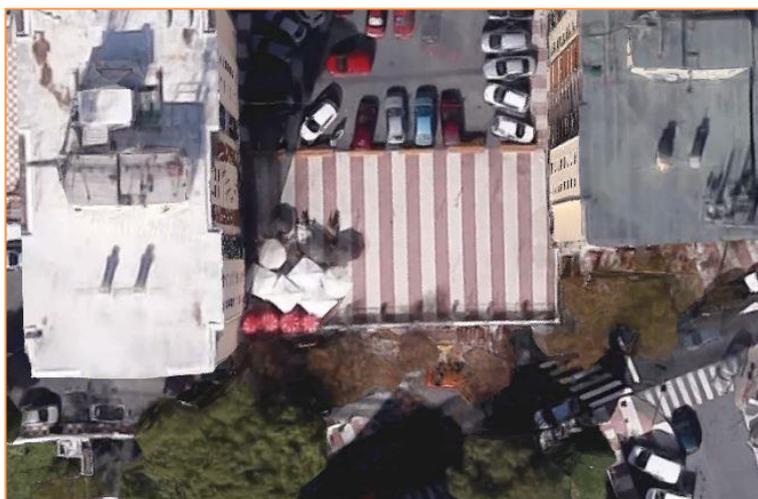


Imagen 2 Vista aérea de la Escuela de idiomas

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ESCUELA DE ADULTOS	1306
		56
		Rev.04

EDIFICIO	Nº plantas	Superficie Construida. m ²	Nº personas	Horario	Año de construcción	Año última reforma	Reformas realizadas
Edificio principal	1	432	86	9:30-13:30 16:00-20:00	1980	2014	Refuerzo cuadro eléctrico por aumento de potencia.

Tabla 2 Resumen de horario, usos y datos constructivos

EDIFICIO	Nº personas	Horario de funcionamiento
Dirección	1	9:30-13:30 16:00-20:00
Secretaría	1	
Aula 1	21	
Aula 2	21	
Aula 3	21	
Aula 4	21	

Tabla 3 Ocupación y horario por zonas y actividades del Edificio

El uso y ocupación del edificio depende de las clases y de los alumnos que asistan a ellas.

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	Sup. Total
Administrativo	74,69	74,69
Aseos	19,52	19,52
Aulas	207,51	207,51
No habitable	23,66	23,66
Zonas comunes	73,62	73,62
Sup. Total	399	399

Tabla 4 Distribución de Superficie por usos

A continuación se muestra un gráfico donde se recogen las superficies según el tipo de uso. Se observa que las aulas destinadas a enseñanza ocupan el 52% de la totalidad del edificio.

Superficie según usos

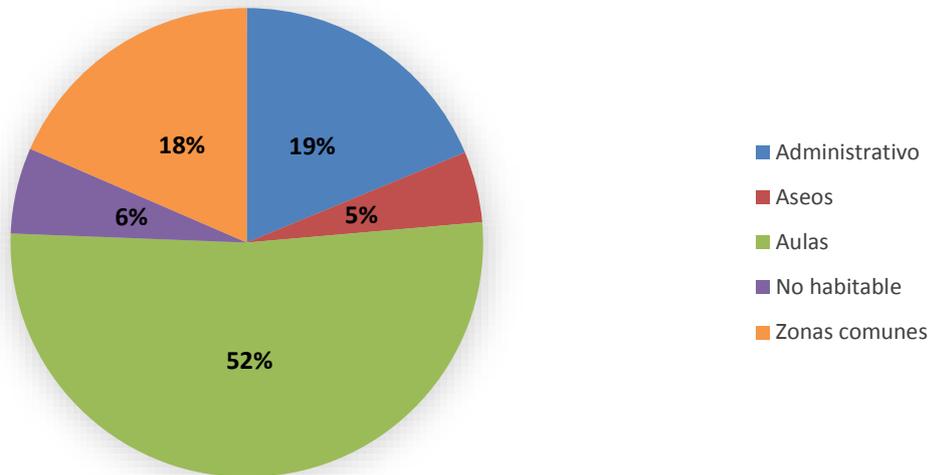
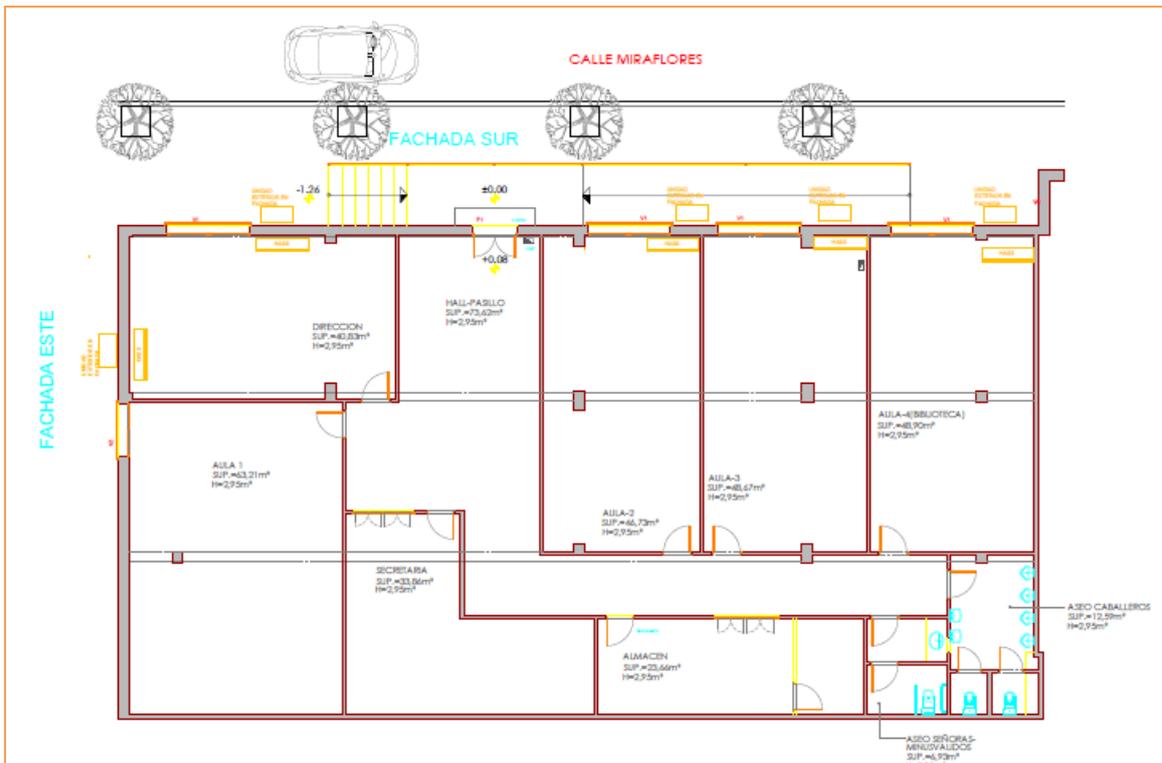


Gráfico 1 Superficie según Usos

A continuación se muestra el plano por planta de la instalación:



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 1980; y por lo tanto lo hizo bajo la influencia de dichas Normas Básicas de la Edificación.

El edificio se encuentra en un bajo ubicado entre dos bloques de viviendas, cuyo acceso se encuentra en la calle Miraflores. Sus fachadas se caracterizan por tener las mismas características constructivas, terminadas con un revoco liso continuo en color blanco con un zócalo inferior en color amarillo. La cubierta de este centro conforma la plaza central de los bloques de viviendas entre los que está ubicado. Las carpinterías del edificio son de cristal doble con marco metálico, protegidas con un embarrado.

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



Imagen 3 Diferentes tipos de carpintería exterior

1.4 Descripción de los sistemas de climatización y ACS

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

El centro no cuenta con sistemas de producción-acumulación de agua caliente sanitaria, ya que no existe demanda de este servicio.

1.4.1 Producción de ACS

Tal y como se comenta anteriormente, el centro no cuenta con sistemas de producción-acumulación de agua caliente sanitaria.

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	Unidad exterior - Split			
Edificio	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal	Edificio principal
Planta	0	0	0	0
Ubicación equipo	Fachada Este	Fachada Sur	Fachada Sur	Fachada Sur
Zona de tratamiento	Dirección	Aula 1	Aula 2	Aula 3
Servicio	Calefacción y refrigeración	Calefacción y refrigeración	Calefacción y refrigeración	Calefacción y refrigeración
Combustible	Electricidad	Electricidad	Electricidad	Electricidad
Tipo funcionamiento	Aire-Aire	Aire-Aire	Aire-Aire	Aire-Aire
Condensación / Evaporación	Aire	Aire	Aire	Aire
Marca	HAAS	HAAS	HAAS	HAAS
Modelo	ASW H12A4/HSFR	ASW H12A4/HSFR	ASW H12A4/HSFR	ASW H12A4/HSFR
Refrigerante	R407c	R407c	R407c	R407c
Tipo de unidad interior	Pared	Pared	Pared	Pared
Potencia Frigorífica (kW)	3,20	3,20	3,20	3,20
Potencia Absorbida Frío (kW)	1,19	1,19	1,19	1,19
EER	2,69	2,69	2,69	2,69
ESEER	-	-	-	-
Potencia Calorífica (kW)	3,80	3,80	3,80	3,80
Potencia Absorbida Calor (kW)	1,21	1,21	1,21	1,21
COP	3,14	3,14	3,14	3,14
Mes inicio calefacción	01/11/2015	01/11/2015	01/11/2015	01/11/2015
Mes final calefacción	28/02/2015	28/02/2015	28/02/2015	28/02/2015

Nº generador	1	2	3	4
Mes inicio refrigeración	01/05/2015	01/05/2015	01/05/2015	01/05/2015
Mes final refrigeración	30/06/2015	30/06/2015	30/06/2015	30/06/2015
días/semana	L-V	L-V	L-V	L-V
horario funcionamiento (mañana)	09:00-13:30	09:00-13:30	09:00-13:30	09:00-13:30
horario funcionamiento (tarde)	16:00-20:00	16:00-20:00	16:00-20:00	16:00-20:00
Sistema de gestión centralizado	NO	NO	NO	NO
Control - encendido / apagado	Manual	Manual	Manual	Manual

Nº generador	5
Generador	Unidad exterior - Split
Edificio	Edificio principal
Planta	0
Ubicación equipo	Fachada Sur
Zona de tratamiento	Aula 4
Servicio	Calefacción y refrigeración
Combustible	Electricidad
Tipo funcionamiento	Aire-Aire
Condensación / Evaporación	Aire
Marca	HAAS
Modelo	ASW H12A4/HSFR
Refrigerante	R407c
Tipo de unidad interior	Pared
Potencia Frigorífica (kW)	3,20
Potencia Absorbida Frío (kW)	1,19
EER	2,69
ESEER	-
Potencia Calorífica (kW)	3,80
Potencia Absorbida Calor (kW)	1,21
COP	3,14
Mes inicio calefacción	01/11/2015
Mes final calefacción	28/02/2015
Mes inicio refrigeración	01/05/2015
Mes final refrigeración	30/06/2015
días/semana	L-V
horario funcionamiento (mañana)	09:00-13:30
horario funcionamiento (tarde)	16:00-20:00
Sistema de gestión centralizado	NO
Control - encendido / apagado	Manual

Tabla 5 Características de los equipos de producción de frío y calor para climatización



Imagen 4 Equipos de producción de frío y calor para climatización

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

Calefacción	19 kW
Refrigeración	16 kW

Tabla 6 Resumen potencia térmica total instalada en equipos frigoríficos

1.4.3 Unidades Terminales

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

Unidades interiores – Expansión directa

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

Característica	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
Batería calor	R-407c	R-407c	R-407c	R-407c	R-407c
Cantidad	1	1	1	1	1
Marca	HAAS	HAAS	HAAS	HAAS	HAAS
Modelo	ASW H12A4/HSFR	ASW H12A4/HSFR	ASW H12A4/HSFR	ASW H12A4/HSFR	ASW H12A4/HSFR
Pot. Calorífica (kW)	3,80	3,80	3,80	3,80	-
Regulación	Válvula de expansión electrónica				
Servicio	Calefacción y refrigeración				
Tipo	Pared	Pared	Pared	Pared	Pared
Unidad terminal	Unidad interior - Split				

Tabla 7 Características técnicas de **unidades interiores** instaladas



Imagen 5 Tipología de **unidades interiores** instaladas

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

Zona	Superficie Calefactada (m2)	Pot. Calorífica (kW)	Ratio (W/m2)
Administrativo	40,83	3,80	93,07
Aulas	207,51	15,20	73,25
Total	248,34	19,00	76,51

Tabla 8 Resumen de potencia calorífica instalada por zonas

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

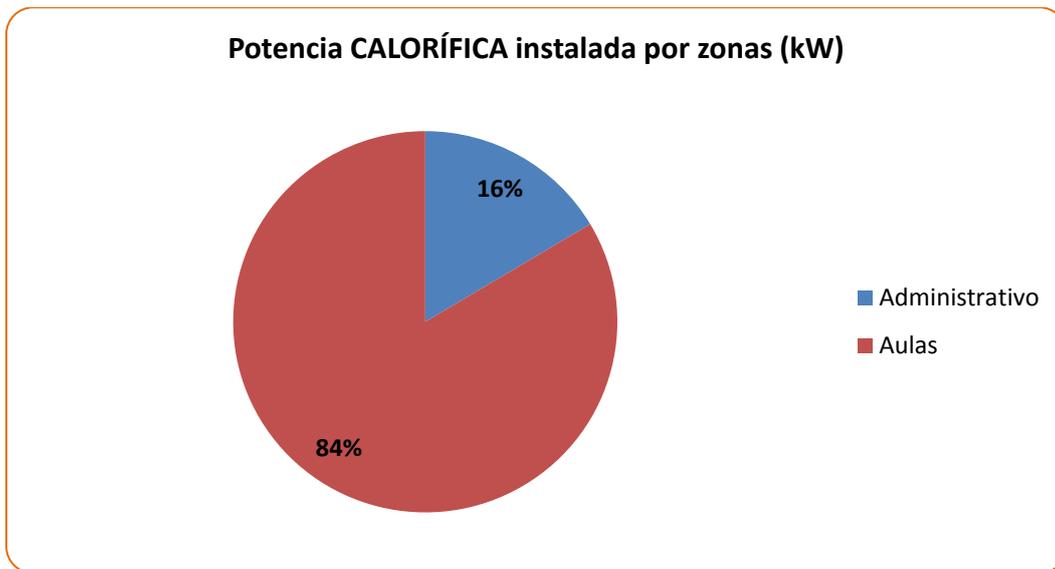


Gráfico 2 Porcentaje de potencia calorífica instalada por zonas

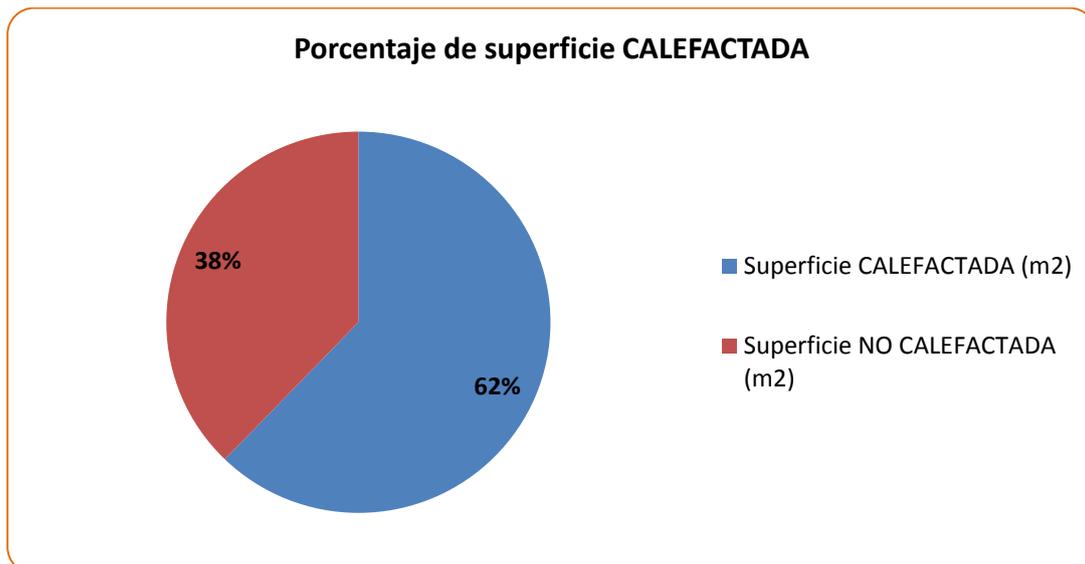


Gráfico 3 Porcentaje de superficie calefactada

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

Zona	Superficie Refrigerada (m2)	Pot. Frigorífica (kW)	Ratio (W/m2)
Administrativo	40,83	3,20	78,37
Aulas	207,51	12,80	61,68
Total	248,34	16,00	64,43

Tabla 9 Resumen de potencia de frío instalada por zonas

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

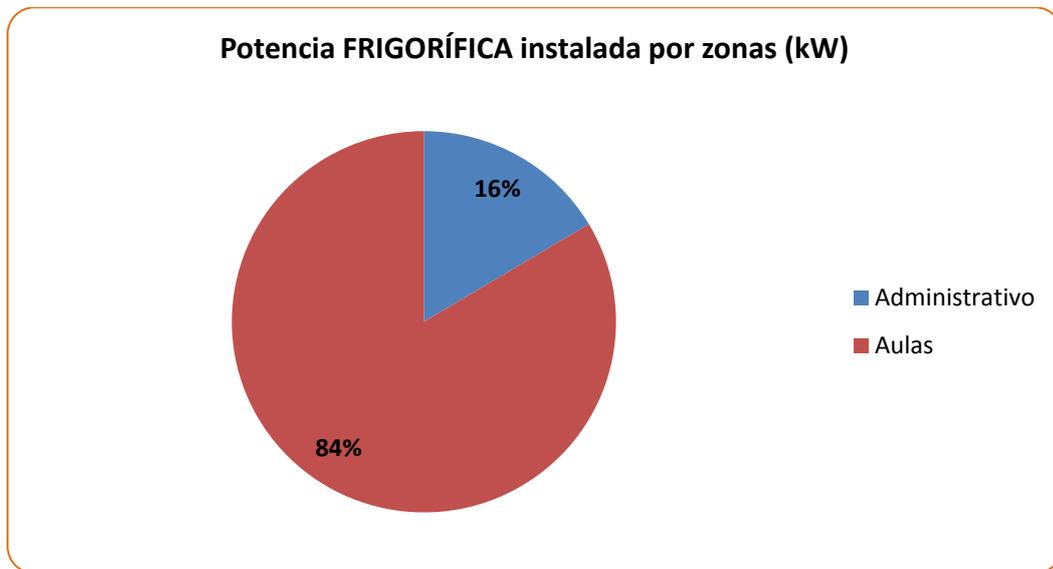


Gráfico 4 Porcentaje de potencia frigorífica instalada por zonas

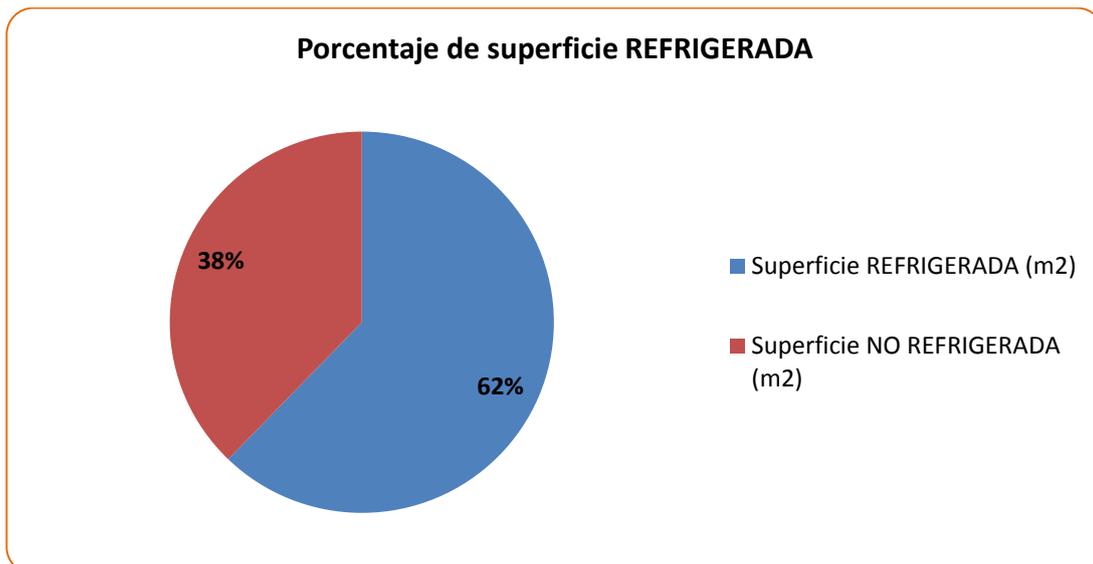


Gráfico 5 Porcentaje de superficie refrigerada

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

1.5 Iluminación

La potencia total instalada es de 3,93 kW, que se distribuye según usos tal como se muestra en el siguiente gráfico.

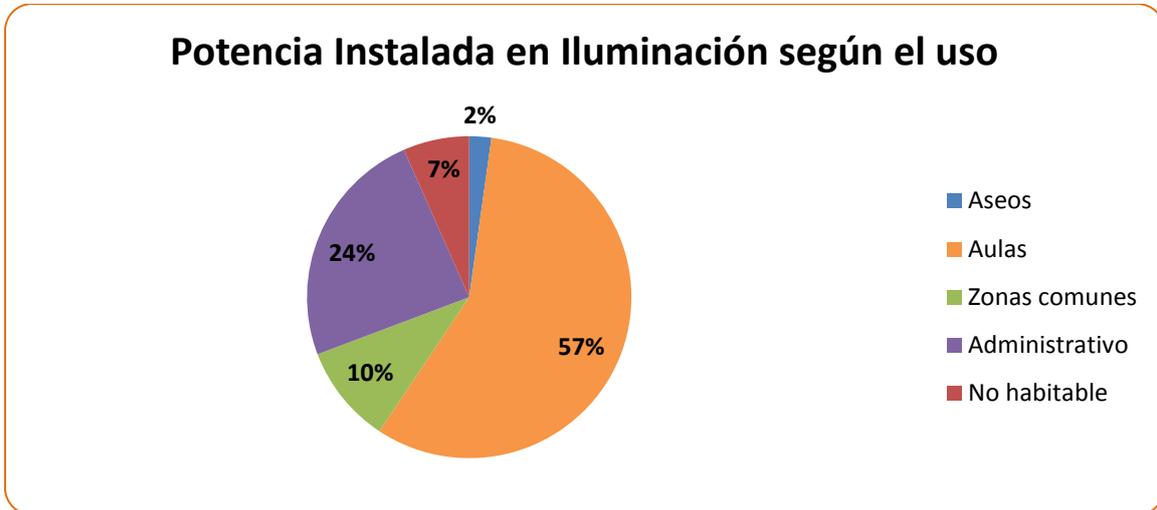


Gráfico 6 % Potencia instalada en iluminación según el uso

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

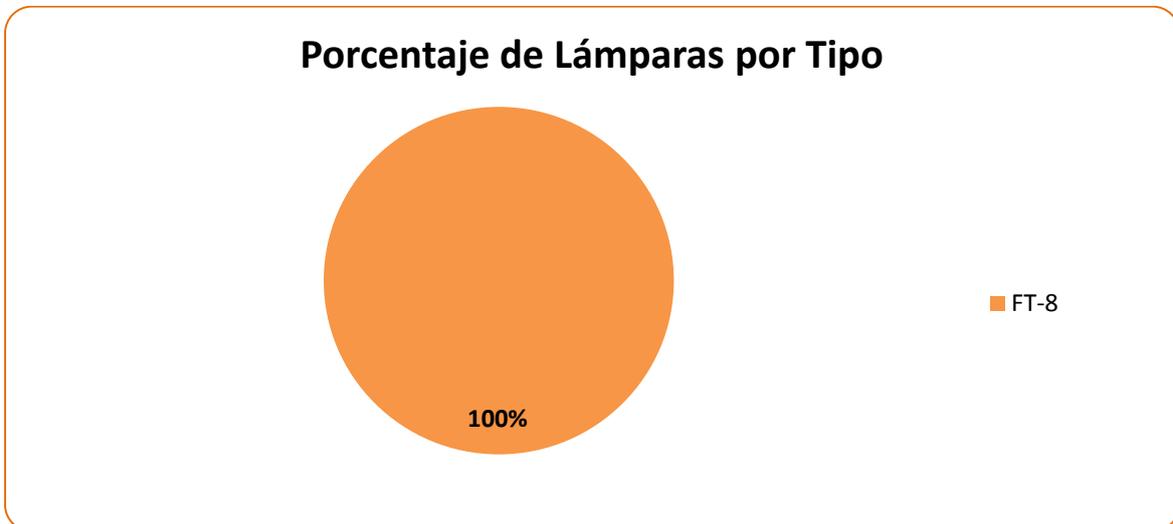


Gráfico 7 % de cada tipo de lámpara instalada

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	48	3,93
FT-8	48	3,93
1	5	0,22
36	5	0,22
2	43	3,72
36	43	3,72
Total general	48	3,93

Tabla 10 Resumen de lámparas instaladas

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



Imagen 6 Tipos de luminarias instaladas

1.5.2 Iluminación exterior

El edificio no cuenta con una instalación de iluminación exterior.

1.5.3 Sistemas de control

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

1.5.4 Condiciones de funcionamiento

Dado que las secciones de iluminación del centro se activan de forma manual, las condiciones de funcionamiento están relacionadas directamente con el periodo de ocupación. Por este motivo se instalaron registradores monofásicos durante varias jornadas representativas para determinar el perfil de comportamiento.

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ESCUELA DE ADULTOS	1306
		56
		Rev.04

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	12	1,915
Altavoz	6	0,38
Proyector	4	0,935
Televisión	1	0,3
Televisión	1	0,3
Electrodoméstico	2	0,89
Microondas	1	0,8
Nevera	1	0,09
Informático	37	12,689
Impresora	4	3,24
Ordenador sobremesa	28	8,136
Scanner	1	0,003
Trituradora de papel	1	0,23
Fax	1	1,032
Otros	2	0,048
Otros	3	2,83
Expendedora Café	1	1,5
Expendedora Refrescos	1	0,7
Expendedora Snacks	1	0,63
Producción de frío y calor	5	6,05
Unidad exterior - Split	5	6,05
Unidades de tratamiento	1	0,05
Ventilador	1	0,05
Total general	60	24,424

Tabla 11 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.

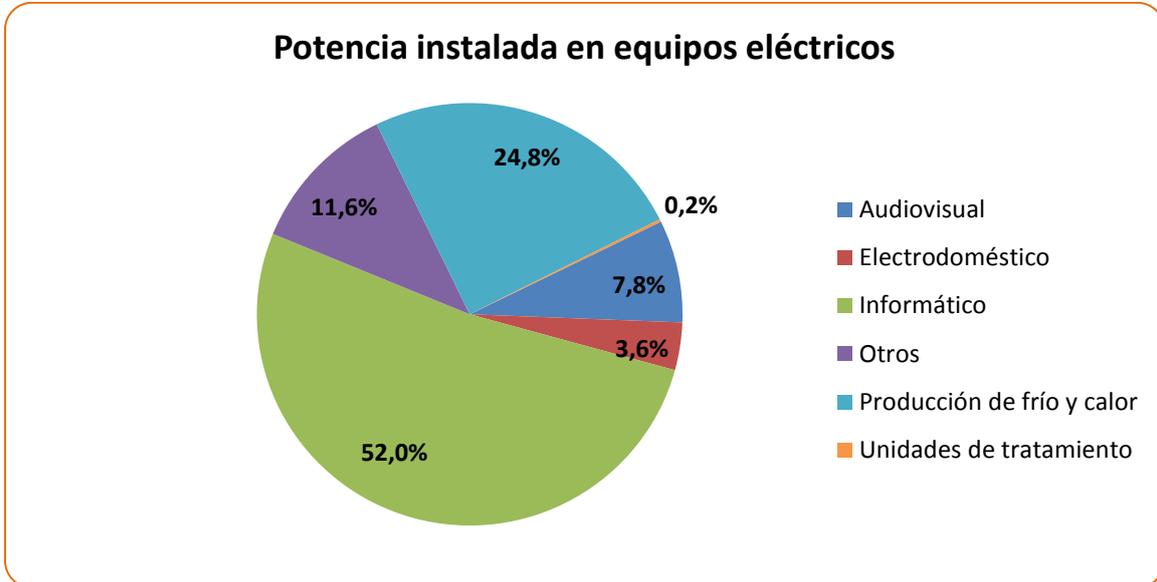


Gráfico 8 Potencia instalada por tipología de equipos

1.7 Resumen de potencias instaladas

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

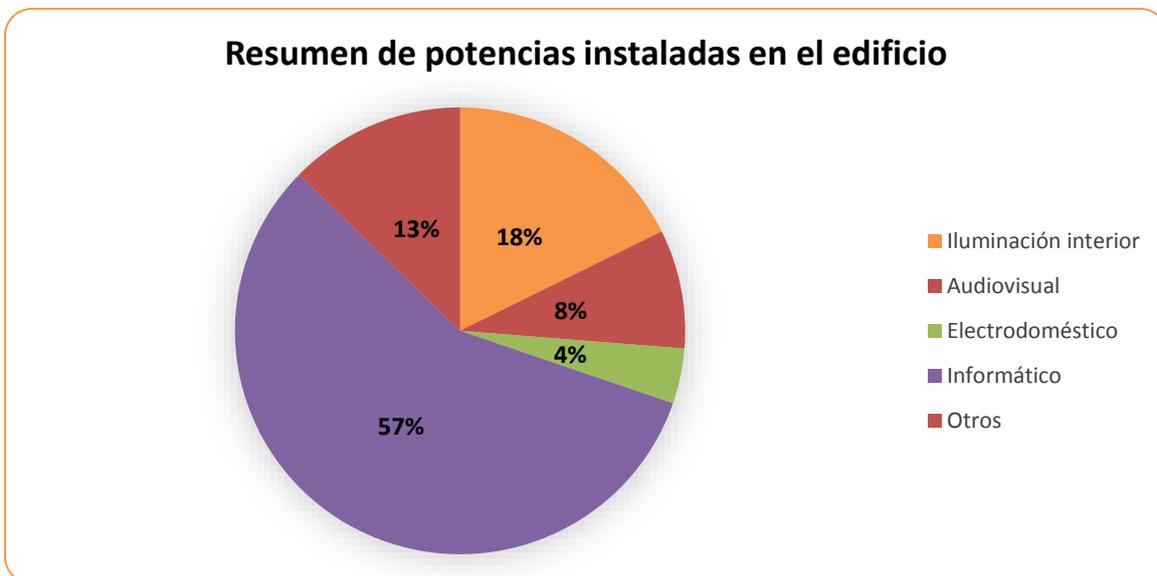


Gráfico 9 Potencia instalada por usos

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ESCUELA DE ADULTOS	1306
		56
		Rev.04

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	ES0031103004954001SX0F	Tarifa de acceso	2.0 A
CONDICIONES DE CONTRATACION			
		P1	
Potencia contratada (kW)		300	
Término de potencia (€/kW año)		39,762005	
Término de energía (€/kWh)		0,127389	

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)	Facturado Reactiva (€)	Base imponible (€)
10/01/2014	10/03/2014	609	0,00	97,98
10/03/2014	09/05/2014	589	0,00	64,41
09/05/2014	09/06/2014	328	0,00	51,88
09/06/2014	09/07/2014	190	0,00	31,35
09/07/2014	08/08/2014	22	0,00	11,51
08/08/2014	09/09/2014	67	0,00	18,11
09/09/2014	08/10/2014	337	0,00	54,75
08/10/2014	08/11/2014	381	0,00	60,60
08/11/2014	09/12/2014	292	0,00	46,02
09/12/2014	10/01/2015	186	0,00	34,10

Tabla 12 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
Potencia contratada (kW)	2,2
Potencia registrada (kW)	7,3

Tabla 13 Potencias contratada y registrada

Respecto a la potencia contratada se observa, al tratarse de una tarifa 2.0 A, la facturación eléctrica no consta con lectura de maxímetro, pero observando la potencia máxima registrada por el analizador de redes durante la semana del registro, se deduce que la potencia contratada es inferior a la demandada por el edificio, de manera que se recomienda hacer un seguimiento de este concepto por si en un futuro fuera posible realizar un ajuste de potencia.

Tras comparar los registros energéticos con las lecturas de la facturación se observa que el contador mecánico instalado, pueda no encontrarse en buen estado y puede estar realizando medidas inferiores a las reales.

El gasto anual de la facturación eléctrica es el siguiente:

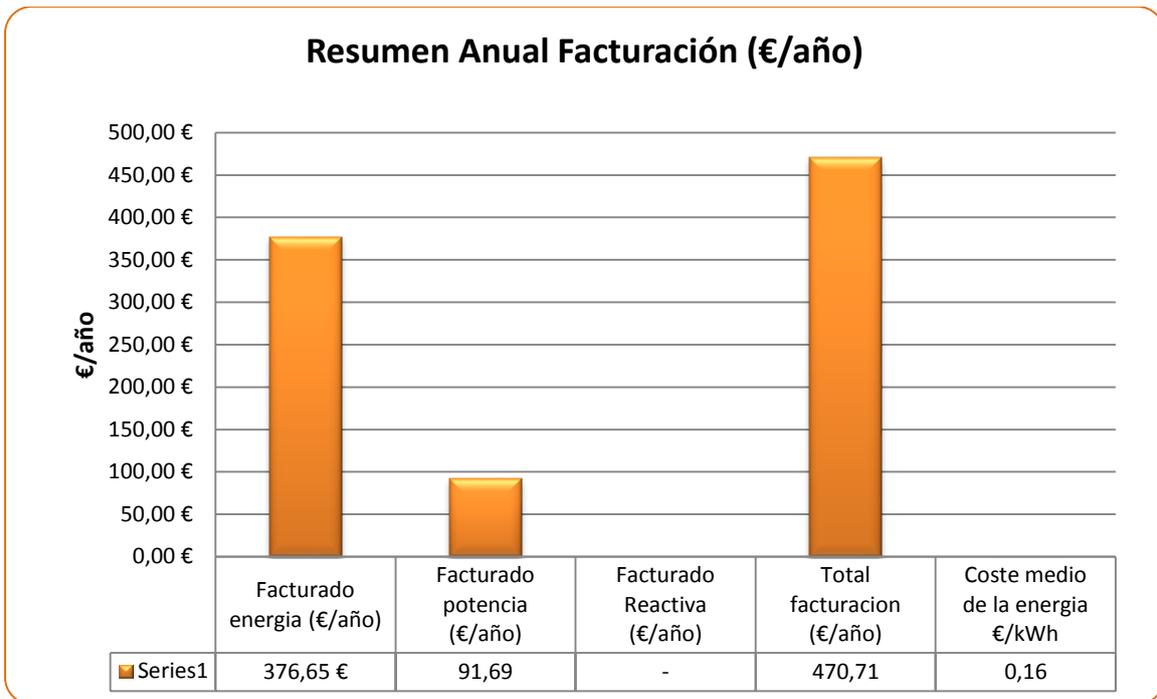


Gráfico 10 Resumen Anual de Facturación

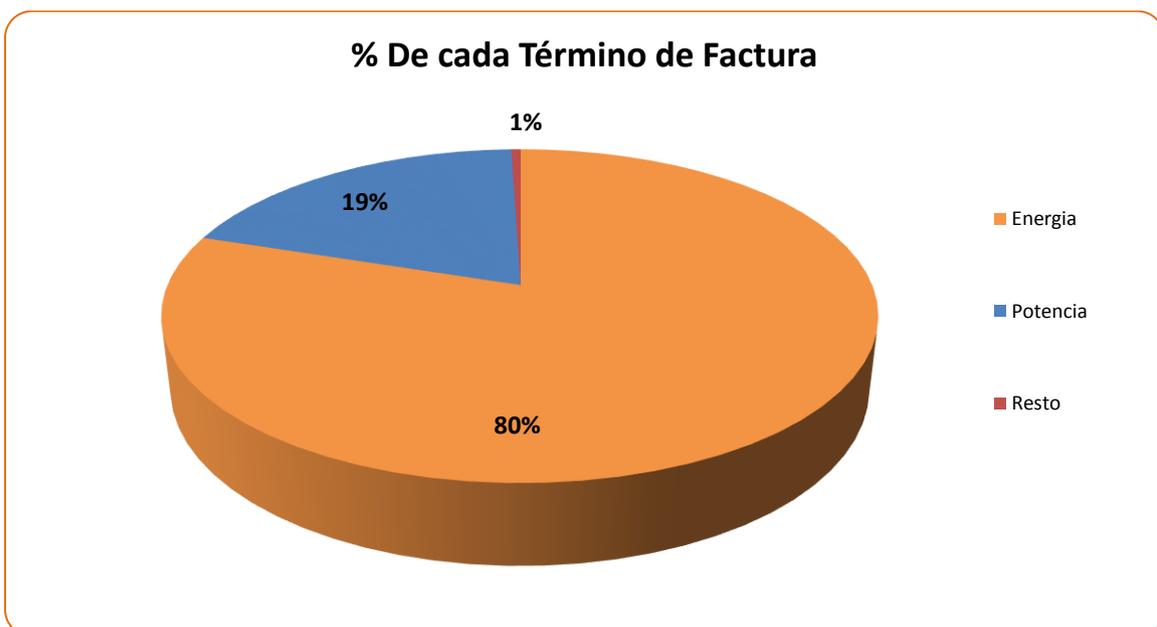


Gráfico 11 Resumen de los términos de Factura

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

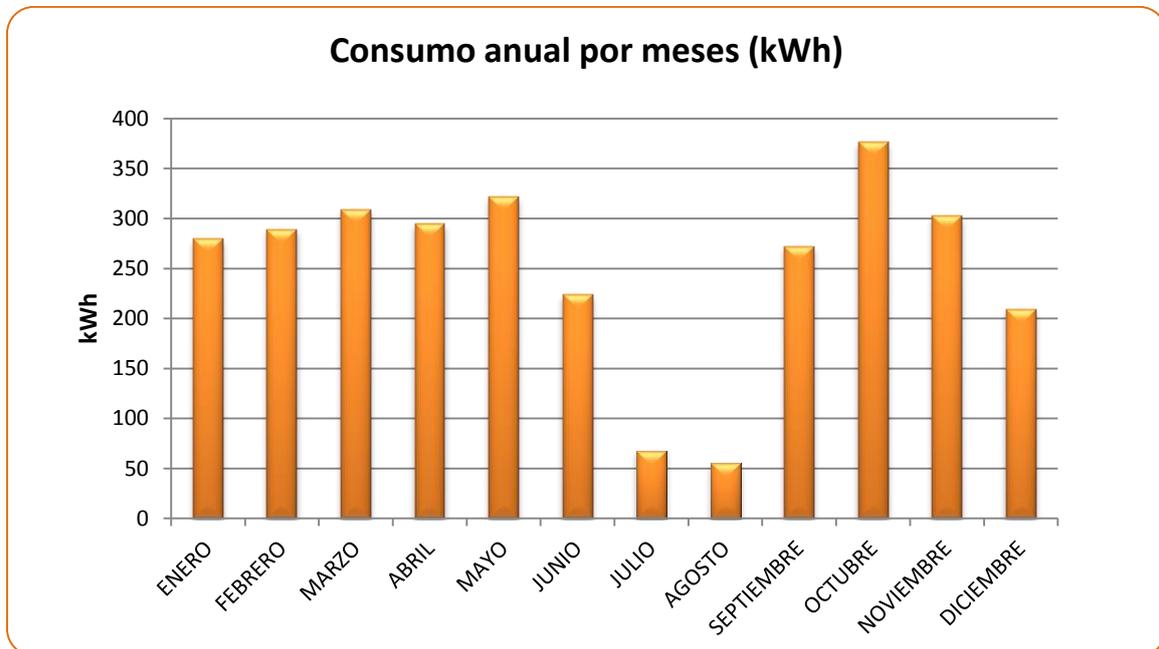


Gráfico 12 Consumo eléctrico mensual

La siguiente tabla muestra los valores globales del periodo estudiado:

Total Consumo energía (kWh)	3.001
Total Facturación (€)	470,71
Media mensual de consumo (kWh/mes)	250
Media mensual de coste (€/mes)	39,23
Coste medio energía (€/kWh)	0,157

Tabla 14 Resumen valores globales de la facturación eléctrica

2.2 Consumos térmicos

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

2.3 Consumos energéticos totales

	Electricidad	Combustible (PCI)	Total
Consumo (kWh/año)	3.001	-	3.001
Coste (€/año)	470,71 €	-	470,01

Tabla 15 Consumos energéticos anuales totales

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ESCUELA DE ADULTOS	1306
		56
		Rev.04

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	84
Superficie total	399,00
Pot. Instalada Iluminación (kW)	3,93
Pot. Instalada en equipos eléctricos (kW)	24,42
Pot. Eléctrica total Instalada (kW)	28,35

Tabla 16 Índices energéticos – Parámetros generales eléctricos

	ÍNDICES ELÉCTRICOS
kWh/año	3.001,00
€/kWh	0,16
kWh/m ² Total	7,52
€/m ² Total	1,18
kWh/persona uso	35,73
€/persona uso	5,60
Ton CO ₂ /año	1,20
Kg CO ₂ /m ²	3,00
Pot. Iluminación en W/m ²	9,85

Tabla 17 Resumen Índices energéticos eléctricos

2.4.2 Índices energéticos térmicos

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

3. MEDICIONES REALIZADAS

3.1 Medidas eléctricas

3.1.1 Registros trifásicos

POTENCIA ACTIVA (W)

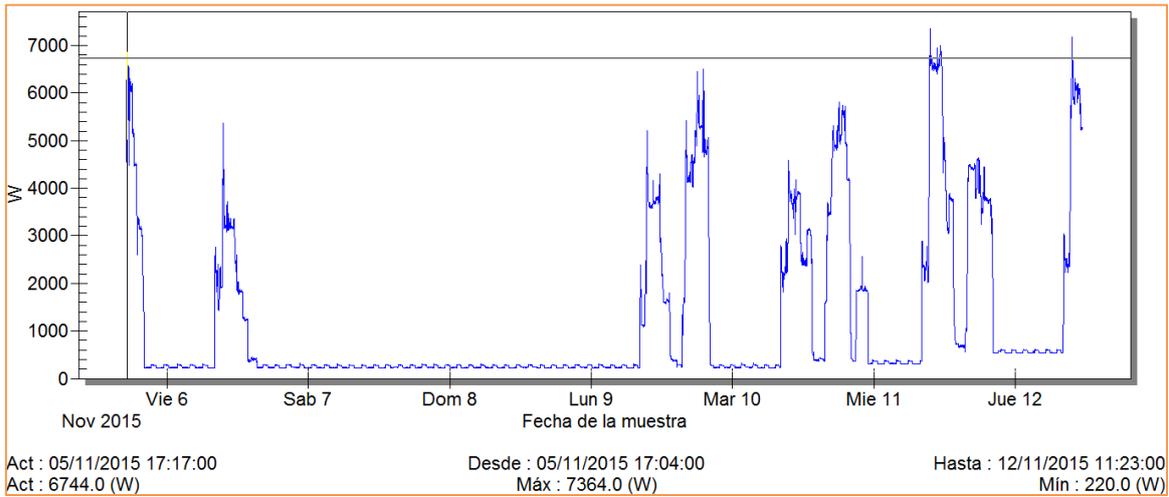


Gráfico 13 Datos de registro de potencia activa desde el 04/11/2015 al 12/11/2015

FACTOR DE POTENCIA

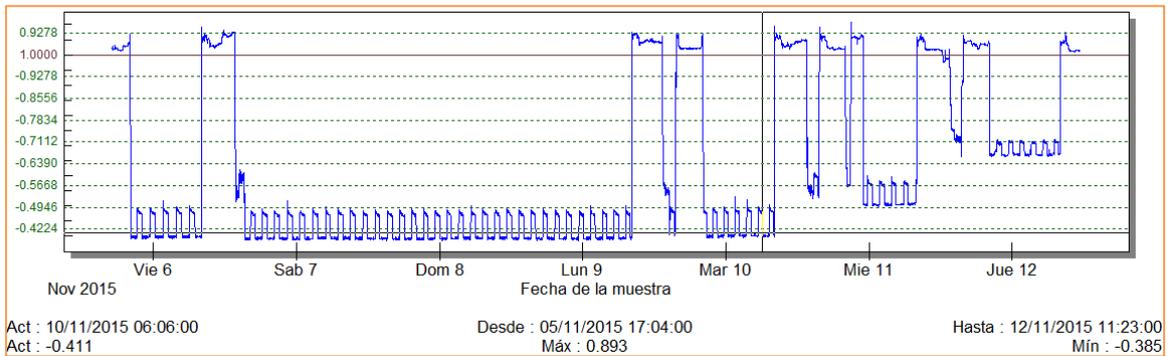


Gráfico 14 Factor de potencia trifásico registrado

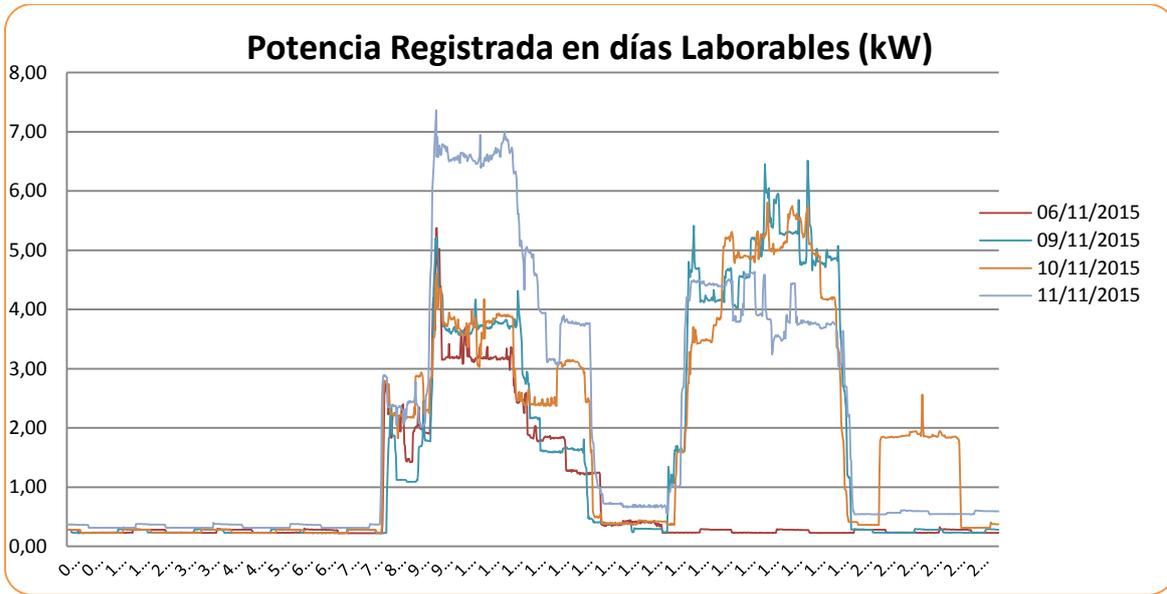


Gráfico 15 Potencia registrada en días laborales (kW)



Gráfico 16 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 no se observa una demanda de potencia fija considerable, ya que los equipos informáticos y la iluminación quedan completamente apagados, el consumo se asigna al sistema de seguridad y sistemas de redes informáticas.

Podemos observar que el edificio funciona los días laborables de 8:00 a 14:00 y de 16:00 a 20:00, se observa que el edificio no cuenta con instalación de iluminación exterior.

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

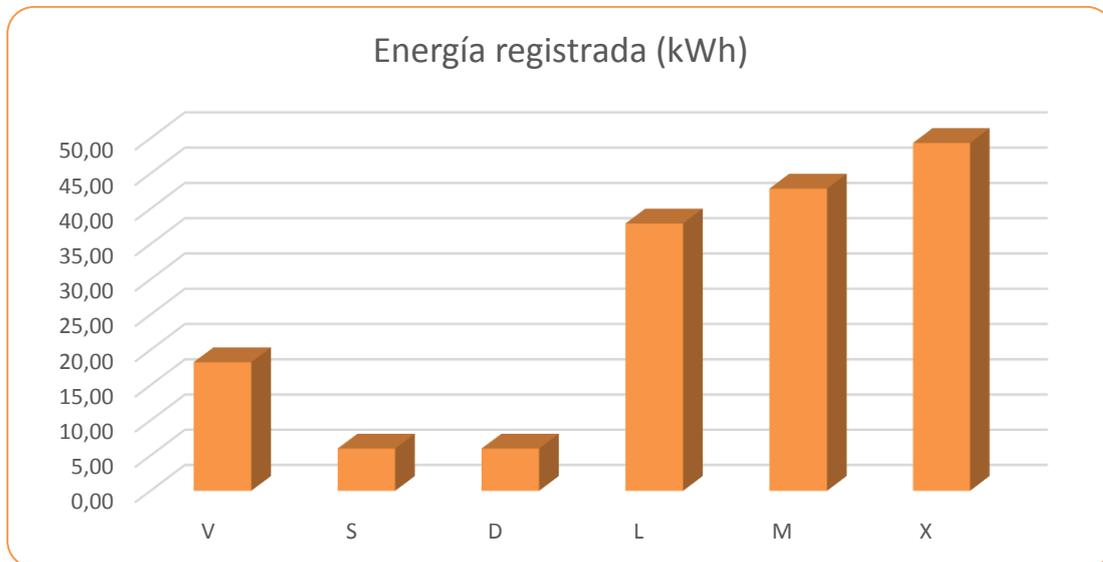


Gráfico 17 Energía consumida por cada día de la semana

El valor medio durante los días laborales es de 37,04 kWh y durante los días festivos de 6,00 kWh. Con estos valores obtenemos un consumo mensual de 801,76 kWh para el mes de Noviembre, representa un desvío respecto al valor facturado en Octubre de 2014 bastante elevado. Tras comparar los valores registrados con los facturados, se considera la posibilidad de que las lecturas del contador no sean las correctas, siendo menores estas a las reales. Se recomienda realizar una revisión del estado del contador.

3.1.2 Registros monofásicos

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

- Hall, pasillo y aula 4

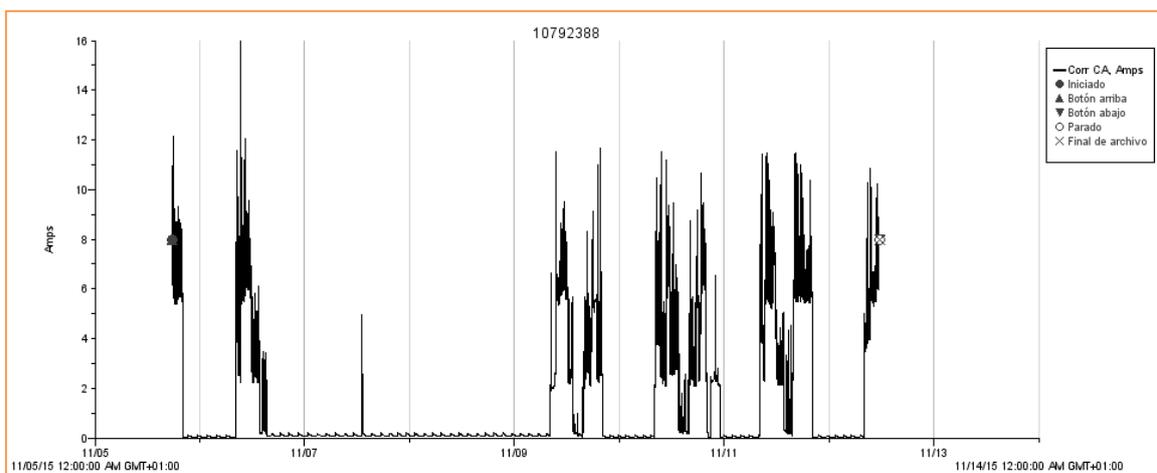


Gráfico 18 Registro de monofásico instalado en -Hall, pasillo y aula 4

- **Aula 2 y aula3**

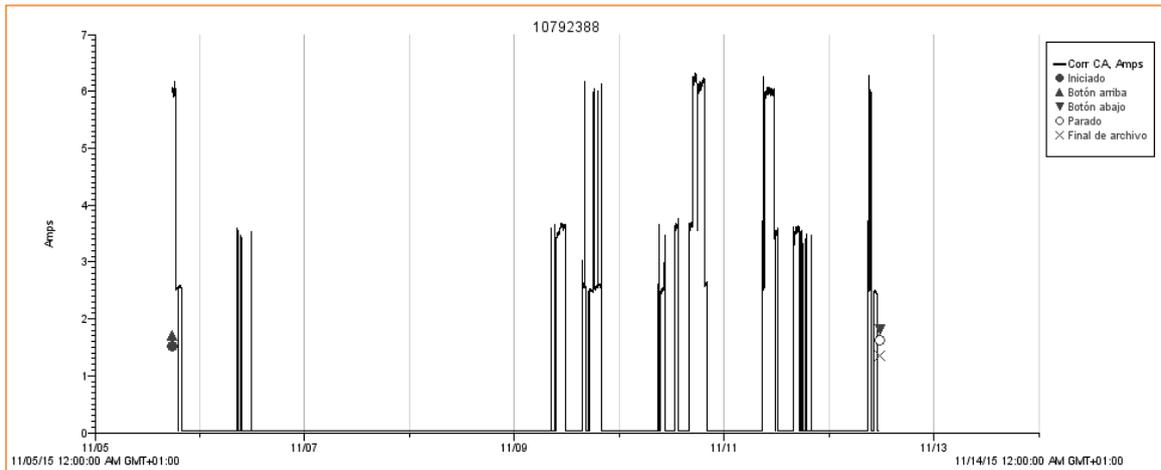


Gráfico 19 Registro de monofásico instalado en aula 2 y aula 3

- **Secretaría, aula 1 y dirección.**

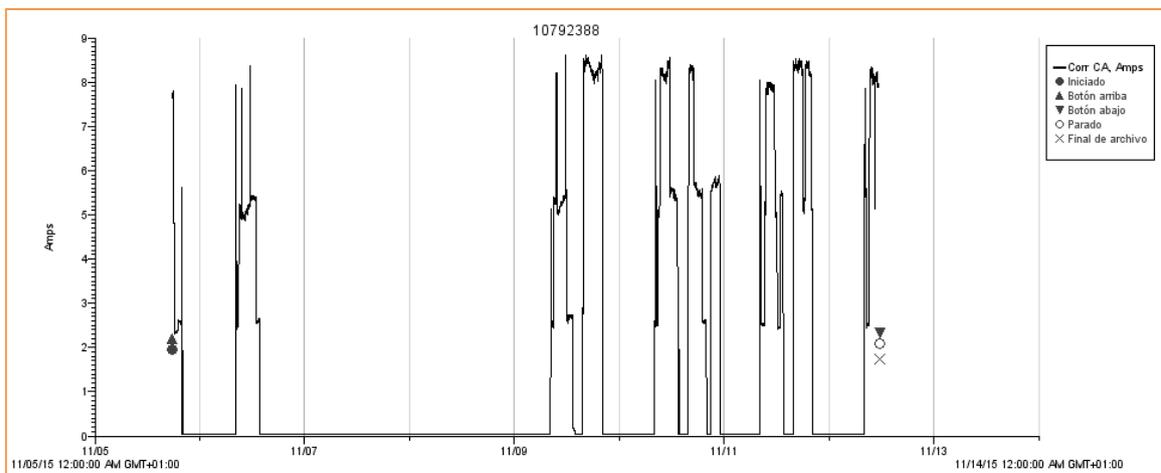


Gráfico 20 Registro de monofásico instalado en pasillo y escalera

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

- Hall. Pasillo y aula 4: 2,7 h aprox.
- Aula 2 y aula 3: 3 h aprox.
- Secretaría, aula 1 y dirección: 6,4 h aprox.

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	0	Dirección	518,4	40,83	220	300	5,77
Edificio principal	0	Aula 1	518,4	63,21	250	300	3,28
Edificio principal	0	Almacén	259,2	23,66	320	100	3,42
Edificio principal	0	Aula 2	518,4	46,73	300	300	3,70
Edificio principal	0	Aula 3	518,4	48,67	290	300	3,67
Edificio principal	0	Aula 4	691,2	48,90	340	300	4,16
Edificio principal	0	Aseo Señoras	43,2	6,93	165	150	3,78
Edificio principal	0	Aseo Caballeros	43,2	12,59	165	150	2,08

Tabla 18 Resumen medidas de iluminación en diferentes estancias

Los valores medios de iluminancia están por debajo de los recomendados en el caso de dirección y el aula 1.

Se aprecian niveles de iluminancia media normales en el resto del edificio.

*En este caso la iluminancia media no alcanza el valor mínimo exigido por la normativa, por lo que el valor de eficiencia energética de iluminación no se puede tomar como referencia ya que sería necesario aumentar la potencia instalada para cumplir la condición anterior.

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ESCUELA DE ADULTOS	1306
		56
		Rev.04

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 19 Condiciones interiores exigidas por el RITE

REGISTRO DE INVIERNO

Durante el periodo comprendido entre los días 05/11/2015 y 12/11/2015, se realizaron registros de temperatura y humedad en un espacio representativo del centro. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- **Secretaría**

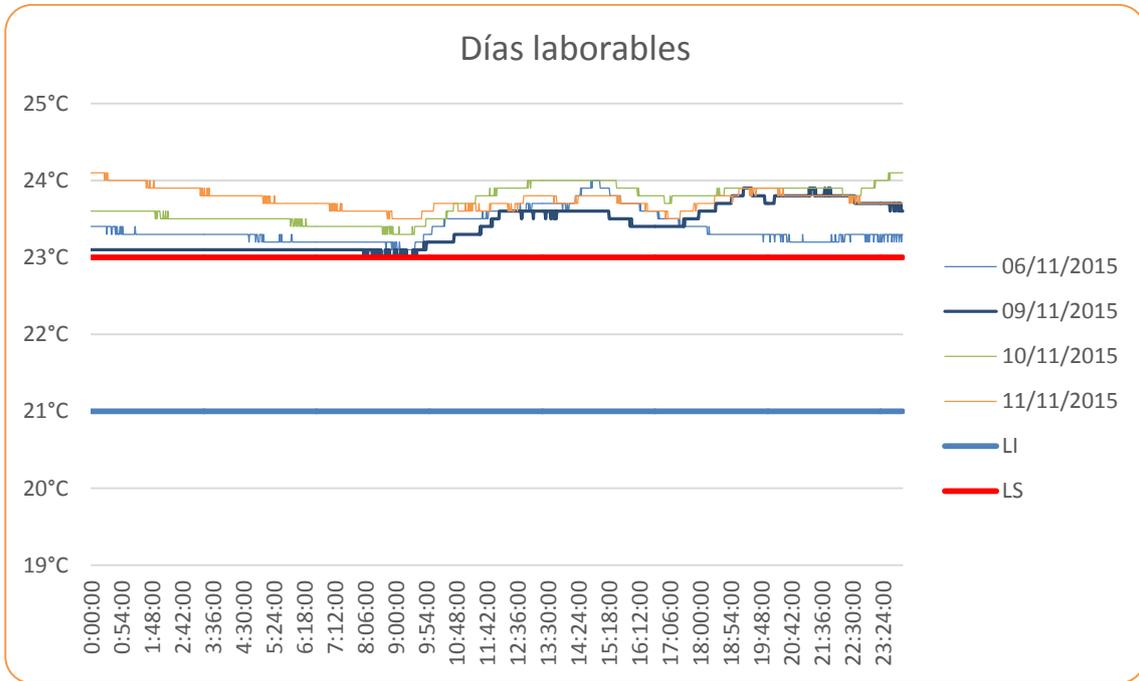


Gráfico 21 Registro de temperatura – INVIERNO – Días laborables



Gráfico 22 Registro de temperatura – INVIERNO – Días festivos

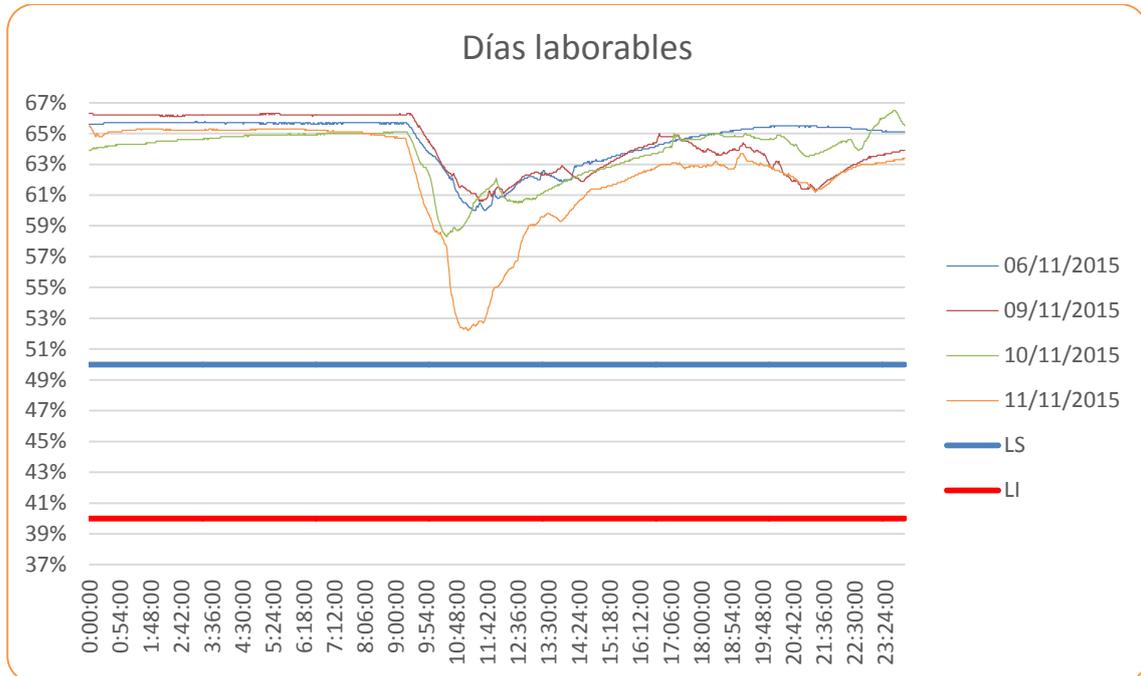


Gráfico 23 Registro de humedad relativa – INVIERNO – Días laborables



Gráfico 24 Registro de humedad relativa – INVIERNO – Días festivos

Dadas las condiciones climatológicas de la época, a pesar de haberse realizado el registro en noviembre, no se aprecia el uso de los sistemas de calefacción. Se observa que el uso del edificio comienza a las 9:00 hasta las 22:00.

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ESCUELA DE ADULTOS	1306
		56
		Rev.04

Las temperaturas oscilan entre los 23°C y 24°C durante los periodos de ocupación. En momentos puntuales se alcanzan los 24°C, superando el límite reglamentario de 23°C, lo que indica un exceso de aporte de calor que podría ser reducido mediante control por zonas o elementos.

Sin embargo, durante el fin de semana (días 7 y 8 de Noviembre) la temperatura se mantiene uniforme en los 23°C aproximadamente, no se observa uso del sistema de calefacción, algo lógico dado que las temperaturas exteriores durante el registro no condicionaban el uso del sistema de calefacción.

Las principales conclusiones que se sacan son las siguientes:

- Se aprecian valores excesivos de temperaturas de consigna en algunas zonas.** En general las temperaturas se encuentran entre los 23°C y los 24°C, superándose ligeramente (durante los periodos de ocupación) los 23°C que indican un aporte excesivo de calor, lo cual podría limitarse mediante la instalación de elementos de control por zonas o emisores.
- Se observa como la temperatura sigue la pauta de ocupación del edificio, aumentando desde las 9:00 hasta las 22:00 y a partir de esa hora va disminuyendo.
- No se han observado **encendidos de calefacción en días laborales y no laborales.**

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 D

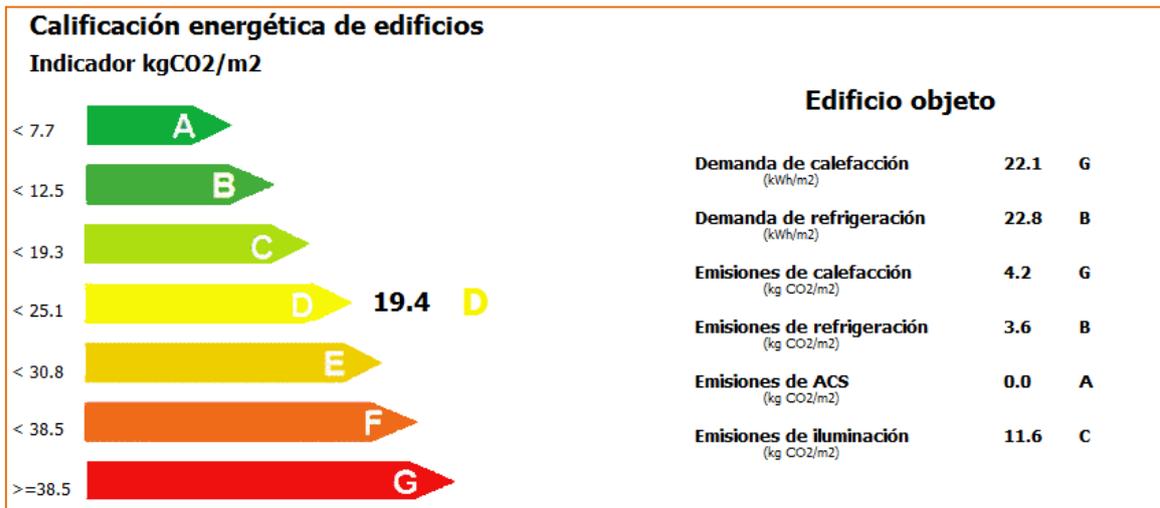


Imagen 7 Etiqueta Certificado Energético

En el anexo correspondiente se adjunta el informe completo de la certificación energética de la Escuela de Adultos

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:

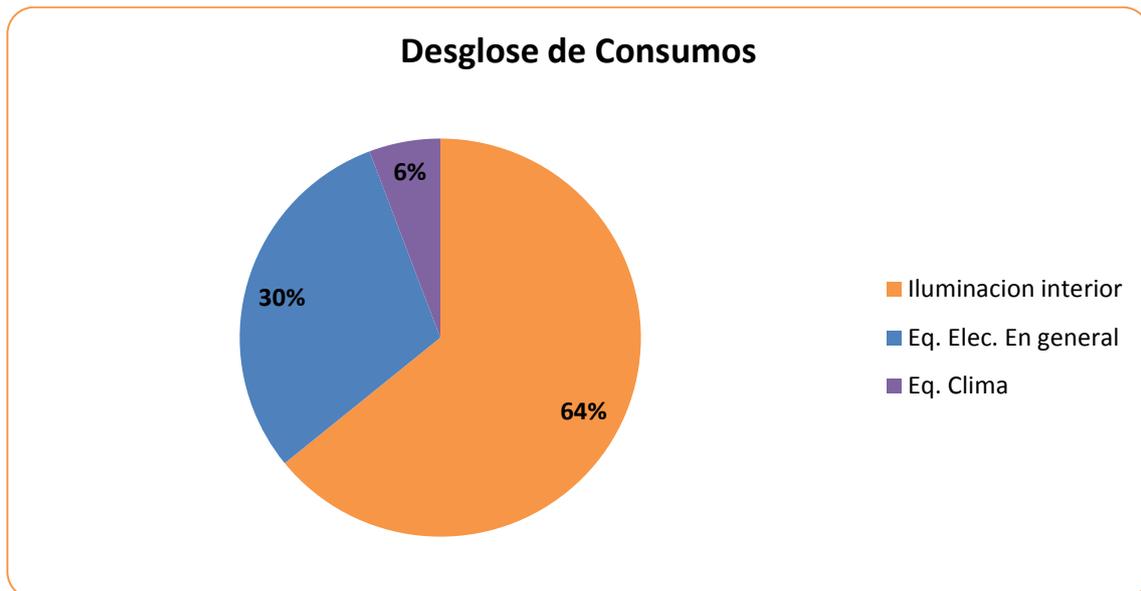


Gráfico 25 Desglose de consumos eléctricos

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

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

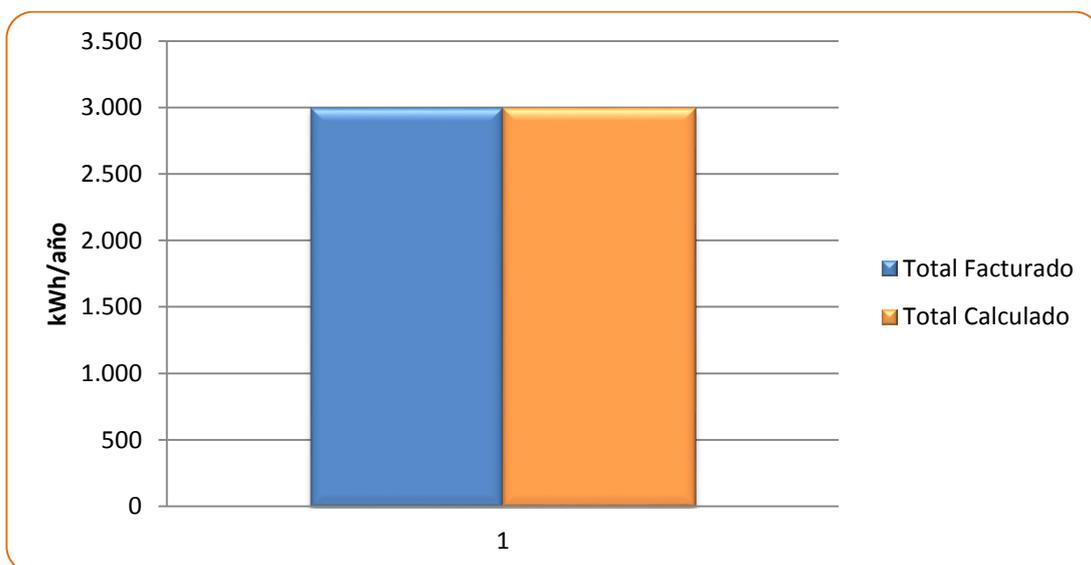


Gráfico 26 Desglose de consumos por periodo

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ESCUELA DE ADULTOS	1306
		56
		Rev.04

4.2 Desglose de consumos térmicos

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

4.3 Contribución de energías renovables

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

5. ACTUACIONES PROPUESTAS

5.1 Sustitución de iluminación existente por tecnología LED

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

Descripción de la mejora

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

Entre las ventajas de las lámparas led se encuentran:

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



Imagen 8 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 ESCUELA DE ADULTOS	1306
		56
		Rev.04

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)	0,12739	0,00000	0,00000
Porcentaje de consumo de iluminación por periodo	100,00%	0,00%	0,00%

Los valores resultantes finales se muestran en la siguiente tabla:

Precio de la energía (cent€/kWh)	10,89370
Precio de la potencia (€/kW y año)	39,76

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			
1.030	53,70%	34,32%	112,22 €	33,71 €	145,93 €	2.277,40 €	15,61	0,41

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 ESCUELA DE ADULTOS	1306
		56
		Rev.04

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 9 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 ESCUELA DE ADULTOS	1306
		56
		Rev.04

regulables, de forma que siempre se mantiene un nivel de iluminación predefinido en la sala. Con ello no sólo se puede ahorrar energía en los días soleados, sino que también se puede aprovechar la luz diurna en los días nublados.

El sensor se debe montar sobre una superficie de referencia (por ejemplo un escritorio), de forma que reciba fácilmente la luz reflejada en la superficie (luz que será mezcla de luz artificial y luz natural). Se debe evitar una iluminación directa de la luz del sol o de posibles reflejos muy intensos de la luz de sol (como por ejemplo, desde el alféizar de la ventana) ya que se pueden dar desviaciones en la regulación. Por la misma razón se debe de respetar una distancia adecuada.

Aplicación de la mejora

Para el cumplimiento del documento HE3 “Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación” del CTE, es necesario disponer de sistemas de regulación y control de la iluminación interior que cumplan las siguientes condiciones:

- Sistemas de detección de presencia o sistemas de temporización en zonas de uso esporádico.
- Sistemas de aprovechamiento de luz natural que regulen el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural.

Ahorro energético

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

6.2 Implantación de un sistema de monitorización y control

Descripción de la mejora

Se propone la implantación de un sistema de monitorización y control con el fin de que los parámetros principales de consumo térmico y eléctrico sean accesibles tanto para el responsable de los edificios como para el posible gestor energético que se haga cargo de su mantenimiento y explotación. Es una forma de facilitar la gestión por parte de la Empresa de Servicios Energéticos y el control por parte del Ayuntamiento.

El sistema contará con un gestor energético que será el eje sobre el que se montará el sistema de monitorización y control, el cual debe contar con un servidor web y XML integrado, además de un pequeño SCADA integrado que permitirá algunas acciones de control y programación del módulo, con comunicación mediante protocolo abierto (RS485 Modbus o similar) para la colección de datos y entradas digitales para otras señales como contadores de pulsos o señales de estado.

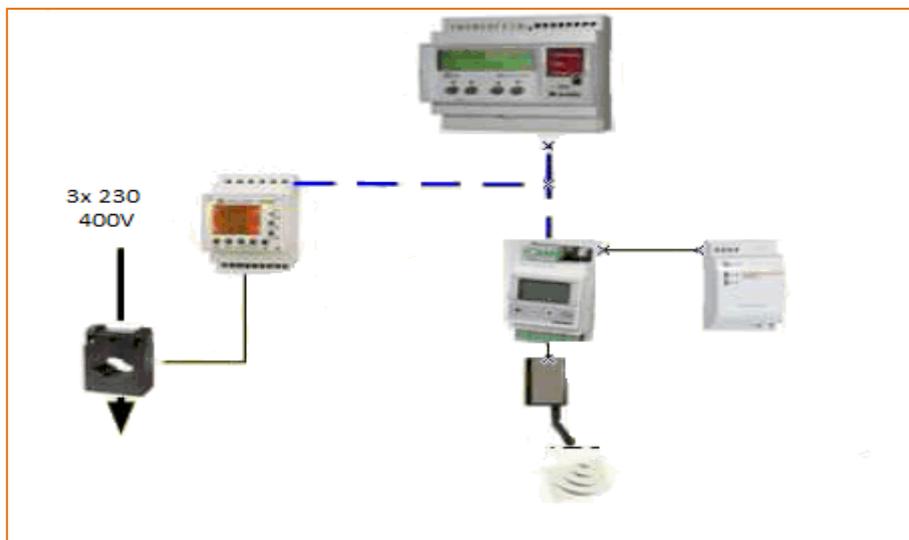


Imagen 10 Esquema de sistema de monitorización

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 ESCUELA DE ADULTOS	1306
		56
		Rev.04

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 ESCUELA DE ADULTOS	1306
		56
		Rev.04

7. PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

7.1 Energía solar térmica

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

7.2 Biomasa

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

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

- Debido al bajo número de horas de funcionamiento de la calefacción el periodo de retorno simple de la inversión sería elevado.
- La implantación de esta mejora sirve como actuación ejemplarizante y educativa sobre las energías renovables y la protección del medio ambiente. Esta circunstancia se ve acentuada por la mejora en calificación energética.
- Se considera una opción a tener en cuenta al sustituir la caldera existente si se dan las condiciones adecuadas de acceso del camión de suministro y hay espacio suficiente en la sala de calderas para el almacenamiento de combustible. En este caso, no existe sala de calderas y podrían existir limitaciones de acceso.

Desde el punto de vista de viabilidad económica, donde la implantación de estos sistemas presenta periodos de retorno altos, junto con las limitaciones de acceso y que la instalación actual no se adaptaría directamente a las condiciones de funcionamiento de una instalación de biomasa tradicional, no se considera su instalación.

7.3 Fotovoltaica - Autoconsumo

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

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

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

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA ESCUELA DE ADULTOS	1306
		56
		Rev.04

- Espacio disponible para la ubicación de los módulos fotovoltaicos.

En este caso, al no existir en el centro una demanda eléctrica estable durante todos los días del año, la implantación de un sistema de energía solar fotovoltaico de este tipo llevaría asociado un periodo de retorno muy elevado. Por este motivo no se aconseja la implantación de energía solar fotovoltaica en este centro.

8. RESUMEN

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

Propuestas de Mejora	Ahorro energético anual		Ahorro económico	Inversión total	Retorno simple	Emisiones CO ₂ evitadas
	kWh	% ¹	€/año	€ ²	años	Ton/año
Sustitución de iluminación por tecnología LED	1.030	34,32%	145,93 €	2.277,40 €	15,61	0,41
TOTAL ELÉCTRICAS	1.030	34,32%	145,93 €	2.277,40 €	15,61	0,41

Tabla 20 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.
- Sustitución de los equipos de climatización que utilizan R-22 como refrigerante.
- En el marco de la integración actual de las soluciones TIC asociadas a la gestión y control de consumos de edificios, se propone la implantación de un sistema de monitorización y control con el fin de que los parámetros principales de consumo tanto térmico como eléctrico sean accesibles tanto para el responsable de los edificios como el posible gestor energético que se haga cargo de su mantenimiento y explotación.

¹ Sobre el consumo eléctrico o térmico anual

² Todos los precios son sin IVA