

AUDITORÍA ENERGÉTICA

CEIP REYES CATÓLICOS

INFORME DE RESULTADOS

Noviembre 2018



STEP UP TO ENERGY EFFICIENCY !



Cliente: Diputación de Huelva

Fecha de visita: Octubre 2018

Elaborado por: Revisado por:

Marta Martín Hurtado

Javier De Armentía

Carlos Hernández Leal

Consultor de Eficiencia Energética

Alejandro Morell Fernández

Jefe de Proyecto (Ingeniero Certificado en
Medición y Verificación (CMVP- EVO))



ÍNDICE

1	RESUMEN EJECUTIVO	10
2	DATOS BÁSICOS DEL EDIFICIO	13
3	MOTIVACIÓN Y OBJETO.....	16
4	METODOLOGÍA	17
4.1	DESARROLLO DEL TRABAJO	17
4.2	CRITERIOS AMBIENTALES: NIVEL DE EMISIONES DE CO ₂ POR CONSUMO DE ENERGÍA.....	18
4.3	CRITERIOS ECONÓMICOS: CICLO DE VIDA DE LAS MEDIDAS CON INVERSIÓN	18
5	CONSUMOS ENERGÉTICOS	20
5.1	SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD	20
6	DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES.....	22
6.1	CALEFACCIÓN	22
6.2	REFRIGERACIÓN	23
6.3	GENERACIÓN DE ACS	24
6.4	ILUMINACIÓN	25
6.5	EQUIPOS	27
6.6	ENVOLVENTE.....	29
7	BALANCE ENERGÉTICO.....	31
7.1	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO	31
7.2	BALANCE ENERGÉTICO POR USOS	33
8	LÍNEA DE BASE	34
8.1	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA LÍNEA BASE	34
8.1.1	SELECCIÓN DEL PERÍODO DE REFERENCIA	34
8.1.2	IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO	34
8.1.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS MEDIANTE MODELOS DE REGRESIÓN	34
8.1.4	SELECCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO MÁS REPRESENTATIVO.....	35
8.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
8.3	LÍNEA DE BASE ESTABLECIDA.....	39
9	MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS	42
9.1	DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS	43
9.1.1	PRODUCCIÓN DE ACS	43



9.1.1.1	Instalación de perlizadores y reductores volumétricos en grifos y duchas	43
9.1.2	ILUMINACIÓN	44
9.1.2.1	Instalación de detectores de presencia y sensores de luz natural	44
9.1.2.2	Sustitución de tubos fluorescentes por LED	46
9.1.3	EQUIPOS	47
9.1.3.1	Instalación de sobre-enchufes (Plugwise)	47
9.1.4	ENERGÍAS RENOVABLES	49
9.1.4.1	Solar Fotovoltaica.....	49
9.1.5	FACTURACIÓN ELÉCTRICA	57
9.1.5.1	Optimización de la potencia contratada.....	57
9.2	DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO NO RECOMENDADAS	58
9.2.1	CLIMATIZACIÓN	58
9.2.1.1	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento.....	58
9.2.1.2	Sustitución de calefactores por bombas de calor	59
9.2.2	ILUMINACIÓN	60
9.2.2.1	Sustitución de lámparas convencionales por LED	60
9.2.3	EQUIPOS	64
9.2.3.1	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	64
10	MEDIDA DE GESTIÓN Y CONTROL ENERGÉTICO	66
10.1.1	TELEGESTIÓN DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA.....	66
11	BUENAS PRÁCTICAS Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN.....	67
11.1	REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LAS ESTANCIAS.....	67
11.2	CONFIGURACIÓN CORRECTA DEL PROGRAMA ENERGY STAR	68
11.3	LIMPIAR LA PARTE TRASERA DE FRIGORÍFICOS Y CONGELADORES	69
11.4	DESCONGELAR SI SE FORMA ESCARCHA EN LOS FRIGORÍFICOS.....	70
12	CONCLUSIONES	71
12.1	MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS	71
12.2	MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS.....	75
12.3	FLUJO DE CAJA	77
12.4	REDUCCIÓN DE EMISIONES	78
12.5	PLAN DE ACTUACIÓN	78
13	ANEXOS.....	81
13.1	CALEFACCIÓN	81
13.2	REFRIGERACIÓN	84



13.3 GENERACIÓN DE ACS	87
13.4 EQUIPOS	88
13.5 ILUMINACIÓN	93
13.6 ENVOLVENTE.....	103
13.7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SOLAR FOTOVOLTAICA	106



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP Reyes Católicos	12
Tabla 2. Datos básicos de la instalación	15
Tabla 3. Indicadores calculados para el edificio	15
Tabla 4. Emisiones unitarias por kWh	18
Tabla 5. Consumos energéticos	20
Tabla 6. Características del suministro eléctrico	20
Tabla 7. Datos mensuales de consumo Electricidad	20
Tabla 8. Características equipos calefacción	22
Tabla 9. Características equipos refrigeración	23
Tabla 10. Características equipos generación ACS	24
Tabla 11. Distribución del consumo y del número de lámparas.....	25
Tabla 12. Distribución de consumos	27
Tabla 13. Herramientas para el cálculo del balance energético	32
Tabla 14. Distribución global del consumo energético	33
Tabla 15. Valores de aceptación del modelo matemático	36
Tabla 16. Consumo eléctrico y variables significativas para la línea base.....	36
Tabla 17. Análisis comparativo de los resultados de los modelos matemáticos para línea base	39
Tabla 18. Línea base de electricidad CEIP Reyes Católicos	40
Tabla 19. Listado de medidas estudiadas	42
Tabla 20. Instalación de perlizadores en grifos	44
Tabla 21. Instalación de detectores de presencia	45
Tabla 22. Sustitución de tubos fluorescentes por LED	46
Tabla 23. Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise.....	48
Tabla 24. Latitud y longitud	51
Tabla 25. Potencial solar mensual	51
Tabla 26. Presupuesto instalación solar fotovoltaica	55
Tabla 27. Resultados de la Instalación de solar fotovoltaica	57
Tabla 28. Optimización de la potencia contratada.....	57
Tabla 29. Optimización de la potencia contratada.....	58
Tabla 30. Sustitución bombas de calor actuales por bombas de calor eficientes	59
Tabla 31. Sustitución de calefactores por bombas de calor	60
Tabla 32. Sustitución de luminarias de tipo aplique por LED.....	62
Tabla 33. Sustitución de proyectores por LED	63
Tabla 34. Sustitución de las luminarias de tipo viales por LED.....	64
Tabla 35. Instalación de regletas eliminadoras del stand-by	65
Tabla 36. Tabla resumen de medidas de ahorro estudiadas	72
Tabla 37. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio.....	74
Tabla 38. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP Reyes Católicos	75
Tabla 39. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro en el edificio CEIP Reyes Católicos	76



Tabla 40. Consumo y coste energético antes y después de la implantación de las medidas en el edificio.....	76
Tabla 41. Flujo de caja.....	77
Tabla 42. Emisiones contaminantes actualmente y tras la implantación de las medidas....	78
Tabla 43. Medidas con PRS bajo.....	80
Tabla 44. Medidas con PRS medio	80
Tabla 45. Medidas con PRS alto.....	80
Tabla 46. Inventario equipos individualizados calefacción	81
Tabla 47. Inventario equipos individualizados refrigeración	84
Tabla 48. Inventario equipos generación ACS	87
Tabla 49. Inventario equipos	88
Tabla 50. Inventario y propuestas iluminación	93
Tabla 51. Medidas de ahorro energético en la envolvente	103
Tabla 52. Características técnicas exigibles a los módulos de la instalación solar fotovoltaica	106



ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Balance energético por usos	10
Gráfica 2. Evolución mensual del consumo de Electricidad	21
Gráfica 3. Distribución iluminación existente	25
Gráfica 4. Distribución del consumo de los equipos	27
Gráfica 5. Balance energético por usos	33
Gráfica 6. Evolución del consumo eléctrico (2016-2018).....	38
Gráfica 7. Regresiones lineales para establecer la línea base de electricidad	38
Gráfica 8. Ajuste de la línea base y el consumo real.....	41
Gráfica 9. Escenarios de generación FV y aprovechamiento.....	52
Gráfica 10. Generación mensual de energía.....	53
Gráfica 11. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio ...	74
Gráfica 12. Flujo de caja	77
Gráfica 13. Ahorro de emisiones de CO ₂	78



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

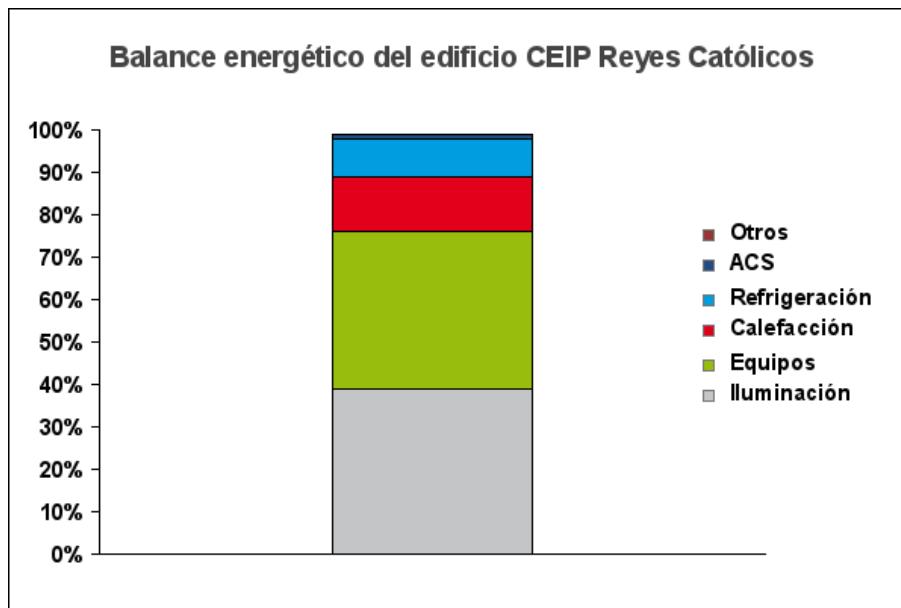
Ilustración 1. Plano de situación de las instalaciones	14
Ilustración 2. Fachada Principal de las instalaciones	14
Ilustración 3. Equipos de calefacción individuales.....	22
Ilustración 4. Equipos autónomos de refrigeración.....	23
Ilustración 5. Termo eléctrico	24
Ilustración 6. Luminarias tipos	26
Ilustración 7. Equipos ofimáticos.....	28
Ilustración 8. Carpintería de las instalaciones	29
Ilustración 9. Función simplificada o de una única variable.....	35
Ilustración 10. Función multivariable	35
Ilustración 11. Perlizadores y reductores de caudal de distintos modelos	43
Ilustración 12. Detector de presencia	45
Ilustración 13. Componentes del sistema de eliminación del modo stand-by de equipos ofimáticos	47
Ilustración 14. Imagen de una célula fotoeléctrica y de un panel fotovoltaico (compuesto de numerosas células).....	49
Ilustración 15. Imagen de una instalación fotovoltaica estática	50
Ilustración 16. Zona optima para la ubicación de las placas fotovoltaicas	54
Ilustración 17. Ejemplo de estructura para placas fotovoltaicas en cubiertas planas	55
Ilustración 18. Regleta con un maestro, cuatro esclavos y dos tomas convencionales	65
Ilustración 19. Ejemplo de un Sistema de Control Centralizado para climatización (Fuente: Creara)	66
Ilustración 20. Logotipo del programa ENERGY STAR de ahorro energético en ordenadores	68
Ilustración 21. Parte trasera de un frigorífico	69



1 RESUMEN EJECUTIVO

Crear a petición de la Diputación de Huelva, ha llevado a cabo una auditoría energética en detalle a las instalaciones del “CEIP Reyes Católicos” ubicado en Calle María Auxiliadora, 26, 21710 Bollullos Par del Condado, Huelva.

Tras la visita y el estudio de los datos recopilados se ha determinado que el consumo energético total asciende a 47.757 kWh y se distribuye de la siguiente forma:



Gráfica 1. Balance energético por usos

El centro es un complejo Centro de Educación Infantil y Primaria. Este se encuentra sectorizado en tres zonas distintas (Edificio Dirección, Pabellón y Edificio Infantil), distribuido una planta sobre rasante y planta baja, además de contar con zonas de jardines, patios de recreo y canchas deportivas.



Las zonas están distribuidas de la siguiente forma:

<u>Edificio Dirección</u>	<u>Edificio Infantil</u>	<u>Pabellón</u>
<ul style="list-style-type: none"> ● Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Oficinas - Salón de actos / comedor - Cuartos técnicos - Aseos - Espacios comunes - Almacenes ● Planta primera: <ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Aseos - Almacenes - Espacios comunes 	<ul style="list-style-type: none"> ● Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Aseos - Espacios comunes ● Planta primera: <ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Aseos - Despacho - Espacios comunes 	<ul style="list-style-type: none"> ● Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> - Cancha - Aseos - Vestuarios - Despacho - Almacenes

Se han detectado procesos eficientes desde el punto de vista energético, sin embargo, también se han encontrado posibilidades de mejora.

La implantación de las medidas recomendadas generaría un ahorro energético de 26.663 kWh (55,8% respecto al consumo energético total), lo cual supone un ahorro económico de 4.335 €/año con una inversión total de 24.558 €.

A continuación, se muestra una tabla con las medidas de ahorro que se proponen para su implementación.

De la totalidad de medidas estudiadas se recomienda la implementación de aquellas con un periodo de retorno inferior a 10 años.



Tabla 1. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP Reyes Católicos

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	TIR	Vida útil
		kWh / año	% Total	€ / año	€	años	kg CO ₂ / año	€	%	años
M1	Instalación de perlizadores en grifos	123	0,26	13	17	1,3	32	103	77,2	10
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.331	13,26	665	4.215	6,3	1.633	1.985	10,1	10
M3	Instalación de solar fotovoltaica	8.464	17,72	888	8.760	9,3	2.201	-420	1,1	25
M4	Instalación de detectores de presencia	2.245	4,70	255	1.960	7,7	579	424	5,9	10
M7	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	9.500	19,89	1.069	8.093	7,6	2.451	1.899	6,3	15
M12	Optimización de la potencia contratada	0	0	1.445	1.513	1,1	0	11.810	96,4	-
TOTAL		26.663	55,83	4.335	24.558	5,7	6.896	15.799	13	-



2 DATOS BÁSICOS DEL EDIFICIO

El centro es un complejo Centro de Educación Infantil y Primaria. Se encuentra sectorizado en tres zonas distintas (Edificio Dirección, Pabellón y Edificio Infantil), distribuido una planta sobre rasante y planta baja, además de contar con zonas de jardines, patios de recreo y canchas deportivas.

Las zonas están distribuidas de la siguiente forma:

<u>Edificio Dirección</u>	<u>Edificio Infantil</u>	<u>Pabellón</u>
<ul style="list-style-type: none"> ● Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Oficinas - Salón de actos / comedor - Cuartos técnicos - Aseos - Espacios comunes - Almacenes ● Planta primera: <ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Aseos - Almacenes - Espacios comunes 	<ul style="list-style-type: none"> ● Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Aseos - Espacios comunes ● Planta primera: <ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Aseos - Despacho - Espacios comunes 	<ul style="list-style-type: none"> ● Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> - Cancha - Aseos - Vestuarios - Despacho - Almacenes

Las instalaciones se encuentran ubicadas en la Calle María Auxiliadora, 26, 21710 Bollullos Par del Condado, Huelva y cuentan con una superficie total construida de 1.646 m², integrados en 2 niveles sobre rasante.



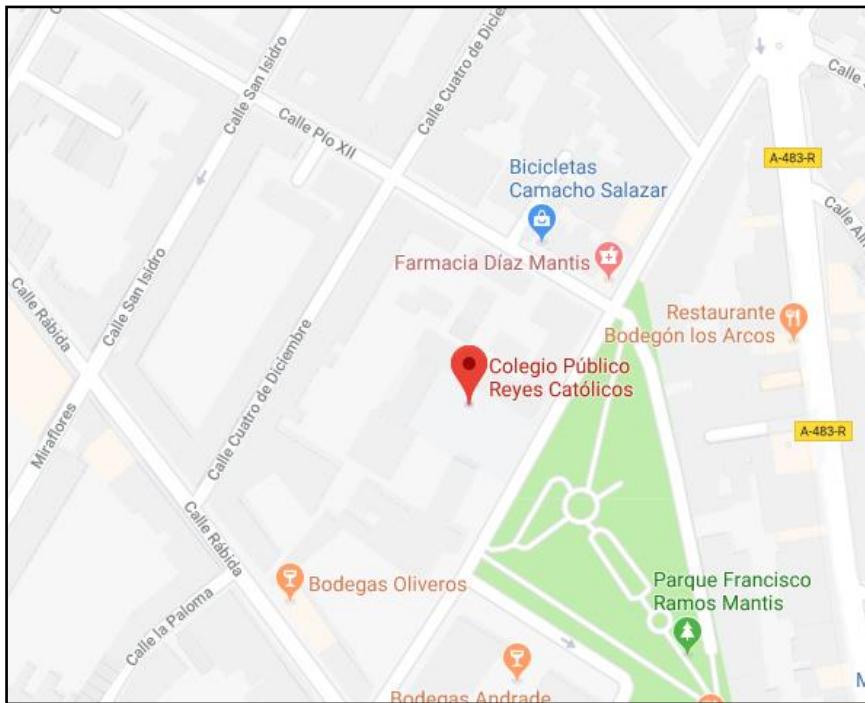


Ilustración 1. Plano de situación de las instalaciones



Ilustración 2. Fachada Principal de las instalaciones

De forma general, el horario del CEIP es de 8:00 a 20:00 h. La jornada se inicia a las 8:00 h con el encendido de la zona de entrada, a las 8:30 h se enciende el resto y a las 9:00 h la zona de infantil. Las aulas están en funcionamiento de 9:00 a 14:00 h y de 16:00 a 20:00 h (el lunes funcionan todas las aulas y de martes a viernes sólo 5 aulas). El horario de comedor es de 14:00 h a 16:00 h. El sábado funciona el salón de actos de 10:30 a 13:30 h.

Los meses de julio y agosto el centro se encuentra cerrado.

Las principales características del edificio objeto de estudio son las siguientes:

Tabla 2. Datos básicos de la instalación

Dirección del edificio	Calle María Auxiliadora, 26, 21710 Bollullos Par del Condado, Huelva
Zona climática	B4
Nº de plantas	2
Superficie construida (m²)	1.646
Número de usuarios	490
Tipología edificatoria	Escuela con ducha
Consumo energético anual (kWh)	47.757

Tabla 3. Indicadores calculados para el edificio

Indicador	Unidades	Valor
Consumo de energía de la instalación por superficie del edificio	[kWh / m ²]	29,01
Emisiones CO ₂ por superficie del edificio	[kg CO ₂ / m ²]	7,49



3 MOTIVACIÓN Y OBJETO

El consumo energético crece en paralelo al desarrollo económico; es por tanto primordial implantar medidas que optimicen la demanda energética. Desde una planta industrial, un pequeño comercio o un hogar, las medidas encaminadas a la eficiencia energética son múltiples, y a menudo, muy económicas.

La auditoría energética estudia de forma exhaustiva el grado de eficiencia energética de una instalación y analiza los equipos consumidores de energía, la envolvente térmica y los hábitos de consumo. De los resultados obtenidos, se recomiendan las acciones idóneas para optimizar el consumo en función de su potencial de ahorro, la facilidad de implementación y el coste de ejecución. Es decir; la auditoría energética facilita la toma de decisiones de inversión en ahorro y eficiencia energética.

La Diputación de Huelva concienciada con el ahorro y la eficiencia energética, solicita la realización de una auditoría energética en las instalaciones situadas en la Calle María Auxiliadora, 26, 21710 Bollullos Par del Condado, Huelva.

Los principales objetivos que se pretenden alcanzar con esta auditoría energética son los siguientes:

- Compilación de datos de diversa índole sobre el comportamiento energético de las instalaciones objeto de estudio.
- Evaluación del estado general de las instalaciones.
- Evaluación del aprovechamiento energético general de las instalaciones.
- Cuantificación, análisis y clasificación de los consumos energéticos.
- Identificación y cuantificación de las oportunidades de ahorro energético.
- Redacción de medidas para la reducción de los consumos energéticos.
- Cuantificación de los ahorros energéticos y económicos y propuesta de una metodología para la implementación de estas medidas.



4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo de esta auditoría energética cumple con los requisitos que establece el Real Decreto 56/2016 de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía.

Así mismo este documento también cumple con los requisitos de la UNE-EN 16247 "Auditorías Energéticas".

4.1 DESARROLLO DEL TRABAJO

Fase I: Recopilación inicial de información.

- Datos de facturación de energía eléctrica y de combustibles.
- Inventario general de instalaciones.
- Superficie, distribución y número de usuarios en las instalaciones.

Fase II: Toma de datos.

- Toma de datos de las instalaciones consumidoras de energía.
- Toma de datos necesarios para la elaboración del informe de auditoría energética, con el alcance especificado.

Fase III: Análisis y evaluación del estado actual de la instalación.

- Análisis de los registros de energía realizados.
- Análisis técnico de la situación energética actual de las instalaciones.
- Elaboración de un balance energético global.
- Propuestas de mejora y potencialidad de cada mejora.

Fase IV: Elaboración de informe.

- Entrega del informe preliminar.
- Recepción de los comentarios.
- Entrega del informe definitivo.



4.2 CRITERIOS AMBIENTALES: NIVEL DE EMISIONES DE CO₂ POR CONSUMO DE ENERGÍA

El consumo energético puede tener impactos ambientales asociados con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), por lo que cualquier reducción del consumo supondría una reducción de las emisiones contaminantes.

El empleo de fuentes de energía no renovables como gas natural, gasóleo, propano o butano, produce la emisión de gases contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂), el monóxido de carbono (CO), el metano (CH₄), entre otros. Así mismo, aunque la energía eléctrica no produzca emisiones en las instalaciones donde se consume, si se emiten gases contaminantes en las centrales de generación si estas no emplean fuentes renovables.

En España, gran parte de la electricidad se genera en centrales que emiten gases contaminantes (centrales térmicas de carbón, ciclos combinados, centrales de fuel / gas, etc.), si bien el porcentaje de fuentes de energía renovables es cada vez mayor (eólica, solar, etc.)

En la tabla siguiente se muestran las emisiones unitarias por kWh que se han utilizado en el presente informe.

Tabla 4. Emisiones unitarias por kWh

Fuente de energía	Unidades	¹ Emisión de CO ₂
Electricidad	kg CO ₂ / kWh	0,26

4.3 CRITERIOS ECONÓMICOS: CICLO DE VIDA DE LAS MEDIDAS CON INVERSIÓN

En cada una de las medidas de inversión, además de proporcionar parámetros económicos tales como el ahorro económico, energético, y las emisiones de CO₂, se aportarán datos pormenorizados sobre el ciclo de vida de los activos de cada una de las medidas. En particular, se aportarán parámetros tales como el VAN para analizar con criterio de rentabilidad económica el análisis del coste del ciclo de vida, a fin de tener en cuenta el ahorro a largo plazo.

A la hora de traducir los ahorros energéticos a ahorros económicos, se ha tomado únicamente el coste del término de energía con impuesto eléctrico (IEE), ya que se considera que sólo se ahorra en dicho concepto de la factura eléctrica (kWh), mientras que el término de potencia, el alquiler de equipos, etc. se seguirán pagando a pesar de la implementación de las medidas de ahorro recomendadas. Es cierto que, una vez implementadas medidas de ahorro como sustitución de lámparas actuales por tecnología LED, se puede posteriormente ajustar la potencia contratada, consiguiendo además un ahorro económico adicional en

¹ Información obtenida de Red Eléctrica Española para el mix eléctrico peninsular de 2017.



dicho concepto. De esta manera los resultados económicos presentados en este informe son conservadores.

A la hora del cálculo de la rentabilidad de las medidas de ahorro recomendadas, se han calculado diferentes indicadores, tales como el periodo de retorno simple (PRS), el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Los criterios utilizados para el cálculo de estos indicadores son los siguientes:

- PRS = inversión total (€) / ahorro económico anual (€).
- VAN: es el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.
 - Tasa de descuento: 2%
 - Duración proyecto: 10 años
- TIR: de una inversión es la media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, es decir, es la tasa de descuento con la que el VAN es igual a cero.
 - Incremento del precio de la energía: 1%
 - Tasa de descuento: 2%
 - Duración proyecto: 10 años

5 CONSUMOS ENERGÉTICOS

Resumen energético de las instalaciones

La contabilidad energética, económica y en emisiones de CO₂ para el consumo energético evaluado en el presente informe es la siguiente:

Tabla 5. Consumos energéticos

Fuente energética	Consumo energético anual (kWh)	Coste energético anual (€)	Emisiones de CO ₂ anuales (kg)
Electricidad	47.757	5.013	12.321

5.1 SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD

El CEIP Reyes Católicos cuenta con un único suministro eléctrico y tiene una tarifa 3.0A con tres períodos de facturación: punta, llano y valle. El resto de las características del suministro eléctricos se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 6. Características del suministro eléctrico

CUPS	Potencia actual		
	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)
ES0031102152186001LC0F	15,22	15,22	15,22

En el edificio no existen contadores instalados aparte de los de la compañía distribuidora.

Se han facilitado las facturas eléctricas del último año disponibles, desde marzo 2017 hasta febrero 2018. A continuación, se muestra una tabla con el consumo eléctrico mensual del edificio "CEIP Reyes Católicos".

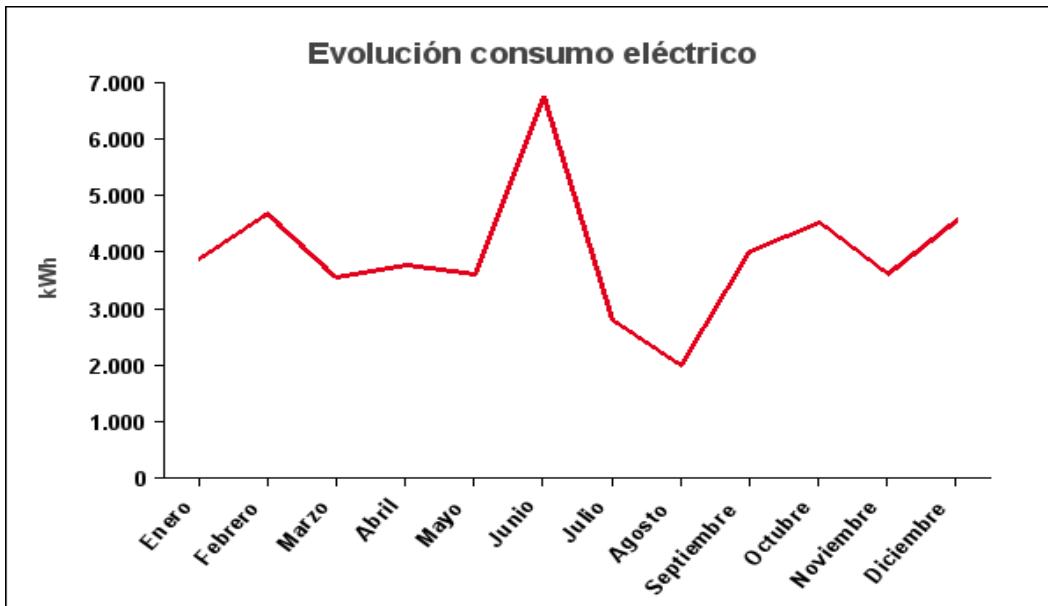
Tabla 7. Datos mensuales de consumo Electricidad

Mes	Consumo eléctrico (kWh)	Coste (€)
Marzo 2017	3.562	345
Abril 2017	3.782	377
Mayo 2017	3.603	363
Junio 2017	6.756	693
Julio 2017	2.791	271
Agosto 2017	2.000	188
Septiembre 2017	4.010	401
Octubre 2017	4.516	461
Noviembre 2017	3.612	493



Mes	Consumo eléctrico (kWh)	Coste (€)
Diciembre 2017	4.550	433
Enero 2018	3.886	533
Febrero 2018	4.689	455
Total	47.757	5.013²

El coste promedio de la energía es de 0,10 €/kWh. A continuación, se muestra un gráfico con la evolución del consumo eléctrico mensual de las instalaciones del “CEIP Reyes Católicos”.



³Gráfica 2. Evolución mensual del consumo de Electricidad

El gráfico anterior muestra un mayor consumo en los meses lectivos del centro. Se observa una disminución de consumo en los meses de vacaciones, en abril por semana santa y en julio y agosto, por vacaciones de verano. En el mes de junio se ve un incremento en el consumo, debido a utilización masiva de los equipos de climatización en modo refrigeración.

Se puede observar que incluso en los meses de verano el consumo se mantiene por encima de los 1.500 kWh, debido entre otros a los equipos ofimáticos 24h, iluminación exterior o equipos de conservación de comida.

²El coste de la electricidad incluye el coste del término de energía con impuesto eléctrico (IEE).

³Los meses de consumo se muestran en año natural.

6 DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES

6.1 CALEFACCIÓN

Durante la visita a las instalaciones, se observó que la demanda de calefacción no se cubre mediante ningún equipo centralizado, sino que se hace mediante equipos independientes, distribuidos por las diferentes estancias del edificio.

Las características de los principales equipos de generación de frío se muestran a continuación:

Tabla 8. Características equipos calefacción

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W) ⁴	Refrig.
Bomba de calor	Carrier / 38YE012	2	4.100	2,88	1.425	R407C
Bomba de calor	Carrier / 38YE022	20	7.600	2,85	2.667	R407C
Bomba de Calor	Daitsu / DS-9HTA	1	2.900	2,52	1.150	R407C
Radiador eléctrico	S&P / PM-1501	3	-	-	1.200	-



Radiador eléctrico



Equipo autónomo de calefacción

Ilustración 3. Equipos de calefacción individuales

La relación de equipos, con sus características técnicas, se encuentran descritas en el inventario de instalaciones como anexo.

⁴Hace referencia a la potencia del quemador en el caso de las calderas y a la potencia absorbida en el caso de las bombas de calor.

6.2 REFRIGERACIÓN

Durante la visita a las instalaciones, se observó que la demanda de refrigeración no se cubre mediante ningún equipo centralizado, sino que se hace mediante equipos independientes, distribuidos por las diferentes estancias del edificio.

Las características de los principales equipos de generación de frío se muestran a continuación:

Tabla 9. Características equipos refrigeración

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W) ⁵	Refrig.
Bomba de calor	Carrier / 38YE012	2	4.100	2,88	1.425	R407C
Bomba de calor	Carrier / 38YE022	20	7.600	2,85	2.667	R407C
Bomba de Calor	Daitsu / DS-9HTA	1	2.900	2,52	1.150	R407C
Bomba de Calor	Daitsu / DOS-9UIM	1	2.640	4.00	1660	R410A



Ilustración 4. Equipos autónomos de refrigeración

La relación de equipos, con sus características técnicas, se encuentran descritas en el inventario de instalaciones como anexo.

⁵Hace referencia a la potencia del quemador en el caso de las calderas y a la potencia absorbida en el caso de las bombas de calor.

6.3 GENERACIÓN DE ACS

Las características de los principales equipos de generación de ACS se muestran a continuación:

Tabla 10. Características equipos generación ACS

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia eléctrica (W)	Potencia térmica (W)	Rto.	Capacidad (litros)
Termino eléctrico	Aparici / 100 BS	1	1.200	1.200	1,00	100
Termino eléctrico	-	1	1.200	1.200	1,00	50
Termino eléctrico	-	1	1.200	1.200	1,00	30
Termino eléctrico	-	1	1.200	1.200	1,00	30



Ilustración 5. Termo eléctrico

El resto de los equipos asociados a la generación de ACS se encuentran en el inventario como anexo.

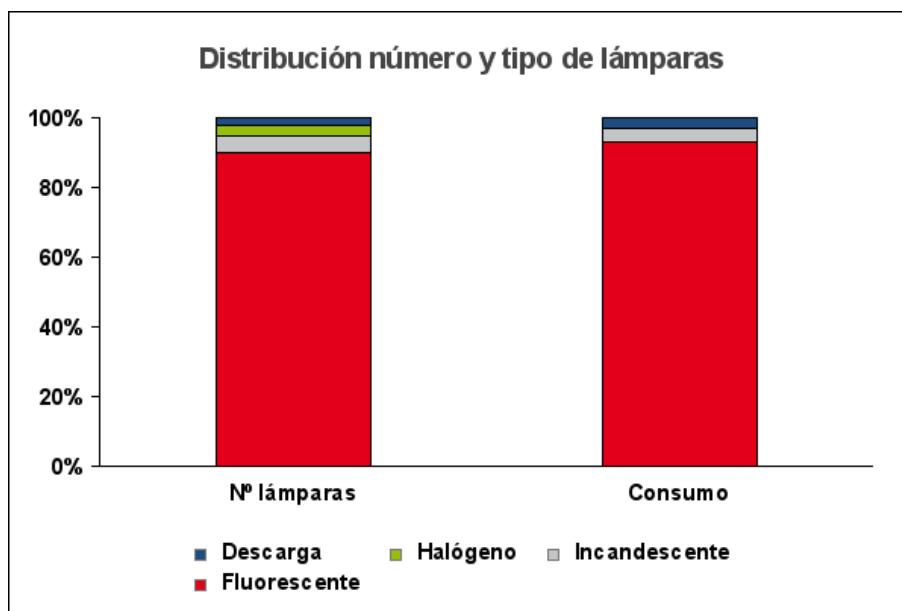
6.4 ILUMINACIÓN

La potencia total instalada en el edificio es de 23,63 kW. A continuación, se adjunta una tabla que determina la representatividad de las lámparas y su consumo en el edificio:

Tabla 11. Distribución del consumo y del número de lámparas

Tecnología	Lámparas		Consumo	
	Unidades	%	kWh	%
Fluorescente	480	90,57	17.220	93,45
Halógeno	18	3,40	16	0,09
Incandescente	24	4,53	647	3,51
Descarga	8	1,51	544	2,95
Total	530	100%	18.427	100%

La distribución de iluminación, en función de la potencia total instalada por tipo de lámpara, se muestra en la siguiente gráfica.



Gráfica 3. Distribución iluminación existente



Campana



Vial exterior



Pantalla estanca

Ilustración 6. Luminarias tipos

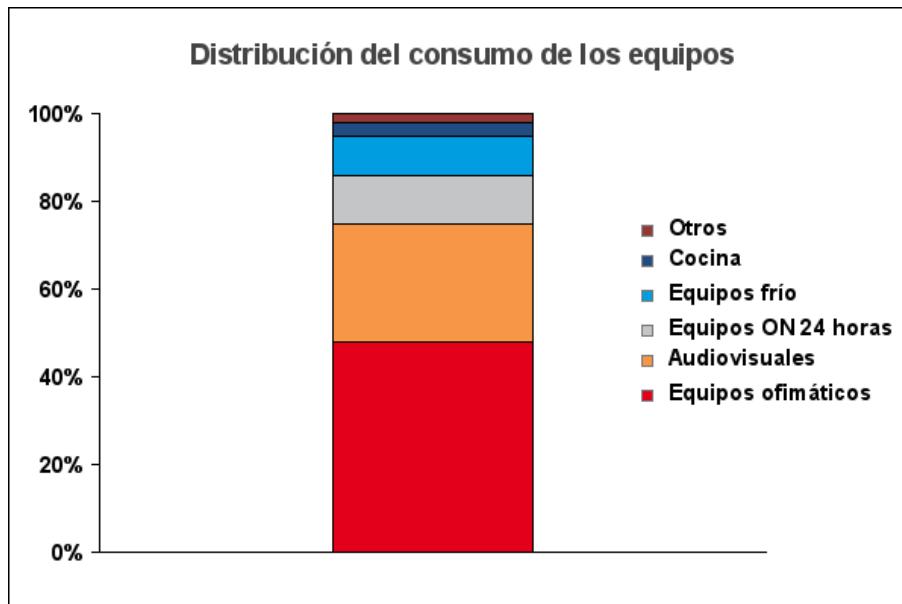
En el anexo se dispone de un inventario detallado de los equipos de iluminación por estancia.

6.5 EQUIPOS

A continuación, se adjunta una tabla que determina la representatividad de los equipos y su consumo en el edificio:

Tabla 12. Distribución de consumos

Servicio energético	Consumo (kWh)	%
Equipos ofimáticos	8.588	48,53
Audiovisuales	4.796	27,10
Equipos ON 24 horas ⁶	1.867	10,55
Equipos frío ⁷	1.581	8,94
Cocina	571	3,22
Otros ⁸	293	1,65
Total	17.695	100%



Gráfica 4. Distribución del consumo de los equipos

⁶ Dentro de este grupo se engloban aquellos equipos que están 24 horas disponibles.

⁷ Dentro de este grupo se engloban aquellos equipos relacionados con la generación y conservación del frío.

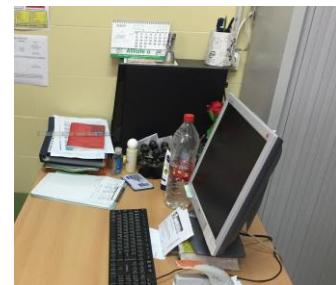
⁸ Dentro de este grupo se engloban todos aquellos equipos que no han podido incluirse en ninguno de los otros grupos de consumo.



Equipo de vending



Equipos de cocina



Equipos ofimáticos

Ilustración 7. Equipos ofimáticos

En el anexo se muestra un inventario detallado de los equipos por estancia.

6.6 ENVOLVENTE

Para evaluar la envolvente del edificio, es importante conocer los elementos que la forman, estos datos son difíciles de conseguir, ya que no se suelen conocer por parte del personal de mantenimiento y no se tiene acceso al proyecto del edificio. Para realizar una evaluación de la envolvente del edificio se realiza una inspección ocular de la misma, en caso de no ser suficiente, con los datos catastrales (año de construcción del edificio, zona climática y normativa constructiva aplicable) se conocen las exigencias mínimas de la misma.

La envolvente térmica viene determinada principalmente por los cerramientos exteriores de las instalaciones, distinguiéndose principalmente los siguientes sistemas constructivos:

- Muros exteriores compuestos por fábrica de ladrillo macizo + cámara de aire sin ventilar + fábrica de ladrillo hueco. Guarneidos y enlucidos interiormente con yeso y enfoscado exteriormente con mortero de cemento y acabados con pinturas plásticas decorativas.
- Cubiertas:
 - Cubiertas planas no transitables compuestas por forjado unidireccional de hormigón armado e impermeabilización asfáltica.
 - Cubiertas inclinadas compuestas por forjados unidireccionales de hormigón armado, sobre los que se levantan los tabiques palomeros de ladrillo hueco. Sobre estos se apoyan los rasillones cerámicos, la impermeabilización con tela asfáltica y la teja cerámica curva, sujetada a los tableros mediante mortero de agarre.
 - Cubiertas inclinadas compuestas por una estructura de cerchas metálicas, rematada con paneles metálicos ondulados.

Los elementos de acristalamiento están formados por láminas de vidrio simple sobre carpintería metálica sin rotura del puente térmico.



Ventana tipo



Lamas verticales

Ilustración 8. Carpintería de las instalaciones

Las carpinterías cuentan con lamas verticales como sistema de protección solar.

La fachada principal está orientada hacia el Suroeste, pero todas sus fachadas son determinantes, debido a la tipología edificatoria de las instalaciones, ya que todas sus fachadas albergan zonas habitables.

Se trata de un conjunto de edificios aislados en los que no existen otros edificios externos que arrojen sombras alrededor de sus fachadas.

Las estructuras de las instalaciones están formadas por forjados unidireccionales de viguetas y bovedillas, con vigas y pilares de hormigón armado de secciones variables.

Las fábricas exteriores, por si solas, resultan ineficientes en el aislamiento térmico de una fachada, por lo que es necesario aislar los cerramientos. Estas actuaciones favorecen la reducción de la demanda de refrigeración, por lo que son muy recomendables en zonas climáticas cálidas, priorizando las fachadas orientadas sur, este y oeste, limitando la demanda de la refrigeración. Igualmente favorecen la reducción de la demanda de calefacción, por lo que también es muy recomendable aislar la fachada norte.

Por otro lado, las instalaciones cuentan con grandes superficies acristaladas, lo que es determinante en el balance energético del edificio. Ya que, debido a su transparencia, las ganancias y pérdidas de calor a través de estos son muy grandes. La luz solar que incide de manera directa al interior del edificio puede ocasionar unas elevadas ganancias de calor en el ambiente interior, produciendo lo que se conoce como efecto invernadero, cosa que obliga a forzar el sistema de refrigeración.

Por lo que se recomienda las siguientes actuaciones:

- Sistema de aislamiento térmico:
 - Aplicar en la fachada del edificio un revestimiento aislante protegido por un mortero, fijándose al soporte mecánicamente.
 - Un sistema con fachada ventilada, formado por un aislamiento rígido o semirrígido, generalmente lana mineral, fijado a la fachada existente, y una hoja de protección (formada por vidrios, bandejas, composite, etc.) separada del aislamiento, formando una cámara por donde circula el aire por simple convección.
 - Aplicar el aislante térmico por el interior del edificio y revestirlo con material adecuado.
 - Aplicar el aislante térmico en la cámara de aire.
- Sistema de carpintería:
 - Sustituir la carpintería existente por una con doble cristal, con rotura del puente térmico y con gas noble en la cámara, generalmente argón, con un coeficiente de transmisión térmica menor que el aire.

Estas acciones de mejora del aislamiento de la envolvente para reducir la demanda de las instalaciones son efectivas, pero dichas medidas son bastante costosas y poco rentables. Por este motivo no se incluyen estas acciones en la auditoría. En el anexo se muestra una tabla resumen con la descripción de las actuaciones recomendadas.

7 BALANCE ENERGÉTICO

7.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO

El balance energético global muestra la distribución de los consumos energéticos en función de las diferentes variables. En un edificio, por ejemplo, es interesante diferenciar su consumo en función de los principales usos, distribuyendo así el consumo anual en climatización, iluminación, equipos, producción de agua caliente sanitaria, etc.

El método utilizado para el cálculo del balance energético se basa en la fórmula de cálculo del consumo. El consumo sigue la siguiente fórmula:

$$\textbf{Consumo energético (kWh)} = \textbf{Potencia (kW)} \times \textbf{Tiempo (h)}$$

Por lo tanto, para calcular el consumo que se produce en cada área estudiada, es necesario conocer la potencia de los equipos y el tiempo de utilización, es decir las horas en las que están funcionando cada uno de los equipos consumidores de energía.

Para cada uno de los siguientes grupos de consumo es conveniente tener en cuenta:

- Iluminación: es necesario conocer la potencia de la lámpara, el tipo de equipo auxiliar y las horas de funcionamiento.
- Calefacción: la potencia de los equipos, en este caso las calderas y los equipos de aire acondicionado, así como las bombas de recirculación, etc. También es necesario conocer el factor de uso y el horario de funcionamiento.
- Refrigeración: la potencia de los equipos de aire acondicionado, así como las bombas de recirculación, etc. También es necesario conocer el factor de uso y el horario de funcionamiento.
- Equipos: para calcular el consumo de estos equipos es necesario conocer la potencia de cada uno de ellos, así como el factor de uso. Por último, se requiere conocer las horas de funcionamiento.
- Producción de agua caliente sanitaria (ACS): la potencia de las calderas, el número de usuarios y el tipo de actividad que se da en el edificio, así como las horas de funcionamiento de las calderas.
- Ventilación: la potencia de los equipos de extracción o renovación de aire, así como las horas de funcionamiento.

Los cálculos de las distribuciones de consumo se realizan utilizando la potencia de los equipos consumidores de energía y el horario de funcionamiento obtenido a través de varias vías, como las entrevistas con los usuarios de la instalación y con el personal de mantenimiento. El consumo obtenido se contrasta con los valores de consumo que reflejan las facturas.

Parte del consumo queda englobado dentro del apartado de “otros” que incluye aquellos elementos que, dadas sus características, no se engloban en ninguno de los grupos anteriormente mencionados, tales como iluminación de emergencia, equipos externos conectados puntualmente a la red, etc.

Esta toma de datos se resume en la siguiente tabla:



Tabla 13. Herramientas para el cálculo del balance energético

Áreas de consumo	Información de potencia	Información de tiempo
Iluminación	Inventario de equipos Toma de datos in situ	
Calefacción	Inventario de equipos Toma de datos in situ	
Refrigeración	Inventario de equipos Toma de datos in situ	Entrevistas con el personal mantenimiento y mediciones de parámetros eléctricos
Equipos	Inventario de equipos Toma de datos in situ	Listado de equipos con horarios de funcionamiento
Producción de ACS	Inventario de equipos Toma de datos in situ	Datos del sistema de control
Ventilación	Inventario de equipos Toma de datos in situ	

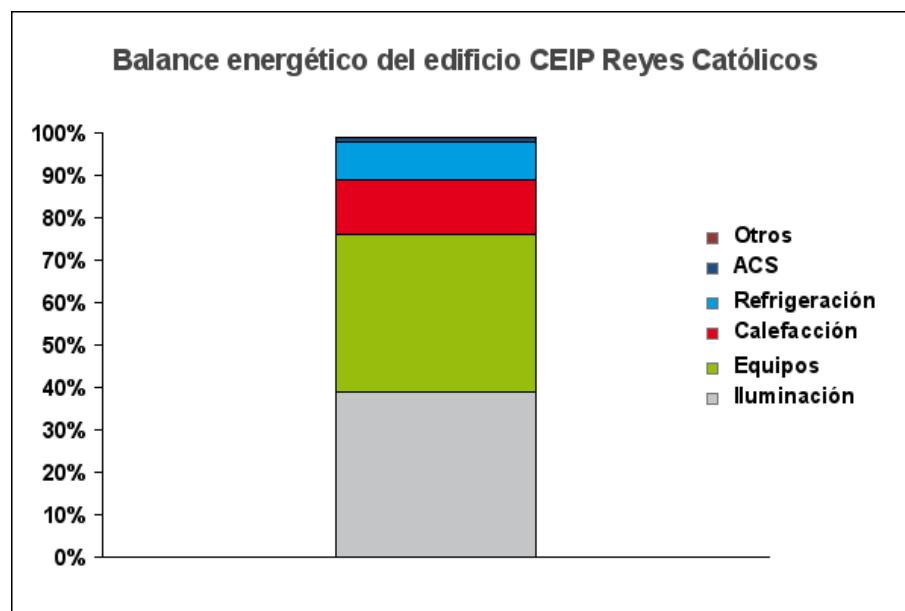
7.2 BALANCE ENERGÉTICO POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo energético anual.

Tabla 14. Distribución global del consumo energético

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Iluminación	18.427	38,58
Calefacción	6.425	13,45
Refrigeración	4.506	9,43
ACS	615	1,29
Equipos	17.695	37,05
Otros	90	0,19
Total	47.757	100%

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



Gráfica 5. Balance energético por usos



8 LÍNEA DE BASE

De cara a establecer los ahorros que se generen mediante la implantación de las MAES, se ha desarrollado una línea base del consumo. Esta línea es una relación entre el consumo del centro y las variables de las que éste depende.

8.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA LÍNEA BASE

El establecimiento de las líneas de base de la energía se realiza a partir del análisis de los consumos de energía y las variables de mayor influencia sobre los mismos. Para ello, empleará la siguiente metodología:

8.1.1 SELECCIÓN DEL PERÍODO DE REFERENCIA

La línea base es el consumo energético a lo largo de un periodo de referencia adecuado para las instalaciones en las que se realiza el análisis. De forma general, se tomará como período de referencia doce meses (enero a diciembre).

8.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO

A continuación, será necesario identificar las variables que tengan mayor relación con el consumo energético. Para ello, se tendrá en cuenta los diferentes usos de la energía:

- **Climatización:** el consumo de electricidad o combustibles para climatización está relacionado con los grados-día⁹ de calefacción y refrigeración.
- **ACS:** el consumo de electricidad o combustibles para agua caliente sanitaria está relacionado con la ocupación y los grados-día de calefacción y refrigeración.
- **Cocinas:** el consumo de electricidad o combustibles en cocinas está relacionado con el número de comidas servidas.
- **Otros:** siempre que sea posible se realizarán otros análisis específicos.

8.1.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS MEDIANTE MODELOS DE REGRESIÓN

Se analizarán las variables mediante un método estadístico para determinar cuáles son aquellas de cuya variación depende más fuertemente el consumo. El modelo más empleado es la regresión lineal tanto de una variable como multivariable. Este método relaciona una variable dependiente Y (consumo de energía) con las variables independientes Xi (producción, grados días, etc.) y un término constante:

⁹ Indicador del grado de rigurosidad climática de una ubicación determinada. Relaciona la temperatura exterior con una cierta temperatura para el interior de una instalación (temperatura de referencia interior). Pueden definirse para calefacción y refrigeración.



Función simplificada o de una única variable

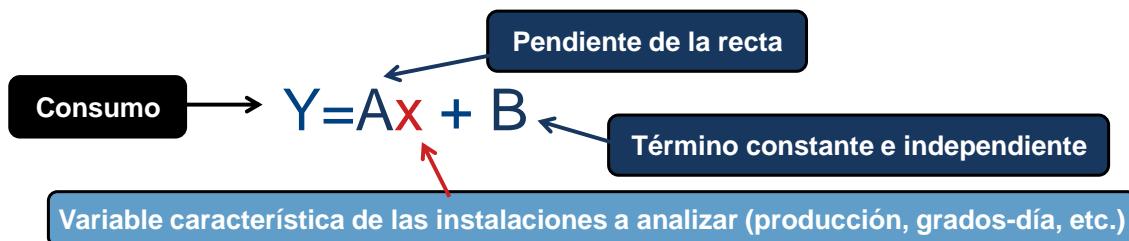


Ilustración 9. Función simplificada o de una única variable

Función multivariable



Ilustración 10. Función multivariable

Las regresiones lineales se realizan utilizando las funciones predeterminadas de la herramienta de cálculo Excel.

Hay que tener en cuenta que, para que el análisis sea válido, los datos de consumo energético a analizar deben ser reales (provenientes de facturas y/o contadores), no estimados.

8.1.4 SELECCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO MÁS REPRESENTATIVO

Para encontrar aquella ecuación que mejor representa el desempeño energético se debe comprobar el valor del coeficiente de correlación múltiple y, en caso necesario, la bondad del ajuste del modelo matemático mediante el análisis de la desviación promedio entre el valor real del consumo y el valor estimado aplicando la ecuación.

El modelo matemático se comporta correctamente y puede seleccionarse para representar la línea de base de la energía en base a los siguientes valores:



Tabla 15. Valores de aceptación del modelo matemático

Parámetro	Valor aceptable
Coeficiente de correlación múltiple	> 0,75
Desviación promedio	< 10%
Valor crítico de F	< 0,05 y mejor cuanto más bajo

La desviación (o error) se emplea para comprobar la validez del modelo matemático mediante la comparación del consumo real frente al calculado al aplicar la ecuación establecida para la línea de base. Este cálculo se realiza uno a uno para todos los datos de consumo disponibles y, posteriormente, se calcula el valor promedio de todos ellos.

El valor estadístico F se emplea en análisis de varianza para realizar las pruebas de significancia conjunta de las variables. El valor crítico de F aporta información sobre la probabilidad de que el valor ocurra por azar. Para un nivel de significancia del análisis estadístico del 5%, tal y como se considera para el análisis de línea base, debe ser <0,05.

8.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En un centro educativo, las variables más significativas en cuanto al consumo de energía son:

- Temperatura exterior – Grados día
- Ocupación del edificio –mes laborable (en función de si es un mes lectivo o no) y número de días laborables del mes

La siguiente tabla muestra los datos de consumo y variables utilizados en el análisis:

Tabla 16. Consumo eléctrico y variables significativas para la línea base

Mes	Consumo	GDR ¹⁰	GDC ¹¹	Mes laborable	Días laborables	GDT ¹²
Enero 2016	4.108	1	80	1	13	81
Febrero 2016	4.135	3	92	1	19	94
Marzo 2016	3.362	3	112	1	17	114
Abril 2016	3.665	26	62	1	21	88
Mayo 2016	3.195	80	14	1	18	93

¹⁰ Grados día de refrigeración, dependientes del calor en verano, obtenidos de la estación meteorológica de San Pablo (Sevilla).

¹¹ Grados día de calefacción, dependientes del frío en invierno, obtenidos de la estación meteorológica de San Pablo (Sevilla).

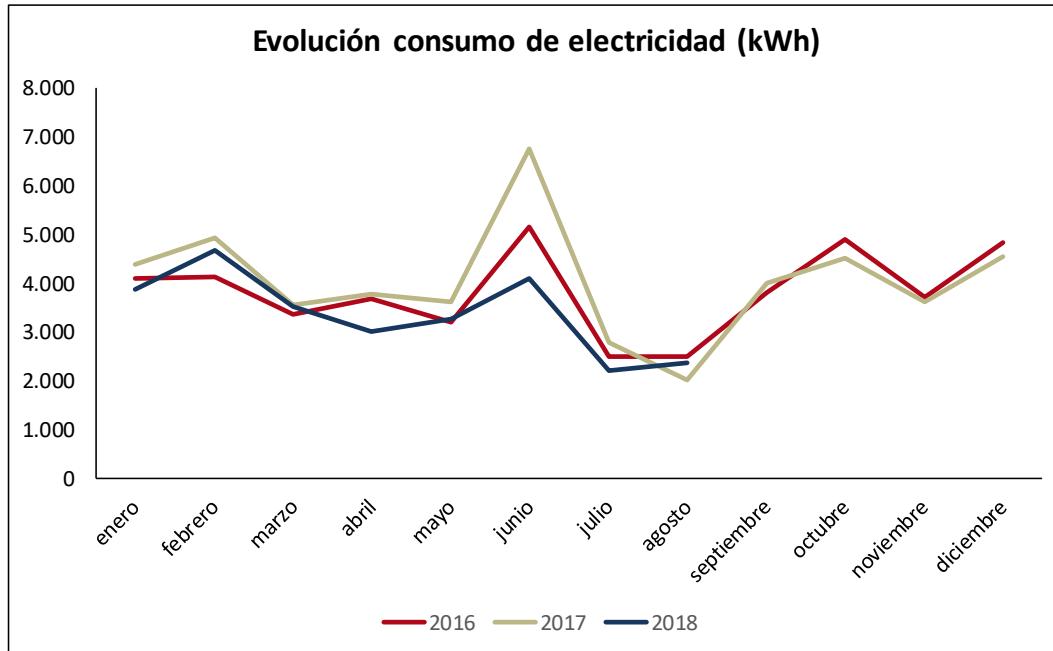
¹² Grados día totales, suma de los GDC y GDR.



Mes	Consumo	GDR ¹⁰	GDC ¹¹	Mes laborable	Días laborables	GDT ¹²
Junio 2016	5.170	186	2	0,5	20	188
Julio 2016	2.508	285	0	0	20	285
Agosto 2016	2.491	376	0	0	25	376
Septiembre 2016	3.797	229	0	0,5	20	229
Octubre 2016	4.896	132	4	1	22	136
Noviembre 2016	3.715	34	59	1	21	93
Diciembre 2016	4.847	1	116	1	19	117
Enero 2017	4.380	0	184	1	13	184
Febrero 2017	4.928	2	96	1	20	98
Marzo 2017	3.562	21	64	1	19	85
Abril 2017	3.782	77	40	1	20	117
Mayo 2017	3.603	102	8	1	19	110
Junio 2017	6.756	253	0	0,5	21	253
Julio 2017	2.791	287	0	0	22	287
Agosto 2017	2.000	342	0	0	23	342
Septiembre 2017	4.010	231	1	0,5	22	232
Octubre 2017	4.516	158	0	1	18	158
Noviembre 2017	3.612	47	55	1	21	102
Diciembre 2017	4.550	5	141	1	20	147
Enero 2018	3.886	3	107	1	12	109
Febrero 2018	4.689	2	150	1	20	152
Marzo 2018	3.532	1	81	1	19	81
Abril 2018	2.998	17	73	1	16	90
Mayo 2018	3.268	71	22	1	23	93
Junio 2018	4.105	120	2	0,5	21	122
Julio 2018	2.204	187	0	0	20	187
Agosto 2018	2.366	347	0	0	25	347

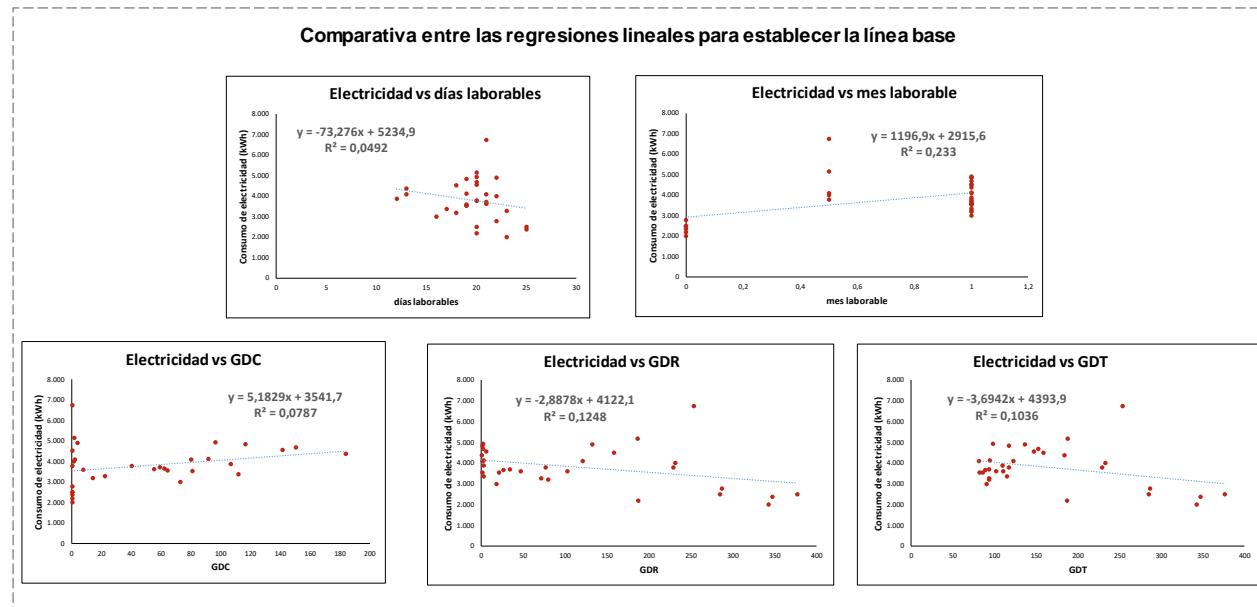


En la siguiente gráfica se representa el histórico de los consumos desde enero 2016. Puede observarse cómo el consumo sigue una tendencia similar durante los 3 años de estudio, a excepción del mes de junio, donde la variación es mayor.



Gráfica 6. Evolución del consumo eléctrico (2016-2018)

Las siguientes gráficas representan el resultado del ajuste de los consumos de electricidad a una ecuación lineal en base a la variable seleccionada ($y=ax+b$). Para que la función sea válida matemáticamente R^2 debe ser $>0,75$.



Gráfica 7. Regresiones lineales para establecer la línea base de electricidad



Ninguno de los modelos matemáticos proporciona una $R^2 > 0,75$, por lo que se realiza también el análisis de las funciones multivariadas con las variables que mejor ajuste lineal presentan, siendo en este caso: mes laborable, GDR y GDT.

En la tabla a continuación se comparan los valores estadísticos obtenidos en los diferentes modelos matemáticos analizados:

Tabla 17. Análisis comparativo de los resultados de los modelos matemáticos para línea base

Ecuación	Coeficiente de correlación múltiple	Parámetro		
		R^2 ajustado	Valor crítico de F	Desviación promedio (%)
Electricidad vs mes laborable	-	0,2330	-	-
Electricidad vs días laborables	-	0,0492	-	-
Electricidad vs GDC	-	0,0787	-	-
Electricidad vs GDR	-	0,1248	-	-
Electricidad vs GDT	-	0,1036	-	-
Electricidad vs mes laborable y GDR	0,5681	0,2612	0,0137	16,8
Electricidad vs mes laborable y GDT	0,5343	0,2362	0,0076	16,1

Los parámetros estadísticos de las funciones estudiadas no cumplen con los valores de aceptación definidos en el punto 8.1.4, por tanto, con los datos disponibles actualmente no es posible representar la línea de base de electricidad del centro con un modelo matemático.

8.3 LÍNEA DE BASE ESTABLECIDA

La línea de base de electricidad para el CEIP Reyes Católicos se ha definido a partir de los valores promedio de los consumos de electricidad de los 3 últimos años para cada uno de los meses, ya que no existe ningún modelo matemático que cumpla con los criterios de aceptación tal y como se ha analizado en el apartado anterior.

A continuación, se muestra una tabla con la línea base de electricidad para el edificio "CEIP Reyes Católicos":



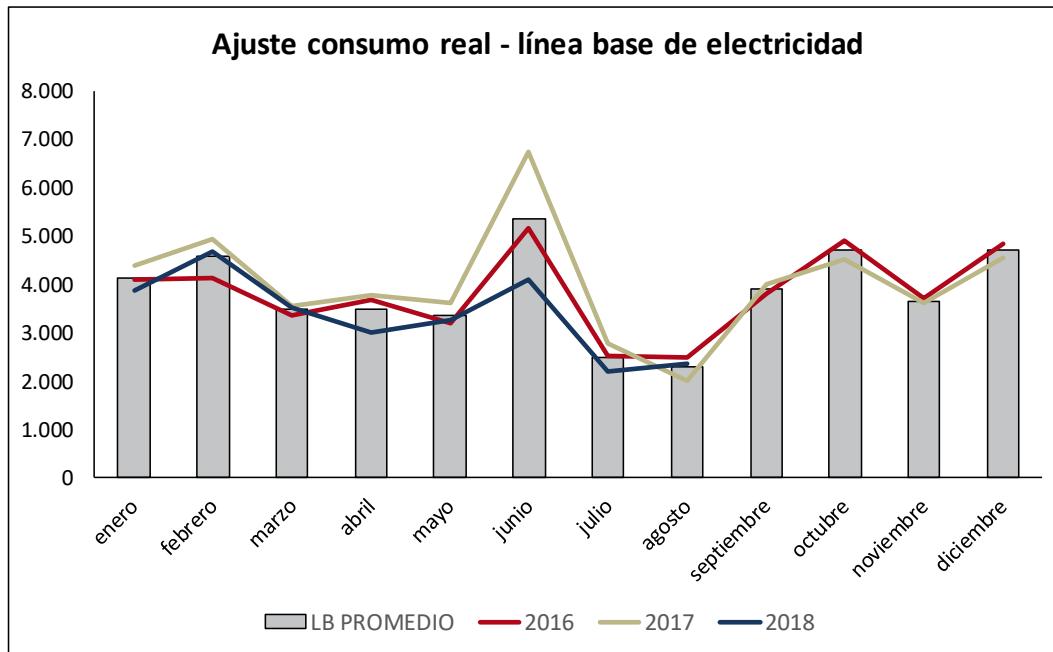
Tabla 18. Línea base de electricidad CEIP Reyes Católicos

Mes	Consumo eléctrico esperado (kWh)
Enero	4.125
Febrero	4.584
Marzo	3.485
Abril	3.482
Mayo	3.355
Junio	5.344
Julio	2.501
Agosto	2.286
Septiembre	3.904
Octubre	4.706
Noviembre	3.664
Diciembre	4.699
Desviación promedio¹³ (%)	7,3

La siguiente gráfica representa los consumos reales de electricidad de los años 2016, 2017 y 2018 frente a la línea base establecida:

¹³ Promedio de la diferencia entre el consumo real frente al consumo esperado según la línea base establecida.





Gráfica 8. Ajuste de la línea base y el consumo real

Puede observarse que la línea base establecida proporciona un ajuste adecuado (desviación promedio < 10%) para todos los meses a excepción del mes de junio, que presenta un consumo con mayor variación durante los años de estudio. Esto puede ser debido a que es el mes en el que acaban las clases y empieza el verano y, por tanto, se ve más afectado por la ocupación y por las condiciones climatológicas (hay un mayor uso de los equipos de climatización).

9 MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS

Las medidas de ahorro estudiadas son todas aquellas que, dadas las características de las instalaciones son susceptibles de llevarse a cabo desde el punto de vista técnico, sin entrar a valorar la rentabilidad a lo largo de su ciclo de vida. Estas medidas se clasificarán en dos grupos atendiendo a diferentes criterios.

A continuación, se presenta un listado de todas las medidas estudiadas, independientemente de los resultados que arrojen.

Tabla 19. Listado de medidas estudiadas

Descripción de la mejora	Ahorro (kWh / año)
Instalación de perlizadores en grifos	123
Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	1.180
Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.331
Instalación de solar fotovoltaica	8.464
Instalación de detectores de presencia	2.245
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de apliques por otros de LED	560
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de fluorescentes por tubos LED	9.500
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de luminarias de viales por LED	214
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	165
Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	2.887
Sustitución de calefactores por bombas de calor	89

Entre las **medidas de ahorro recomendadas** se incluyen aquellas que, habiéndose estudiado, su implantación se considera interesante desde alguno de los siguientes puntos de vista: ahorro económico, ahorro energético, rentabilidad, cumplimiento normativa, etc.

En el siguiente punto del informe, se describe en qué consiste cada una de las medidas y, se analizan los resultados obtenidos y se realiza una comparación con el conjunto de medidas recomendadas.

Por último, se analiza la propuesta considerando diferentes aspectos: confort, viabilidad técnica, ahorro económico, rentabilidad, disminución de emisiones y requerimiento legal.

Las **medidas de ahorro no recomendadas** son las que siendo posible su instalación, no se propone ejecutar, ya que desde el punto de vista económico no son rentables. En este apartado se describe cada una de las medidas y se presentan los resultados obtenidos.



9.1 DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS

9.1.1 PRODUCCIÓN DE ACS

9.1.1.1 Instalación de perlizadores y reductores volumétricos en grifos y duchas

La instalación de perlizadores en grifos y reductores volumétricos en duchas generan una mezcla de aire y agua que disminuye el caudal de agua sin que esto suponga una reducción de la presión de salida, consiguiendo no solo un ahorro considerable en agua, sino también un ahorro de la energía necesaria para calentarla.

Se instalan en la boca de salida de agua del grifo, en sustitución de los filtros convencionales, por lo que en instalaciones muy antiguas es posible que no se pueda llevar a cabo la sustitución directa de los filtros actuales por perlizadores. En esos casos se deberá sustituir la grifería al completo.

Los ahorros energéticos y económicos se producen por la disminución de la cantidad de agua gastada que previamente ha tendido que calentarse. La inversión de la medida considera el coste del total de equipos a instalar.



Ilustración 11. Perlizadores y reductores de caudal de distintos modelos

Para el presente centro se propone instalar perlizadores en:

- 3 grifos
- 0 duchas

Los resultados de la implantación de los perlizadores en grifos son los siguientes:



Tabla 20. Instalación de perlizadores en grifos

Instalación de perlizadores en grifos		
Ahorro		
Ahorro energético	Ahorro económico	
kWh / año	%	Eu / año
123	0,26	13
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
17	0	17
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
1,3	10	103
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
32		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.

9.1.2 ILUMINACIÓN

9.1.2.1 Instalación de detectores de presencia y sensores de luz natural

El detector de presencia es un equipo que permite reducir el consumo energético apagando aquella iluminación que permanece encendida durante más tiempo del necesario en zonas como pasillos, aseos o ascensores. Por otro lado, los sensores de luz natural son elementos que detectan la luz natural existente en las estancias y, en caso de que las condiciones meteorológicas aporten los niveles de luz necesarios, apagan la iluminación. La unión de estos dos elementos permite un ahorro energético considerable.

La instalación de estos equipos en lámparas que tengan como equipo auxiliar balastos electromagnéticos, como son las lámparas fluorescentes y las de bajo consumo, pueden disminuir la vida útil de las mismas debido al mayor número de encendidos. Para minimizar este tipo de consecuencias negativas, se recomienda la instalación de balastos electrónicos previamente. Hay que tener en cuenta que algunos tipos de lámparas de bajo consumo y los LED ya disponen de esta tecnología para evitar que la vida útil de las lámparas se vea reducida.

El estudio de esta medida consiste en la instalación de detectores de presencia con sensores crepusculares (de luz natural) que controlen electrónicamente el encendido y apagado de las lámparas según un tiempo de retardo programable en función que detecte presencia o no y el aporte de luz natural. Los ahorros que se obtienen por la instalación de estos elementos son debidos a la reducción de horas de funcionamiento.





Ilustración 12. Detector de presencia

Se ha evaluado la instalación de 28 detectores de presencia en el centro. En el anexo 13.5 puede verse qué luminarias se propone controlar mediante estos detectores. [las que se incluye una descripción en la columna: propuesta tiempo].

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

Tabla 21. Instalación de detectores de presencia

Instalación de detectores de presencia		
Ahorro		
Ahorro energético	Ahorro económico	
kWh / año	%	Eu / año
2.245	4,70	255
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
1.001	959	1.960
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
7,7	10	424
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
579		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.



9.1.2.2 Sustitución de tubos fluorescentes por LED

Esta medida consiste en la sustitución de las lámparas fluorescentes por tubos de LED.

- Tubo fluorescente T8 de 1x36W por tubo LED de 18W.

Tabla 22. Sustitución de tubos fluorescentes por LED

Sustitución de tubos fluorescentes por LED		
Ahorro		
Ahorro energético	Ahorro económico	
kWh / año	%	Eu / año
9.500	19,89	1.069
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
3.773	4.320	8.093
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
7,6	10	1.899
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
2.451		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.



9.1.3 EQUIPOS

9.1.3.1 Instalación de sobre-enchufes (Plugwise)

Los sobre-enchufes (Plugwise) son un sistema para controlar y reducir el consumo de los equipos ofimáticos y otros que quedan en modo stand-by. El sistema propuesto se compone de los siguientes elementos:

- Software: plataforma de visualización de consumos registrados por los sobre-enchufes. También permite establecer órdenes de encendido/apagado en función de horarios, agrupaciones de sensores, eventos, etc. Se instalaría en un ordenador de la oficina desde donde se controlarían todos los elementos instalados.



Ilustración 13. Componentes del sistema de eliminación del modo stand-by de equipos ofimáticos

- Sobre-enchufe inalámbrico: mide la energía de los dispositivos conectados, y ejecuta el encendido y apagado según las órdenes programadas en el software. Comunica vía Zigbee con el receptor.
- Receptor: recibe las señales Zigbee de los sobre-enchufes, y las procesa para que puedan ser gestionadas por el software.

Los ahorros obtenidos con la aplicación de esta medida son producidos por la eliminación del consumo en stand-by de equipos ofimáticos: ordenadores de sobremesa (compuestos de monitor más unidad central), ordenadores portátiles, impresoras multifunción o fotocopiadoras. La inversión que se ha considerado para el cálculo de los ahorros incluye el coste del software, el receptor y los sobre-enchufes en función del número de equipos sobre los que aplica.

Se ha evaluado la implantación de 2 equipos “Pro 50 Type F” que incluyen 50 sobreenchufes cada uno, esto es un total de 100 sobreenchufes.

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:



Tabla 23. Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise

Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
KWh / año	%	Eu / año
6.331	13,26	665
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
4.215	0	4.215
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
6,3	10	1.985
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
1.633		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.



9.1.4 ENERGÍAS RENOVABLES

9.1.4.1 Solar Fotovoltaica

Introducción

Se propone la instalación de un sistema solar fotovoltaico en la cubierta de las instalaciones con el fin de reducir el consumo energético del suministro existente, consumiendo la energía producida por los paneles.

Descripción de la medida

Una instalación solar fotovoltaica permite aprovechar la luz del sol para generar electricidad. El principal elemento de una instalación fotovoltaica es el panel fotovoltaico.

Un panel fotovoltaico se compone de un conjunto de células fotoeléctricas conectadas en serie y paralelo para obtener una tensión determinada y una intensidad variable en función de la radiación solar. Una célula fotoeléctrica es un dispositivo que, mediante el efecto fotoeléctrico, es capaz de convertir la energía luminosa en energía eléctrica.

Cuando la luz del sol incide sobre una célula fotoeléctrica, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor para que así puedan circular dentro del sólido.

Después, la tecnología fotoeléctrica consigue que parte de estos electrones salgan al exterior del material semiconductor generándose así una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito externo.

Las condiciones de funcionamiento de un módulo fotovoltaico dependen de algunas variables externas como la radiación solar y la temperatura de funcionamiento.

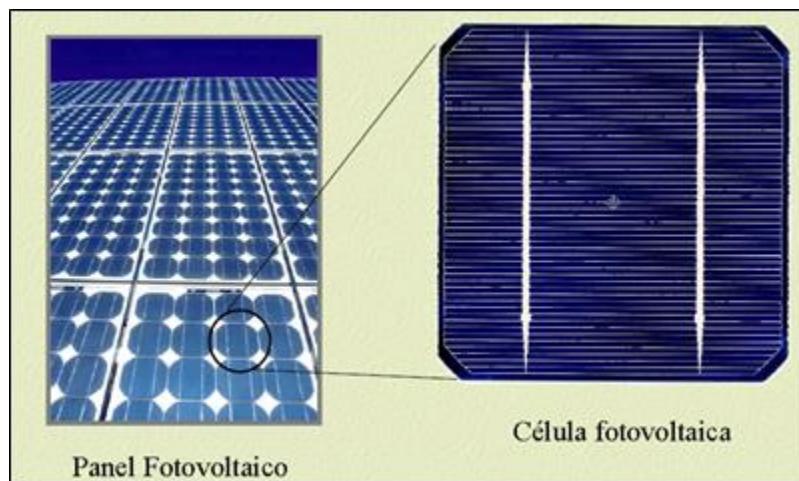


Ilustración 14. Imagen de una célula fotoeléctrica y de un panel fotovoltaico (compuesto de numerosas células)

La potencia de un panel fotovoltaico o de una instalación fotovoltaica se mide en kilovatios pico (kWp). La potencia pico es la potencia máxima de la instalación. Una instalación con una potencia de 1 kWp producirá 1 kW eléctrico cuando la radiación incidente sobre ella sea de 1 sol pico (1 kW/m²).

El ahorro económico vendrá dado por la energía que se generará a través de fuentes renovables y que se deja de demandar de la red.

Los elementos necesarios para llevar a cabo esta instalación son los siguientes:

- Panel fotovoltaico: convierte la luz solar en energía eléctrica
- Estructura soporte. Mantiene el módulo y lo orienta en la dirección más adecuada
- Inversor. Convierte la corriente continua a corriente alterna (los módulos fotovoltaicos generan electricidad en corriente continua) para su uso por los diferentes sistemas consumidores



Ilustración 15. Imagen de una instalación fotovoltaica estática

Dimensionamiento de la instalación

Introducción

La legislación actual permite volcar parte de la energía generada a red, pero es más interesante autoconsumir el máximo de energía.

De este modo, se va a dimensionar la instalación de modo que la generación solar sea inferior en todo momento al consumo eléctrico del edificio.



Radiación solar en la zona

Se ha obtenido la radiación solar en la zona a partir de los datos del sistema de información territorial del *Photovoltaic Geographical Information System* de la Unión Europea.

Tabla 24. Latitud y longitud

Colegio	CIFP Reyes Católicos	
Coordenadas	LAT	36,532485
	LON	-6,181952

Tabla 25. Potencial solar mensual

Mes	Potencial FV (kWh / día kWp)	Días	Potencial FV (kWh / mes kWp)
Enero	3,25	31	100,75
Febrero	4,11	28	115,08
Marzo	4,76	31	147,56
Abril	4,93	30	147,90
Mayo	5,17	31	160,27
Junio	5,43	30	162,90
Julio	5,56	31	172,36
Agosto	5,38	31	166,78
Septiembre	4,85	30	145,50
Octubre	4,28	31	132,68
Noviembre	3,55	30	106,50
Diciembre	3,12	31	96,72
Total			1.655

A partir de estos datos se va a encontrar la potencia óptima de la instalación y el rendimiento energético de ésta.

Dimensionamiento. Tamaño óptimo

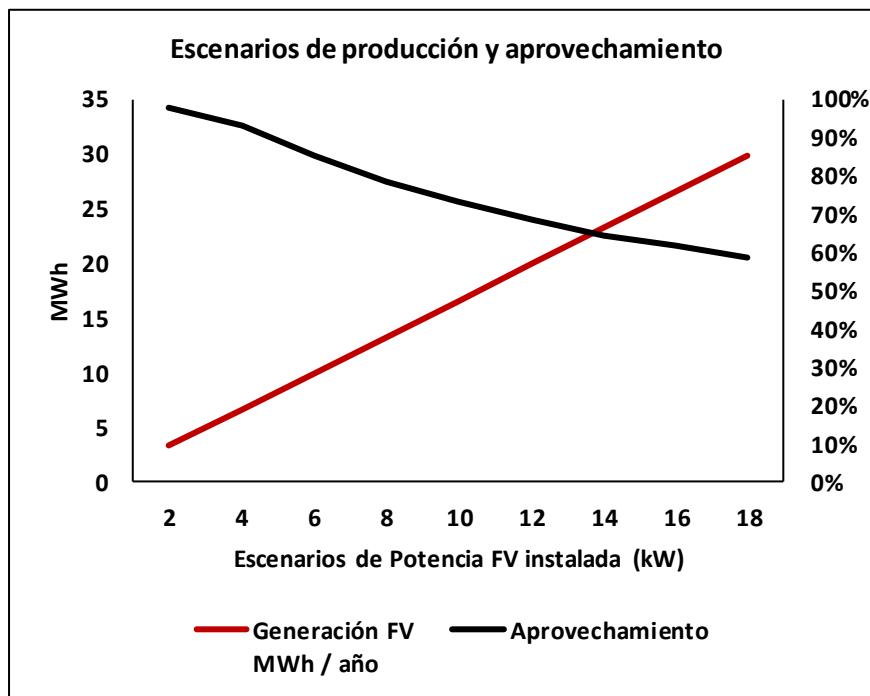
Para dimensionar la instalación se va a tener en cuenta lo siguiente:

- La generación será la máxima posible, minimizando la energía desperdiciada¹⁴, de modo que se pueda autoconsumir la energía generada por la instalación.
- La demanda se ha simulado en base al consumo eléctrico mensual facilitado y a los usos y al régimen de funcionamiento del centro, ya que no se dispone de la curva de carga real.

¹⁴ Dado las características de los centros es imposible no desperdiciar parte de la energía generada, ya que hay momentos en los que la demanda es muy baja. Sin embargo, se dimensiona para que el aprovechamiento sea al menos del 80%.



De este modo, se analiza la generación de energía en función de la potencia instalada frente al aprovechamiento de la misma, tal y como se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica 9. Escenarios de generación FV y aprovechamiento

A partir de esta información, se determina la potencia óptima, que permite un aprovechamiento del 85% de la energía generada:

- Potencia pico propuesta = 6 kWp

Resultados

Instalación propuesta

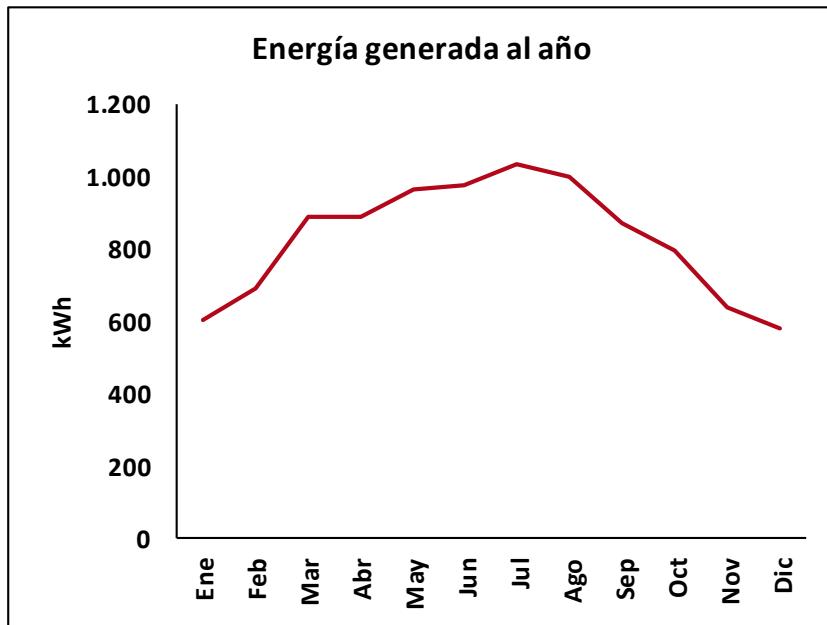
Datos de la instalación

- Potencia pico: 6 kWp
- Número de módulos: 20
- Potencia de los módulos: 300 Wp
- Inclinación de los módulos: 30° ¹⁵

La generación mensual de la instalación se muestra en el siguiente gráfico:

¹⁵ Inclinación óptima en la zona





Gráfica 10. Generación mensual de energía

La generación anual de energía es igual a **9.930 kWh**. Se considera un aprovechamiento de un 85,2%, esto es: **8.464 kWh**.

Localización

Por cuestiones de seguridad y de integración arquitectónica, se determinará la cubierta de las edificaciones como zona de ubicación de los paneles solares fotovoltaicos.

Para esta instalación de una potencia pico estimada de 6 kW se necesita una superficie aproximada de unos 71 m².

Como zona óptima se ha elegido la cubierta plana no transitable correspondiente a la entrada principal a las instalaciones, la cual consta con una superficie aprovechable de unos 160 m².



Ilustración 16. Zona optima para la ubicación de las placas fotovoltaicas

La carga del sistema de paneles compuestos por módulos fotovoltaicos y la estructura para estos, constituye una carga de aproximadamente 20 kg/m².

Los paneles fotovoltaicos irán sobre una estructura compuesta por perfiles metálicos de aluminio, diseñada para poder soportar cargas de viento y que dará la inclinación apropiada a los dichos paneles para el mayor aprovechamiento de la radiación solar. Dicha estructura irá atornillada mediante fijaciones a la cubierta.



Ilustración 17. Ejemplo de estructura para placas fotovoltaicas en cubiertas planas

En total, se instalarían 20 módulos de 300 Wp, con una superficie total de 71 m², en los que se incluye la superficie de los paneles y la separación se seguridad entre ellos.

Para conseguir la mejor captación de luz y sacar el máximo rendimiento de los paneles solares es importante que se encuentren bien orientados, por lo que dichos paneles se orientarán hacia el Sur.

Configuración de la instalación

Para la presente instalación se han considerado los siguientes equipos:

- Paneles FV
 - N° paneles: 20
 - Potencia pico: 300 Wp
 - Entre un 14 - 20 % sobredimensionamiento mínimo o máximo o permitido por el inversor.
- Inversores
 - N° inversores: 2
 - Potencia nominal: 3,3 kW

Las características técnicas exigibles para estos equipos se detallan en el anexo.

Presupuesto

Tabla 26. Presupuesto instalación solar fotovoltaica

Concepto	Coste (€)	Coste (€ / Wp)
Módulos FV	1.898	0,32
Inversor	1.147	0,19
Equipo gestor	250	0,04
Controlador de vertido	300	0,05
Estructura auxiliar	1.000	0,17



Concepto	Coste (€)	Coste (€ / Wp)
Material eléctrico y protecciones	1.000	0,17
Mano de obra	2.300	0,38
Gestiones y memoria técnica	650	0,11
Seguridad y salud	75	0,01
Gestión de residuos	50	0,01
Total	8.760	1,44

Resultados energéticos y económicos

Como se ha comentado anteriormente el ahorro económico vendrá dado por la energía que se generará a través de fuentes renovables y que se deja de demandar de la red, además de la posible reducción de la potencia contratada con la compañía suministradora debido a esta nueva situación de disminución de la demanda de la red eléctrica. Por ello, para el ahorro económico no solo se ha tenido en cuenta el precio de la electricidad, sino también el coste de las potencias contratadas. Por lo que, para el cálculo del ahorro, se ha tenido en cuenta un término unitario de la energía de 0,105 €/kWh.

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:



Tabla 27. Resultados de la Instalación de solar fotovoltaica

Instalación de solar fotovoltaica		
Ahorro		
Generación de energía		Ahorro económico
kWh / año ¹⁶	% ¹⁷	Eu / año
8.464	17,72%	888
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
5.595	3.075	8.760
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN ¹⁸
años	años	Eu
9,3	25	-420
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
2.201		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto, es suficiente con una memoria técnica, ya que la potencia instalada es menor de 100 kWp.

9.1.5 FACTURACIÓN ELÉCTRICA

9.1.5.1 Optimización de la potencia contratada

Uno de los conceptos por los que se paga en las facturas eléctricas es la potencia contratada. Es fundamental que la potencia esté optimizada, ya que supone un sobrecoste para el usuario tanto si es superior como si es inferior a la potencia demandada.

En base a las facturas del centro se ha establecido la potencia óptima para cada uno de los períodos. En este caso se recomienda modificar la potencia contratada en todos los períodos.

Tabla 28. Optimización de la potencia contratada

CUPS	Potencia óptima		
	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)
ES0031102152186001LC0F	40	45	8

¹⁶ Ahorro eléctrico

¹⁷ Ahorro con respecto al consumo eléctrico

¹⁸ Para el cálculo del VAN y TIR se considera una vida útil de 10 años, ya que es la duración a considerar para un proyecto ESE.



Esta medida conlleva una inversión debida al coste de los derechos de enganche, la cuota de extensión, la cuota de acceso y la renovación del CIE¹⁹ por parte de la distribuidora.

A continuación, se muestra una tabla con los resultados de la optimización de la potencia en el centro:

Tabla 29. Optimización de la potencia contratada

Optimización potencia contratada		
Ahorro		
Ahorro energético	Ahorro económico	
kWh / año	%	Eu / año
0	0	1.445
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
-	-	1.513
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
1,1	-	11.810
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
0		

9.2 DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO NO RECOMENDADAS

9.2.1 CLIMATIZACIÓN

9.2.1.1 Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento

Una bomba de calor es una máquina térmica que permite transferir energía en forma de calor de un ambiente a otro, según se requiera. Los equipos instalados actualmente son antiguos y presentan un rendimiento bajo, es por ello que se propone su sustitución por otros más modernos de tipo Inverter que tienen un rendimiento superior.

La inversión necesaria se calcula como la suma de todos los costes existentes: costes de equipos, costes de mano de obra y costes de proyecto.

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

¹⁹ Certificado de Instalación Eléctrica.



Tabla 30. Sustitución bombas de calor actuales por bombas de calor eficientes

Sustitución bombas de calor actuales por bombas de calor eficientes		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
2.887	6,05	303
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
53.090	13.272	66.362
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
219,0	20	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
745		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.

9.2.1.2 Sustitución de calefactores por bombas de calor

El uso de equipos como calefactores, radiadores eléctricos, resistencias eléctricas para calefacción supone un uso ineficiente de la energía, ya que existen equipos, como las bombas de calor, que tiene rendimientos mucho mayores y ofrecen un mayor confort.

Una bomba de calor es una máquina térmica que permite transferir energía en forma de calor de un ambiente a otro, según se requiera. Estos equipos presentan un rendimiento muy superior al de los equipos anteriormente mencionados, ya que no están basados en la generación de calor, sino en su transferencia.

La mayor eficiencia de estos equipos disminuirá el consumo energético y por lo tanto los costes económicos asociados.

La medida se ha estudiado asumiendo la instalación de una bomba de calor reversible de alta eficiencia energética (clase A) que pueda satisfacer las demandas térmicas de calor. El equipo también tendrá la posibilidad de cubrir la demanda de refrigeración, que actualmente está desatendida.

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:



Tabla 31. Sustitución de calefactores por bombas de calor

Sustitución de calefactores por bombas de calor		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
89	0,19	9
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
3.283	821	4.103
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
441,3	20	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
23		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.

9.2.2 ILUMINACIÓN

9.2.2.1 Sustitución de lámparas convencionales por LED

El LED es un tipo de luz que usa diodos semiconductores. Cuando un LED se encuentra en polarización directa, los electrones pueden recombinarse con los huecos en el dispositivo, liberando energía en forma de fotones. Este efecto es llamado electroluminiscencia y el color de la luz (correspondiente a la energía del fotón), se determina a partir de la banda de energía del semiconductor. La energía contenida en un fotón de luz es proporcional a su frecuencia, es decir, su color. Cuanto mayor sea el salto de banda de energía del material semiconductor que forma el LED, más elevada será la frecuencia de la luz emitida.

Las lámparas LED presentan las siguientes ventajas:

- El LED se alimenta a baja tensión, consumiendo así poca energía y por lo tanto emitiendo poco calor. Esto es debido a que el LED es un dispositivo que opera a baja temperatura en relación con la luminosidad que proporciona. Los demás sistemas de iluminación en igualdad de condiciones de luminosidad que el LED emiten mucho más calor.
- Larga vida útil (50.000 h).
- Baja depreciación luminosa, del 30% a 50.000 h.
- Índice de reproducción cromática superior a 80.
- Luz blanca a temperaturas de calor entre 3.000 K y 6.000 K.



- No emiten radiación ultravioleta ni infrarroja.
- Encendido instantáneo.
- Excelente direccionalidad de la luz, lo que permite un mayor factor de utilización y mínima contaminación lumínica.
- No contienen componentes contaminantes (mercurio, plomo, etc.).
- Gran capacidad de producción de energía lumínica, por cada watio consumido 90-113 lm/W.

Sin embargo, estas lámparas presentan los siguientes inconvenientes:

- Alto coste de las luminarias, es previsible una disminución importante durante los próximos años.
- La vida útil presenta alta variabilidad en función de la intensidad de corriente y la temperatura.

El ahorro energético se ha calculado como la diferencia entre el consumo eléctrico actual y el consumo eléctrico que tendría tras la propuesta.

El ahorro económico se obtiene como la diferencia del coste económico del consumo energético del sistema de iluminación actual y el coste económico del consumo energético del sistema de iluminación propuesto incluyendo el ahorro por reposición debido a la mayor vida útil de las lámparas LED.

El coste de los equipos se obtiene a partir de los precios obtenidos por Creara con el distribuidor, mientras que la inversión necesaria se calcula como la suma de todos los costes existentes: costes de equipos y costes de mano de obra.

Las sustituciones de iluminación por LED que se han contemplado se muestran a continuación:

Sustitución de luminarias de tipo apliques por LED

El tipo de lámpara que forma parte de esta luminaria es de tipo fluorescente compacta o incandescente, habiéndose descrito anteriormente las características de estas tecnologías. Se lleva a cabo la sustitución de la luminaria completa por apliques de LED. Las posibilidades de sustitución son las siguientes:

- Aplique con incandescencia de 1x40W, 1x60W y 1x75W por aplique LED de 8W.
- Aplique con incandescencia de 2x25 W por aplique LED de 8W.
- Aplique con incandescencia de 1x60W por aplique LED de 18W.

Tabla 32. Sustitución de luminarias de tipo aplique por LED

Sustitución de luminarias de tipo aplique por LED		
Ahorro		
Ahorro energético	Ahorro económico	
kWh / año	%	Eu / año
560	1,17	70
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
900	360	1.260
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
17,9	15	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
145		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.



Sustitución de proyectores con lámparas de descarga o halógenos por LED

Esta medida consiste en la sustitución de proyectores de diferentes tecnologías de descarga, halogenuro metálico en su mayoría o halógenos convencionales de tipo lineal.

- Halógeno lineal de 120W por Proyector LED de 40W.

Tabla 33. Sustitución de proyectores por LED

Sustitución de proyectores por LED		
Ahorro		
Ahorro energético	Ahorro económico	
kWh / año	%	Eu / año
165	0,35	21
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
1.470	390	1.860
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
89,3	15	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
43		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.



Sustitución de luminarias de exterior tipo viales con lámparas de descarga por viales de LED

Esta medida consiste en la sustitución de los viales con lámparas de descarga, tanto vapor de sodio como halogenuros metálicos o vapor de mercurio, destinadas a la iluminación de patios o calzadas, por otras de LED.

- VSAP o HMC de 70W por Vial LED de 29W.

Tabla 34. Sustitución de las luminarias de tipo viales por LED

Sustitución de las luminarias de tipo viales por LED		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
KWh / año	%	Eu / año
214	0,45	24
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
1.617	200	1.817
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
74,7	15	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
55		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.

9.2.3 EQUIPOS

9.2.3.1 Instalación de regletas eliminadoras de stand-by

Las regletas eliminadoras de stand-by son elementos destinados a reducir el consumo stand-by de los equipos electrónicos (principalmente equipos ofimáticos) que pueden desconectarse completamente de la red eléctrica.

Los eliminadores de stand-by miden la corriente que circula por los aparatos cuando están encendidos, de forma que cuando entran en stand-by detecta la disminución de consumo y corta el paso de corriente, apagándolos por completo. Al encenderlos el eliminador detecta la demanda de potencia y vuelve a



conectar el paso de electricidad. Para ello el eliminador queda en modo de espera, por lo que es interesante que se utilice para desconectar varios aparatos a la vez.

La principal ventaja frente a las regletas convencionales de interruptor es que no necesitan la vigilancia permanente del usuario, por lo que se evitan las situaciones de olvido en las que quedaban los equipos encendidos.

El ahorro energético de aplicar esta medida estará dado por la disminución del tiempo que los equipos se encuentran en modo stand-by. La inversión que se ha considerado para el cálculo de los ahorros incluye el coste de la regleta eliminadora de stand-by. No se considera coste asociado a la mano de obra, ya que su instalación es muy sencilla.



Ilustración 18. Regleta con un maestro, cuatro esclavos y dos tomas convencionales

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

Tabla 35. Instalación de regletas eliminadoras del stand-by

Instalación de regletas eliminadoras del stand-by		
Ahorro		
Ahorro energético	Ahorro económico	
kWh / año	%	Eu / año
1.180	2,47	124
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
304	0	304
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
2,5	10	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
304		

Para la implantación de esta medida no es necesaria la redacción de un proyecto.



10 MEDIDA DE GESTIÓN Y CONTROL ENERGÉTICO

10.1.1 TELEGESTIÓN DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA

La instalación de equipos para la telegestión es recomendable cuando el edificio dispone de altos consumidores tales como sistemas centralizados de climatización, calderas o enfriadoras, que concentran un elevado porcentaje del consumo del edificio.

Dentro de las posibilidades de telegestión, la mejor opción para este tipo de edificios son los actuadores telegestionados.

Un actuador telegestionable permite obtener información relativa de un elemento consumidor tal como:

- Parámetros de consumo: tensiones, intensidades, potencia, energía, factor de potencia, armónicos, caudales de gas.
- Estado actual: encendido/apagado, % de carga, avisos de incidencias
- Variables ambientales: temperatura, humedad relativa, concentración CO₂.

Estos elementos además permiten la actuación sobre variables operativas tales como consignas, horarios, encendidos, etc.

En el caso particular de la instalación objeto de este estudio, no hay climatización centralizada, pero existe un consumo elevado de iluminación y equipos ofimáticos.

Si estos consumos se encuentran diferenciados y seccionados en los cuadros eléctricos, se podrían monitorizar con los actuadores anteriormente mencionados, de manera que se podrían crear horarios de encendido y apagado para que, tras el uso normalizado del colegio, y los horarios de limpieza, se apague todo el centro, desconectando iluminación que se haya podido quedar encendida, o equipos en stand by.



11 BUENAS PRÁCTICAS Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN

11.1 REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LAS ESTANCIAS

La regulación de la temperatura en las distintas dependencias es un factor sobre el que se puede actuar para conseguir que el sistema de climatización del edificio sea más eficiente.

El Consejo de Ministros en su sesión del 1 de agosto de 2008 aprobó el Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2011 que contiene 32 medidas, entre las que se encuentra la obligación de limitar las temperaturas a mantener en el interior de los establecimientos de edificios y locales climatizados destinados a usos administrativos, comerciales, culturales, de ocio y en estaciones de transporte, con el fin de reducir su consumo de energía. También propone la exhibición de la gama de temperaturas interiores registradas en los recintos de los edificios y locales que son frecuentados habitualmente por un número importante de personas o tienen una superficie superior a 1.000 m², reforzando de esta forma el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento Básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, que sólo lo recomendaba.

Las medidas que se proponen en este Plan justifican que se haya aprobado el Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, y en concreto de su Instrucción Técnica IT-3 dedicada al mantenimiento y uso de estas instalaciones.

Dentro de esta Instrucción Técnica IT-3 se recoge en su apartado "I.T.3.8.2 Valores límite de las temperaturas del aire" lo siguiente:

La temperatura del aire en los recintos habitables acondicionados que se indican en la I.T. 3.8.1 apartado 2, y entre los que se encuentran los edificios administrativos, se limitará a los siguientes valores:

- La temperatura del aire en los recintos calefactados no será superior a 21 °C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional para la generación de calor por parte del sistema de calefacción.
- La temperatura del aire en los recintos refrigerados no será inferior a 26 °C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional para la generación de frío por parte del sistema de refrigeración.
- Las condiciones de temperatura anteriores estarán referidas al mantenimiento de una humedad relativa comprendida entre el 30% y el 70%.

A través de los datos de los termostatos tomados de las estancias se puede determinar el ahorro potencial a través de la regulación de la temperatura de las estancias, ya que por cada °C que se aumente la temperatura de consigna en refrigeración se puede ahorrar un 8% del consumo, mientras que por cada °C que se reduzca la temperatura de consigna en calefacción se puede ahorrar un 7% del consumo. Esta medida no lleva asociada ningún coste.

Partiendo de la hipótesis de que la temperatura de consigna de las estancias está por encima de lo recomendado en invierno con una consigna de 22,5°C y por debajo en verano, 24,5°C, se podría obtener un



ahorro del 10,3% del consumo en invierno y del 11,8% en verano, lo que supone un ahorro energético de 1.420 kWh. La inversión que lleva aparejada esta medida es nula puesto que es meramente de gestión.

11.2 CONFIGURACIÓN CORRECTA DEL PROGRAMA ENERGY STAR

Los tres sistemas operativos más importantes actualmente; Windows, Mac OS X y Linux (en la mayoría de sus distribuciones) llevan implementados economizadores basados en el programa ENERGY STAR de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, creado en 1992 para promover los productos eléctricos con consumo eficiente de electricidad, reduciendo de esta forma las emisiones de gas de efecto invernadero por parte de las centrales eléctricas.



Ilustración 20. Logotipo del programa ENERGY STAR de ahorro energético en ordenadores

- Reducción de brillo en pantalla: el usuario puede establecer un tiempo de inactividad a partir del cual el ordenador atenúa el brillo del monitor, disminuyendo la potencia necesaria para alimentar el LCD.
- Apagado de pantalla: el usuario puede establecer un tiempo de inactividad a partir del cual el ordenador mandará una orden al monitor para que éste se apague, pasando al modo Stand-by.
- Poner el equipo en estado de suspensión: el usuario puede establecer un tiempo de inactividad a partir del cual el ordenador guarda su estado actual, detiene los discos duros y reduce su actividad hasta prácticamente su apagado total. Queda un remanente de alimentación hacia las memorias RAM, CPU y fuente de alimentación. En este estado el consumo total del ordenador es muy reducido. Cuando termina el periodo de inactividad, el ordenador vuelve a un estado exactamente igual al que tenía antes de la suspensión.
- Poner el equipo en estado de hibernación: el usuario puede establecer un tiempo de inactividad a partir del cual el ordenador guarda su estado actual y hace una copia del contenido de la memoria RAM en el disco duro, tras lo que el ordenador se apaga completamente. Al volver a iniciar, el usuario se encuentra con todas las aplicaciones abiertas en el estado en el que éstas se encontraban antes de hibernar. Este modo se suele usar para largos periodos de inactividad,



consumiendo menos energía que en el modo suspensión y asegurándose de no perder ningún dato ante un corte de tensión o descarga completa de la batería en el caso de un portátil.

Gestionando eficientemente los equipos ofimáticos con este programa se puede conseguir un ahorro de 1.150 kWh. En cuanto a la inversión, es un programa implementado en todos los sistemas operativos, por lo que se considera gratuita.

11.3 LIMPIAR LA PARTE TRASERA DE FRIGORÍFICOS Y CONGELADORES

El radiador de los frigoríficos y los congeladores se encuentra en la parte trasera del equipo. Una limpieza periódica (cada 3 - 4 meses) de este elemento reduciría sustancialmente la suciedad acumulada y, por tanto, mejoraría la evacuación del calor y la eficiencia del equipo. Evitando la obstrucción de la ventilación y manteniendo limpio el serpentín, el condensador necesitaría menores tiempos de funcionamiento, con el consiguiente ahorro energético.



Ilustración 21. Parte trasera de un frigorífico.

Además, es importante controlar el estado de las gomas y aislantes, para evitar posibles pérdidas térmicas que incrementarían el consumo del equipo, y evitar las aperturas innecesarias y prolongadas de las puertas. También se ha de considerar la correcta ubicación del equipo, permitiendo una óptima ventilación y alejándolo de fuentes de calor (como hornos o fogones).

El ahorro aproximado realizando esta actuación en los equipos de frío es del 15% del consumo del equipo, de forma que el ahorro esperable sería de 158 kWh. Esta medida no tiene ninguna inversión asociada.



11.4 DESCONGELAR SI SE FORMA ESCARCHA EN LOS FRIGORÍFICOS

Consiste en vigilar la formación de hielo o escarcha en el frigorífico o en el congelador y proceder a descongelarla cuando aparezca, evitando la formación de capas de más de 3 mm. Los nuevos modelos suelen incorporar la tecnología “no-frost”, que evitan este proceso, pero aun así es conveniente permanecer atento.

El hielo y la escarcha actúan como aislantes, dificultando el enfriamiento del interior del frigorífico. Un equipo que mantenga capas de hielo inferiores a 3 mm es capaz de ahorrar en torno a un 30% de energía (Fuente: IDAE).

Realizando esta actuación en los frigoríficos que lo necesiten se puede llegar a obtener una ahorro del 30% del consumo del equipo, de forma que el ahorro esperable sería de 316 kWh. La inversión que lleva aparejada esta medida es nula porque la puede llevar a cabo el personal de mantenimiento del edificio.



12 CONCLUSIONES

12.1 MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS

A continuación, se presenta una tabla con los resultados energéticos de la totalidad de las medidas de ahorro analizadas en el presente estudio.

En la tabla se muestra la siguiente información:

- Ahorro energético. Se muestra el ahorro de energía generado por la medida.
- Ahorro económico. Se muestra el ahorro económico anual derivado de la implantación de la medida de ahorro.
- Inversión. Se muestra la inversión necesaria para implementar la medida de ahorro.
- Periodo de retorno simple de la inversión²⁰. Se muestra en años el periodo que, debido al ahorro económico generado por la medida, lleva recuperar la inversión realizada para su implementación.
- Emisiones evitadas. Se muestran las emisiones de CO₂ evitadas debido a la disminución del consumo de electricidad generada por la medida

²⁰En este apartado no se ha considerado la evolución de los precios de la energía



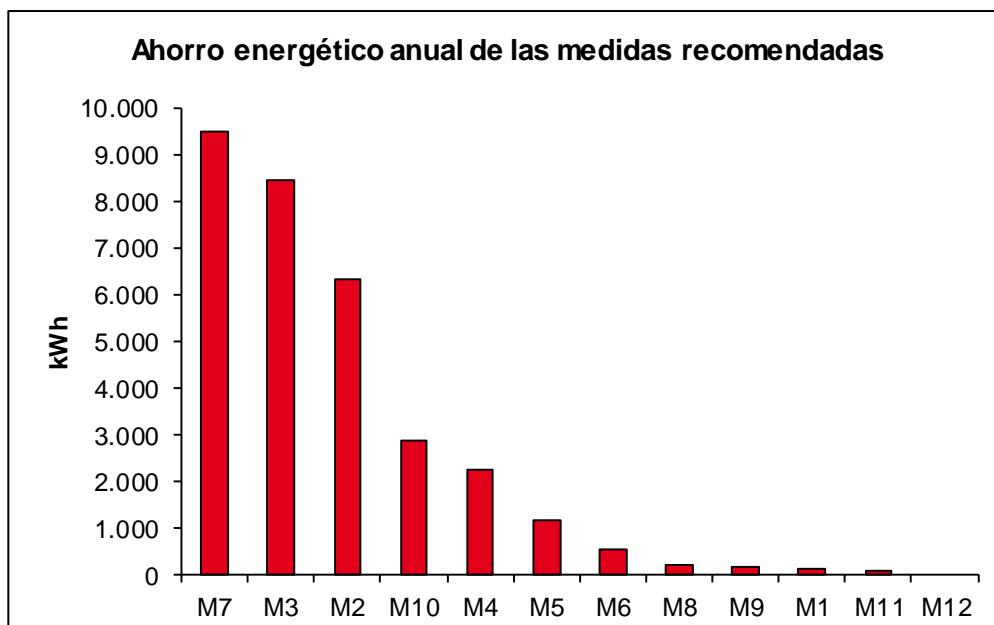
Tabla 36. Tabla resumen de medidas de ahorro estudiadas

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	TIR	Vida útil
		kWh / año	% Total	€ / año	€	años	kg CO ₂ / año	€	%	años
M1	Instalación de perlizadores en grifos	123	0,26	13	17	1,3	32	103	77,2	10
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.331	13,26	665	4.215	6,3	1.633	1.985	10,1	10
M3	Instalación de solar fotovoltaica	8.464	17,72	888	8.760	9,3	2.201	-420	1,1	25
M4	Instalación de detectores de presencia	2.245	4,70	255	1.960	7,7	579	424	5,9	10
M5	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	1.180	2,47	124	304	2,5	304	843	40,3	10
M6	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de apliques por otros de LED	560	1,17	70	1.260	17,9	145	-	-	15
M7	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	9.500	19,89	1.069	8.093	7,6	2.451	1.899	6,3	15
M8	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de luminarias de viales por LED	214	0,45	24	1.817	74,7	55	-	-	15
M9	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	165	0,35	21	1.860	89,3	43	-	-	15
M10	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	2.887	6,05	303	66.362	219,0	745	-	-	20

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	TIR	Vida útil
		kWh / año	% Total	€ / año	€	años	kg CO ₂ / año			
M11	Sustitución de calefactores por bombas de calor	89	0,19	9	4.103	441,3	23	-	-	20
M12	Optimización de la potencia contratada	0	0	1.445	1.513	1,1	0	11.810	96,4	-



En el gráfico que se muestra a continuación se compara el ahorro energético anual conseguido mediante la aplicación de las diferentes medidas.



Gráfica 11. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio

Tabla 37. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro de energía mejora (kWh/año)
M7	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	9.500
M3	Instalación de solar fotovoltaica	8.464
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.331
M10	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	2.887
M4	Instalación de detectores de presencia	2.245
M5	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	1.180
M6	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de apliques por otros de LED	560
M8	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de luminarias de viales por LED	214
M9	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	165
M1	Instalación de perlizadores en grifos	123
M11	Sustitución de calefactores por bombas de calor	89



12.2 MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS

A continuación, se muestra una tabla con las medidas de ahorro que se proponen para su implementación.

De la totalidad de medidas estudiadas se recomienda la implementación de aquellas con un periodo de retorno inferior a 10 años.

Tabla 38. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP Reyes Católicos

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	TIR	Vida útil
		kWh / año	% Total	€ / año	€	años	kg CO ₂ / año	€	%	años
M1	Instalación de perlizadores en grifos	123	0,26	13	17	1,3	32	103	77,2	10
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.331	13,26	665	4.215	6,3	1.633	1.985	10,1	10
M3	Instalación de solar fotovoltaica	8.464	17,72	888	8.760	9,3	2.201	-420	1,1	25
M4	Instalación de detectores de presencia	2.245	4,70	255	1.960	7,7	579	424	5,9	10
M7	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	9.500	19,89	1.069	8.093	7,6	2.451	1.899	6,3	15
M12	Optimización de la potencia contratada	0	0	1.445	1.513	1,1	0	11.810	96,4	-
TOTAL		26.663	55,83	4.335	24.558	5,7	6.896	15.799	13	-



Tabla 39. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro en el edificio CEIP Reyes Católicos

IMPLANTACIÓN CONJUNTA DE TODAS LAS MEDIDAS DE AHORRO		
Ahorro energético		Total
	[kWh/año]	26.663
Ahorro energético sobre el consumo total del edificio		Total
	[%]	55,83%
Emisiones evitadas	[kg CO ₂ / año]	6.896
Reducción de emisiones sobre el total	[%]	55,97%
Ahorro económico	[€ / año]	4.335
Inversión necesaria	[€]	24.558
Periodo de retorno simple de la inversión	[Años]	5,7
Valor Actual Neto (VAN)	[€]	15.799
Tasa Interna de Retorno (TIR)	[%]	13

Para los resultados que se muestran de ahora en adelante, se han tenido en cuenta los efectos de la implantación conjunta de todas las medidas de ahorro recomendadas.

En la tabla que se muestra a continuación se puede ver el consumo total del edificio anterior y posteriormente a la implantación de las medidas. Del mismo modo se muestra el coste energético actual y el que tendrá el edificio tras la implantación de las medidas.

Tabla 40. Consumo y coste energético antes y después de la implantación de las medidas en el edificio

Concepto	Unidades	Situación inicial	Situación ²¹ final	Ahorro
Consumo energético	[kWh / año]	47.757	21.094	26.663
Coste energético	[€ / año]	5.013	678	4.335

²¹ Despues de la implantación de las medidas

12.3 FLUJO DE CAJA

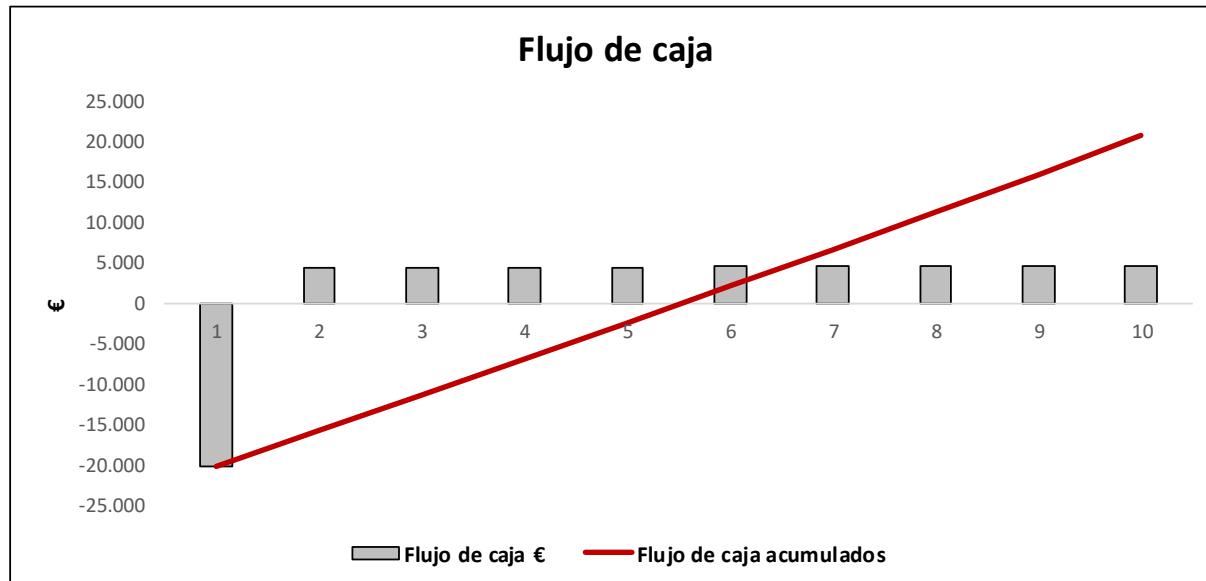
A continuación, se muestran el flujo de caja de llevar a cabo la totalidad de las medidas recomendadas, en función de la inversión y el ahorro anual conseguidos.

Teniendo en cuenta la vida útil de las propuestas de cambio (entre 10 y 25 años), la TIR no se calcula en un horizonte de 10 años, sino en un horizonte de 9 años.

Las medidas se llevarían a cabo en el año 0 (año 1º), y este año obtendríamos casi un 56% de ahorro, por lo que el tiempo de vida real estimado es de 9,5 años.

Tabla 41. Flujo de caja

Año	Inversión	Ahorro ²²	Flujo de caja	Flujo de caja acumulado
	€	€	€	€
1º	24.558	4.335	-20.223	-20.223
2º	-	4.378	4.378	-15.845
3º	-	4.422	4.422	-11.423
4º	-	4.466	4.466	-6.956
5º	-	4.511	4.511	-2.445
6º	-	4.556	4.556	2.111
7º	-	4.602	4.602	6.713
8º	-	4.648	4.648	11.360
9º	-	4.694	4.694	16.055
10º	-	4.741	4.741	20.796



Gráfica 12. Flujo de caja

²² Incremento del precio de la energía (1%)

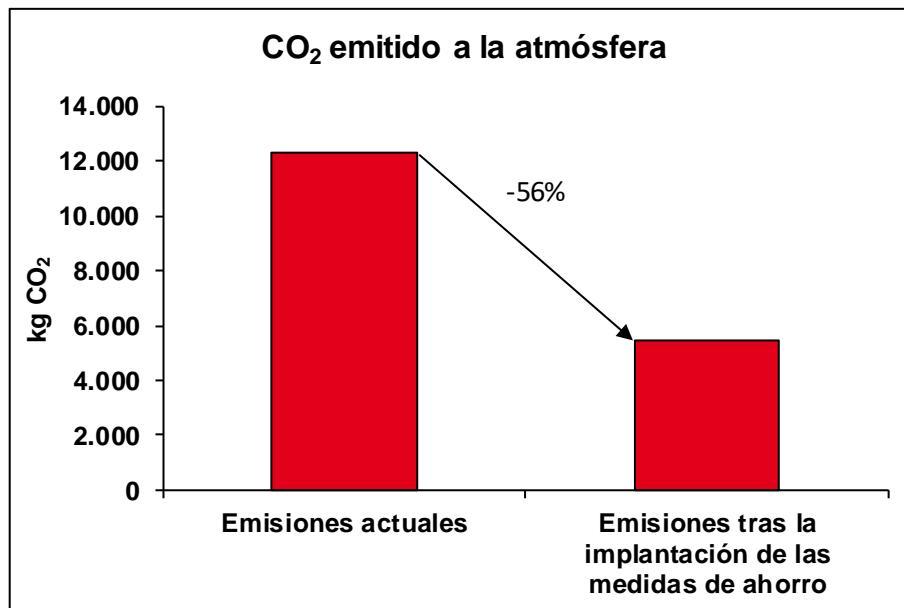
En el gráfico anterior se observa una línea ascendente del flujo de caja acumulado, de forma que con el paso de los años se va recuperando la inversión que se hizo el primer año.

12.4 REDUCCIÓN DE EMISIONES

A continuación, se muestra una tabla y un gráfico con las emisiones contaminantes procedentes del consumo energético de las instalaciones, las que se emitirán tras la implantación de todas las medidas de ahorro y la disminución de emisiones que supondrá dicha implantación.

Tabla 42. Emisiones contaminantes actualmente y tras la implantación de las medidas

Contaminante	Unidades	Emisión por consumo energético		Disminución
		Situación actual	Situación final ²³	
Consumo energético	[kWh / año]	47.757	21.094	26.663
Emisiones de CO ₂	[kg / año]	12.321	5.425	6.896



Gráfica 13. Ahorro de emisiones de CO₂

12.5 PLAN DE ACTUACIÓN

El objetivo de un plan de actuación es optimizar el orden de las inversiones realizadas para poder llevarlas a cabo con un desembolso económico mínimo. Para conseguir esto se deben ordenar las inversiones en función de su rentabilidad, para aprovechar al máximo los ahorros que se consiguen con la implantación de las medidas.

²³Después de la implantación de las medidas

El plan de actuación podría aplicarse de la siguiente manera. Se implantarán las medidas con mayores ahorros y periodos de retornos más cortos.

Se ha realizado una clasificación de las medidas según su periodo de retorno. Se han dividido en tres grupos: PRS menor de 3 años, PRS entre 3 y 7 años y PRS mayor de 7 años.

A continuación, se van a clasificar las diferentes medidas en función de su rentabilidad:

Medidas de ahorro con PRS menor de 3 años

Tabla 43. Medidas con PRS bajo

Nº	Resumen de medidas de ahorro	Ahorro de energía (kWh/año)	Ahorro económico anual (€/año)	Inversión asociada (€)	Periodo de retorno (años)
M12	Optimización de la potencia contratada	0	1.445	1.513	1,1
M1	Instalación de perlizadores en grifos	123	13	17	1,3

Medidas de ahorro con PRS entre 3 y 7 años

Tabla 44. Medidas con PRS medio

Nº	Resumen de medidas de ahorro	Ahorro de energía (kWh/año)	Ahorro económico anual (€/año)	Inversión asociada (€)	Periodo de retorno (años)
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.331	665	4.215	6,3

Medidas de ahorro con PRS mayor de 7 años

Tabla 45. Medidas con PRS alto

Nº	Resumen de medidas de ahorro	Ahorro de energía (kWh/año)	Ahorro económico anual (€/año)	Inversión asociada (€)	Periodo de retorno (años)
M7	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	9.500	1.069	8.093	7,6
M4	Instalación de detectores de presencia	2.245	255	1.960	7,7
M3	Instalación de solar fotovoltaica	8.464	888	8.760	9,3

13 ANEXOS

13.1 CALEFACCIÓN

Tabla 46. Inventario equipos individualizados calefacción

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Dirección	Baja	Sala de profesores	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	1	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Dirección	Baja	Sala de profesores	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Aula 1	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	1	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Dirección	Baja	Aula 1	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Aula 2	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	1	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Dirección	Baja	Aula 2	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Aula 3	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	1	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Dirección	Baja	Aula 3	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Aula 4	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	1	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Dirección	Baja	Aula 4	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula 1	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	1	7.600	2,85	2.667	R407C



Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Dirección	Primera	Aula 1	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula 2	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	1	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula 2	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula 3	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	1	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula 3	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula 4	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	1	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula 4	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula 5	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	1	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula 5	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula 6	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	1	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula 6	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula PT	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE012	1	4.100	2,88	1.425	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula PT	Split	Carrier / 42HQE012N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula logopedia	Bomba de calor (calor)	Daiatsu / DS-9HTA	1	2.900	2,52	1.150	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula logopedia	Split	Daiatsu / DS-9HTA	1	0	0,00	50	



Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Dirección	Primera	Aula logopedia	Radiador eléctrico	S&P / PM-1501	1	0	0,00	1.200	
Edf. Infantil	Baja	Aulas	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	3	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Infantil	Baja	Aulas	Split	Carrier / 42HQE022N	3	0	0,00	50	
Edf. Infantil	Primera	Aulas	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	3	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Infantil	Primera	Aulas	Split	Carrier / 42HQE022N	3	0	0,00	50	
Edf. Infantil	Primera	Despacho	Radiador eléctrico	S&P / PM-1501	1	0	0,00	1.200	
Edf. Dirección	Baja	Comedor / salón de actos	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	2	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Dirección	Baja	Comedor / salón de actos	Split	Carrier / 42HQE022N	2	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Despacho dirección	Radiador eléctrico	S&P / PM-1501	1	0	0,00	1.200	
Edf. Dirección	Baja	Despacho dirección	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE012	1	4.100	2,88	1.425	R407C
Edf. Dirección	Baja	Despacho dirección	Split	Carrier / 42HQE012N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Secretaría	Bomba de calor (calor)	Carrier / 38YE022	1	7.600	2,85	2.667	R407C
Edf. Dirección	Baja	Secretaría	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	



13.2 REFRIGERACIÓN

Tabla 47. Inventario equipos individualizados refrigeración

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Dirección	Baja	Sala de profesores	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	1	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Dirección	Baja	Sala de profesores	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Aula 1	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	1	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Dirección	Baja	Aula 1	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Aula 2	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	1	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Dirección	Baja	Aula 2	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Aula 3	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	1	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Dirección	Baja	Aula 3	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Aula 4	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	1	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Dirección	Baja	Aula 4	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula 1	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	1	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula 1	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	



Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Dirección	Primera	Aula 2	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	1	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula 2	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula 3	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	1	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula 3	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula 4	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	1	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula 4	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula 5	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	1	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula 5	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula 6	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	1	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula 6	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula PT	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE012	1	3.500	2,66	1.315	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula PT	Split	Carrier / 42HQE012N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Primera	Aula logopedia	Bomba de calor (frío)	Daitsu / DS-9HTA	1	2.250	2,30	980	R407C
Edf. Dirección	Primera	Aula logopedia	Split	Daitsu / DS-9HTA	1	0	0,00	50	
Edf. Infantil	Baja	Aulas	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	3	6.300	2,54	2.480	R407C



Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Infantil	Baja	Aulas	Split	Carrier / 42HQE022N	3	0	0,00	50	
Edf. Infantil	Primera	Aulas	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	3	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Infantil	Primera	Aulas	Split	Carrier / 42HQE022N	3	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Comedor / salón de actos	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	2	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Dirección	Baja	Comedor / salón de actos	Split	Carrier / 42HQE022N	2	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Secretaria	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE022	1	6.300	2,54	2.480	R407C
Edf. Dirección	Baja	Secretaria	Split	Carrier / 42HQE022N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Despacho dirección	Bomba de calor (frío)	Carrier / 38YE012	1	3.500	2,66	1.315	R407C
Edf. Dirección	Baja	Despacho dirección	Split	Carrier / 42HQE012N	1	0	0,00	50	
Edf. Dirección	Baja	Sala Rack	Bomba de calor (frío)	Daitsu / DOS-9UIM	1	2.640	4,00	660	R410A
Edf. Dirección	Baja	Sala Rack	Split	Daitsu / DS-9UIM	1	0	0,00	50	



13.3 GENERACIÓN DE ACS

Tabla 48. Inventario equipos generación ACS

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Potencia eléctrica (W)	Rto.	Capacidad (litros)
Pabellón	0	Oficina pabellón	Termo eléctrico	Aparici / 100 BS	1	1.200	1.200	1,00	100
Edf. Dirección	0	Cuarto de limpieza	Termo eléctrico	-	1	1.200	1.200	1,00	50
Edf. Dirección	0	Cocina	Termo eléctrico	-	1	1.200	1.200	1,00	30
Edf. Infantil	0	Baño	Termo eléctrico	-	1	1.200	1.200	1,00	30



13.4 EQUIPOS

Tabla 49. Inventario equipos

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Dirección	0	Sala de profesores	Cafetera	1	1.900	0
Edf. Dirección	0	Sala de profesores	Frigorífico+congelador	1	240	0
Edf. Dirección	0	Sala de profesores	Máquina expendedora café	1	1.800	0
Edf. Dirección	0	Aula 1	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Dirección	0	Aula 1	Proyector	1	400	5
Edf. Dirección	0	Aula 1	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Dirección	0	Aula 2	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Dirección	0	Aula 2	Proyector	1	400	5
Edf. Dirección	0	Aula 2	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Dirección	0	Aula 3	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Dirección	0	Aula 3	Proyector	1	400	5
Edf. Dirección	0	Aula 3	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Dirección	0	Aula 4	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Dirección	0	Aula 4	Proyector	1	400	5
Edf. Dirección	0	Aula 4	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Dirección	1	Aula 1	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Dirección	1	Aula 1	Proyector	1	400	5
Edf. Dirección	1	Aula 1	Pizarra eléctrica	1	180	0



Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Dirección	1	Aula 2	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Dirección	1	Aula 2	Proyector	1	400	5
Edf. Dirección	1	Aula 2	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Dirección	1	Aula 3	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Dirección	1	Aula 3	Proyector	1	400	5
Edf. Dirección	1	Aula 3	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Dirección	1	Aula 4	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Dirección	1	Aula 4	Proyector	1	400	5
Edf. Dirección	1	Aula 4	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Dirección	1	Aula 5	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Dirección	1	Aula 5	Proyector	1	400	5
Edf. Dirección	1	Aula 5	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Dirección	1	Aula 6	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Dirección	1	Aula 6	Proyector	1	400	5
Edf. Dirección	1	Aula 6	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Dirección	1	Aula 7	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Dirección	1	Aula 7	Proyector	1	400	5
Edf. Dirección	1	Aula 7	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Dirección	1	Aula 8	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Dirección	1	Aula 8	Proyector	1	400	5



Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Dirección	1	Aula 8	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Dirección	1	Aula 9	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Dirección	1	Aula 9	Proyector	1	400	5
Edf. Dirección	1	Aula 9	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Dirección	1	Aula PT	Ordenador+LCD	4	100	17
Edf. Dirección	1	Aula PT	Impresora laser	1	370	8
Edf. Dirección	1	Aula logopeda	Ordenador+LCD	2	100	17
Edf. Dirección	1	Aula logopeda	Impresora laser	1	370	8
Pabellón	0	Almacén deportivo	Equipo de música	1	350	0
Edf. Infantil	0	Aula 1	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	0	Aula 1	Proyector	1	400	5
Edf. Infantil	0	Aula 1	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Infantil	0	Aula 2	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	0	Aula 2	Proyector	1	400	5
Edf. Infantil	0	Aula 2	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Infantil	0	Aula 3	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	0	Aula 3	Proyector	1	400	5
Edf. Infantil	0	Aula 3	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Infantil	1	Aula 4	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	1	Aula 4	Proyector	1	400	5



Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Infantil	1	Aula 4	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Infantil	1	Aula 5	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	1	Aula 5	Proyector	1	400	5
Edf. Infantil	1	Aula 5	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Infantil	1	Aula 6	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	1	Aula 6	Proyector	1	400	5
Edf. Infantil	1	Aula 6	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Infantil	1	Despacho	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Infantil	1	Despacho	Ordenador portátil	1	40	8
Edf. Infantil	1	Despacho	TV Color (24-29 pulg Plasma)	1	120	9
Edf. Infantil	1	Despacho	Impresora laser	1	370	8
Edf. Dirección	0	Cocina	Frigorífico+congelador	2	240	0
Edf. Dirección	0	Cocina	Lavavajillas industrial	1	4.900	0
Edf. Dirección	0	Cocina	Microondas	1	2.000	0
Edf. Dirección	0	Comedor / salón de actos	TV Color (24-29 pulg Plasma)	1	120	9
Edf. Dirección	0	Comedor / salón de actos	Equipo de sonido	1	200	0
Edf. Dirección	0	Comedor / salón de actos	Proyector	1	400	5
Edf. Dirección	0	Despacho dirección	Ordenador+LCD	2	100	17
Edf. Dirección	0	Despacho dirección	Impresora laser	1	370	8
Edf. Dirección	0	Secretaría	Ordenador+LCD	4	100	17



Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Dirección	0	Secretaría	Fax	1	100	4
Edf. Dirección	0	Secretaría	Destructor de Papel	1	350	0
Edf. Dirección	0	Secretaría	Multifunción grande	1	460	12
Edf. Dirección	0	Secretaría	Equipo vigilancia	1	250	0
Edf. Dirección	0	Pasillo	Ascensor eléctrico	1	4.000	0
Edf. Dirección	0	Sala almacén ordenadores	Ordenador portátil	36	40	8
Edf. Dirección	0	Sala Rack	Rack	1	150	0



13.5 ILUMINACIÓN

Tabla 50. Inventario y propuestas iluminación

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Dirección	0	Sala de profesores	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	0	Aula 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	0	Aula 2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	0	Aula 3	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	0	Aula 4	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	1	Aula 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	1	Aula 2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-



Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Dirección	1	Aula 3	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	1	Aula 4	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	1	Aula 5	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	1	Aula 6	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	1	Aula 7	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	1	Aula 8	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	1	Aula 9	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	1	Aula PT	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-



Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Dirección	1	Aula Logopeda	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	0	Patio	Vial	Vapor sodio alta presión	5	1	70	Balasto electromagnético	Vial LED 3080 lm	-
Edf. Dirección	0	Patio	Proyector	Halógena lineal	6	1	120	Balasto electromagnético	Proyector LED 4000 lm	-
Pabellón	0	Pabellón deportivo	Campana	Halogenuro metálico	3	1	150	Balasto electromagnético	Estanca LED/LED	-
Pabellón	0	Almacén material pabellón	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Pabellón	0	Vestuario masculino	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Pabellón	0	Vestuario masculino	Aplique	Incandescente	2	1	60	Ninguno	Aplique LED 500 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas



Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Pabellón	0	Vestuario femenino	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Pabellón	0	Vestuario femenino	Aplique	Incandescente	2	1	60	Ninguno	Aplique LED 500 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Pabellón	0	Baño pabellón	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Pabellón	0	Despacho pabellón	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Pabellón	0	Despacho pabellón	Aplique	Incandescente	1	1	60	Ninguno	Aplique LED 500 lm	-
Edf. Infantil	0	Aula 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	0	Aula 2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-



Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Infantil	0	Aula 3	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	1	Aula 4	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	1	Aula 5	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	1	Aula 6	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	1	Pasillo	Pantalla estanca	Fluorescente T8	11	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
Edf. Infantil	1	Despacho	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Infantil	1	Baño 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas



Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Infantil	0	Baño 2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Infantil	1	Pasillo exterior	Pantalla estanca	Fluorescente T8	5	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
Edf. Dirección	1	Baño 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Dirección	1	Baño 1	Aplique	Incandescente	2	1	60	Ninguno	Aplique LED 500 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Dirección	1	Baño 2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Dirección	1	Baño 2	Aplique	Incandescente	2	1	60	Ninguno	Aplique LED 500 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas



Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Dirección	1	Pasillo	Pantalla estanca	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
Edf. Dirección	1	Baño 3	Pantalla estanca	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Dirección	1	Baño 3	Aplique	Incandescente	5	1	60	Ninguno	Aplique LED 500 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Dirección	1	Baño profesores	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Dirección	1	Baño profesores	Aplique	Incandescente	1	1	60	Ninguno	Aplique LED 500 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Dirección	1	Almacén	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-



Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Dirección	1	Escalera	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	0	Cuarto de limpieza	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	0	Baño 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Dirección	0	Baño 1	Aplique	Incandescente	2	1	60	Ninguno	Aplique LED 500 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Dirección	0	Baño 2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Dirección	0	Baño 2	Aplique	Incandescente	2	1	60	Ninguno	Aplique LED 500 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas



Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Dirección	0	Pasillo	Pantalla estanca	Fluorescente T8	12	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
Edf. Dirección	0	Baños 3	Pantalla estanca	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Dirección	0	Baños 3	Aplique	Incandescente	5	1	60	Ninguno	Aplique LED 500 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Dirección	0	Almacén	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	0	Cocina	Pantalla estanca	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	0	Salón de actos / comedor	Pantalla estanca	Fluorescente T8	12	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	0	Salón de actos / comedor	Proyector	Halógena lineal	12	1	70	Balasto electromagnético	-	-



Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Dirección	0	Despacho dirección	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	0	Secretaría	Pantalla estanca	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	0	Porche entrada	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	1	Almacén ordenadores	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Dirección	0	Sala Rack	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-



13.6 ENVOLVENTE

Tabla 51. Medidas de ahorro energético en la envolvente

Sistema	Ahorro energético estimado ²⁴	Ventajas	Consideraciones
Sistema SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior)	25-30 %	<ul style="list-style-type: none"> • Se eliminan los puentes térmicos, al adecuarse a la forma geométrica de la fachada • Se mejora la estética de la fachada, rejuveneciendo su aspecto • Mínimo mantenimiento • Evita trabajos en el interior. Se puede instalar en inmuebles ocupados con pocas molestias para los usuarios • No reduce espacio útil • Mejora de aislamiento acústico • Se disminuyen las ganancias por radiación solar directa • Protección estructural contra agresiones externas (lluvia, polución...) • Conservación de la inercia térmica 	<ul style="list-style-type: none"> • Coste medio

²⁴ Respecto a la energía consumida en calefacción y/o refrigeración.

Sistema	Ahorro energético estimado ²⁴	Ventajas	Consideraciones
Sistema de Aislamiento con Fachada Ventilada	25-40 %	<ul style="list-style-type: none"> • Se eliminan los puentes térmicos, al adecuarse a la forma geométrica de la fachada • Se mejora la estética de la fachada, rejuveneciendo su aspecto • Mínimo mantenimiento • Evita trabajos en el interior. Se puede instalar en inmuebles ocupados con pocas molestias para los usuarios • No reduce espacio útil • Mejora de aislamiento acústico • Se disminuyen las ganancias por radiación solar directa • Protección estructural contra agresiones externas (lluvia, polución..) • Conservación de la inercia térmica • Acompañado de condiciones de ventilación, contribuye a la eliminación de problemas de salubridad interior, como humedades y condensaciones • No precisa de preparaciones previas de la superficie del muro • Permite opcionalmente, alojar instalaciones entre la cámara y el aislante 	<ul style="list-style-type: none"> • Coste alto • Mayor Incremento de espesor de la fachada
Sistema de Aislamiento de Fachadas por Inyección en Cámara	25-30 %	<ul style="list-style-type: none"> • Solución para cuando no existe la posibilidad de utilizar un sistema por el exterior • Aporta rigidez a la fachada • Mínimo mantenimiento • Evita trabajos en el interior. Se puede instalar en inmuebles ocupados con pocas molestias para los usuarios • No reduce espacio útil • Conservación de la inercia térmica • Sistema económico 	<ul style="list-style-type: none"> • No se puede garantizar la cobertura total del producto, al no ser visible la aplicación <ul style="list-style-type: none"> • No protege contra las agresiones externas • No se modifica el aspecto estético de la fachada



Sistema	Ahorro energético estimado ²⁴	Ventajas	Consideraciones
Sistema de Aislamiento Térmico por el Interior	25-30 %	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo mantenimiento • No se precisan sistemas de andamiaje que invadan la vía pública • Único sistema adecuado para edificios con grado de protección para patrimonio histórico 	<ul style="list-style-type: none"> • Coste medio-alto • Pérdida de superficie útil • No resuelve los puentes térmicos • Presenta molestias para los usuarios del edificio en caso de estar ocupado
Cambio de carpintería existente	10-30 %	<ul style="list-style-type: none"> • Óptimo factor solar: filtra la radiación directa del sol en los meses donde más horas de sol soportan las fachadas y más caro resulta conseguir confort térmico (el coste de producir una frigoría es tres veces mayor que el de una caloría). • Mayor confort, así como un ahorro directo en la factura de aire acondicionado, • Máximo ahorro de calefacción en invierno, • Aislamiento acústico y ahorro energético en un mismo producto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coste medio



13.7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SOLAR FOTOVOLTAICA

Tabla 52. Características técnicas exigibles a los módulos de la instalación solar fotovoltaica

Características	Descripción
Eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> Potencia nominal 300Wp (o superior) cada uno Eficiencia del módulo > 15,5% Las pérdidas de eficiencia de los módulos no podrán superar el 0,9% anual. Marcado CE según la Directiva 2006/95/CE²⁵. Garantía por el fabricante de un mínimo de 10 años y garantía de rendimiento de 25 años.
Físicas	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de célula: silicio policristalino Número de células: 72
Rango de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> Temperatura: -40 a + 85°C Máxima tensión del sistema: 1000V

²⁵ Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión. Incorporarán de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

