

AUDITORÍA ENERGÉTICA

CEIP MIGUEL DE CERVANTES

INFORME DE RESULTADOS

Febrero 2019

 **ingeses**

STEP UP TO ENERGY EFFICIENCY !



Cliente: Diputación de Huelva

Fecha de visita: Noviembre 2018

Elaborado por:

Juan A. Correa Madrona

Jefe de Proyecto (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
5.2	SUMINISTRO DE GASÓLEO	22
5.3	SUMINISTRO DE PROPANO.....	23
	Tabla 9. Datos mensuales de consumo de Propano	23
6	DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES.....	24
6.1	CALEFACCIÓN	24
6.2	REFRIGERACIÓN.....	25
6.3	GENERACIÓN DE ACS	26
6.4	ILUMINACIÓN	27
6.5	EQUIPOS	28
6.6	ENVOLVENTE.....	30
7	BALANCE ENERGÉTICO.....	33
7.1	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO	33
7.2	BALANCE ENERGÉTICO POR USOS.....	35
7.3	BALANCE ELÉCTRICO POR USOS	36
7.4	BALANCE DE GASÓLEO POR USOS	37
7.5	BALANCE DE PROPANO POR USOS.....	38
	Tabla 19. Distribución global del consumo de propano	38
	Gráfica 8. Balance de propano por usos	38
8	LÍNEA DE BASE	39
8.1	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA LÍNEA BASE	39
8.1.1	SELECCIÓN DEL PERÍODO DE REFERENCIA	39
8.1.2	IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO	39

8.1.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS MEDIANTE MODELOS DE REGRESIÓN	39
8.1.4	SELECCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO MÁS REPRESENTATIVO.....	40
8.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	41
8.3	LÍNEA DE BASE ESTABLECIDA.....	45
9	MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS	48
9.1	DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS	49
9.1.1	CLIMATIZACIÓN	49
9.1.1.1	Instalación de válvulas cronotermostáticas en radiadores	49
9.1.2	ILUMINACIÓN	51
9.1.2.1	Sustitución de lámparas convencionales por LED	51
9.1.2.2	Instalación de detectores de presencia y sensores de luz natural.....	53
9.1.3	EQUIPOS	54
9.1.3.1	Instalación de sobre-enchufes (Plugwise).....	54
9.1.4	ENERGÍAS RENOVABLES	56
9.1.4.1	Solar fotovoltaica	56
9.1.1	FACTURACIÓN ELÉCTRICA.....	64
9.1.1.1	Optimización de la potencia contratada	64
9.2	DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO NO RECOMENDADAS	65
9.2.1	CLIMATIZACIÓN	65
9.2.1.1	Sustitución de caldera actual por una de condensación de gas natural ...	65
9.2.1.2	Sustitución de caldera actual por una de biomasa	66
9.2.1.3	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	67
9.2.1.4	Aislamiento del cuerpo de la caldera	68
9.2.2	ILUMINACIÓN	70
9.2.2.1	Sustitución de lámparas convencionales por LED	70
9.2.3	EQUIPOS	72
9.2.3.1	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by.....	72
10	MEDIDA DE GESTIÓN Y CONTROL ENERGÉTICO.....	74
10.1.1	TELEGESTIÓN DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA.....	74
11	BUENAS PRÁCTICAS Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN	75
11.1	REGULACIÓN DEL AIRE DE COMBUSTIÓN DE LAS CALDERAS.....	75
11.2	REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LAS ESTANCIAS.....	76
11.3	CONFIGURACIÓN CORRECTA DEL PROGRAMA ENERGY STAR	77
11.4	LIMPIAR LA PARTE TRASERA DE FRIGORÍFICOS Y CONGELADORES	79

11.5	DESCONGELAR SI SE FORMA ESCARCHA EN LOS FRIGORÍFICOS.....	79
12	CONCLUSIONES.....	80
12.1	MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS	80
12.2	MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS.....	84
12.3	FLUJO DE CAJA	86
12.4	REDUCCIÓN DE EMISIONES	87
12.5	PLAN DE ACTUACIÓN	89
13	ANEXOS.....	91
13.1	CALEFACCIÓN	91
13.2	REFRIGERACIÓN.....	92
13.3	GENERACIÓN DE ACS	94
13.4	EQUIPOS	95
13.5	ILUMINACIÓN	98
13.6	ENVOLVENTE.....	106
13.7	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SOLAR FOTOVOLTAICA	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en las instalaciones del CEIP Miguel de Cervantes	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	21
Tabla 8. Datos mensuales de consumo de Gasóleo	22
Tabla 9. Datos mensuales de consumo de Propano	23
Tabla 10. Características equipos calefacción	24
Tabla 11. Características equipos refrigeración	25
Tabla 12. Características equipos generación ACS	26
Tabla 13. Distribución del consumo y del número de lámparas.....	27
Tabla 14. Distribución de consumos	28
Tabla 15. Herramientas para el cálculo del balance energético	34
Tabla 16. Distribución global del consumo energético	35
Tabla 17. Distribución global del consumo eléctrico.....	36
Tabla 18. Distribución global del consumo de gasóleo.....	37
Tabla 19. Distribución global del consumo de propano	38
Tabla 20. Valores de aceptación del modelo matemático.....	41
Tabla 21. Consumo eléctrico y variables significativas para la línea base.....	41
Tabla 22. Análisis comparativo de los resultados de los modelos matemáticos para línea base	44
Tabla 23. Línea base de electricidad CEIP Miguel de Cervantes	46
Tabla 24. Listado de medidas estudiadas	48
Tabla 25. Instalación de válvulas cronotermostáticas	50
Tabla 26. Sustitución de fluorescentes por LED.....	52
Tabla 27. Instalación de detectores de presencia	54
Tabla 28. Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise.....	55
Tabla 29. Latitud y longitud	57
Tabla 30. Potencial solar mensual	58
Tabla 31. Presupuesto instalación solar fotovoltaica	62
Tabla 32. Resultados de la Instalación de solar fotovoltaica	63
Tabla 33. Optimización de la potencia contratada.....	64
Tabla 34. Optimización de la potencia contratada.....	64
Tabla 35. Sustitución de la caldera actual por una de gas natural.....	65
Tabla 36. Sustitución de la caldera actual por una de biomasa.....	67
Tabla 37. Sustitución bombas de calor actuales por bombas de calor eficientes	68
Tabla 38. Aislamiento del cuerpo de la caldera.....	69
Tabla 39. Sustitución de proyectores por LED	70
Tabla 40. Sustitución de las luminarias de tipo viales por LED.....	71
Tabla 41. Instalación de regletas eliminadoras del stand-by	73
Tabla 42. Pérdidas en los humos de la combustión del gasóleo	76
Tabla 43. Tabla resumen de medidas de ahorro estudiadas.....	81

Tabla 44. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio.....	83
Tabla 45. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP Miguel de Cervantes	84
Tabla 46. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro en el edificio CEIP Miguel de Cervantes	85
Tabla 47. Consumo y coste energético antes y después de la implantación de las medidas en el edificio.....	86
Tabla 48. Flujo de caja.....	86
Tabla 49. Emisiones contaminantes actualmente y tras la implantación de las medidas....	87
Tabla 50. Medidas con PRS bajo.....	89
Tabla 51. Medidas con PRS medio	89
Tabla 52. Medidas con PRS alto	90
Tabla 53. Inventario equipos centralizados calefacción	91
Tabla 54. Inventario equipos individualizados calefacción	91
Tabla 55. Inventario equipos individualizados refrigeración	92
Tabla 56. Inventario equipos generación ACS	94
Tabla 57. Inventario equipos	95
Tabla 58. Inventario y propuestas iluminación	98
Tabla 59. Medidas de ahorro energético en la envolvente	106
Tabla 60. Características técnicas exigibles a los módulos de la instalación solar fotovoltaica	109

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Balance energético por usos	10
Gráfica 2. Evolución mensual del consumo de Electricidad	21
Gráfica 3. Distribución iluminación existente	27
Gráfica 4. Distribución del consumo de los equipos	28
Gráfica 5. Balance energético por usos	35
Gráfica 6. Balance eléctrico por usos.....	36
Gráfica 7. Balance de gasóleo por usos.....	37
Gráfica 8. Balance de propano por usos	38
Gráfica 9. Evolución del consumo eléctrico (2016-2018).....	43
Gráfica 10. Regresiones lineales para establecer la línea base de electricidad	44
Gráfica 11. Ajuste de la línea base y el consumo real	47
Gráfica 12. Escenarios de generación FV y aprovechamiento.....	59
Gráfica 13. Generación mensual de energía.....	60
Gráfica 14. Eficiencia de la cantidad de aire sobre el proceso de combustión	75
Gráfica 15. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio ...	83
Gráfica 16. Flujo de caja	87
Gráfica 17. Ahorro de emisiones de CO ₂	88

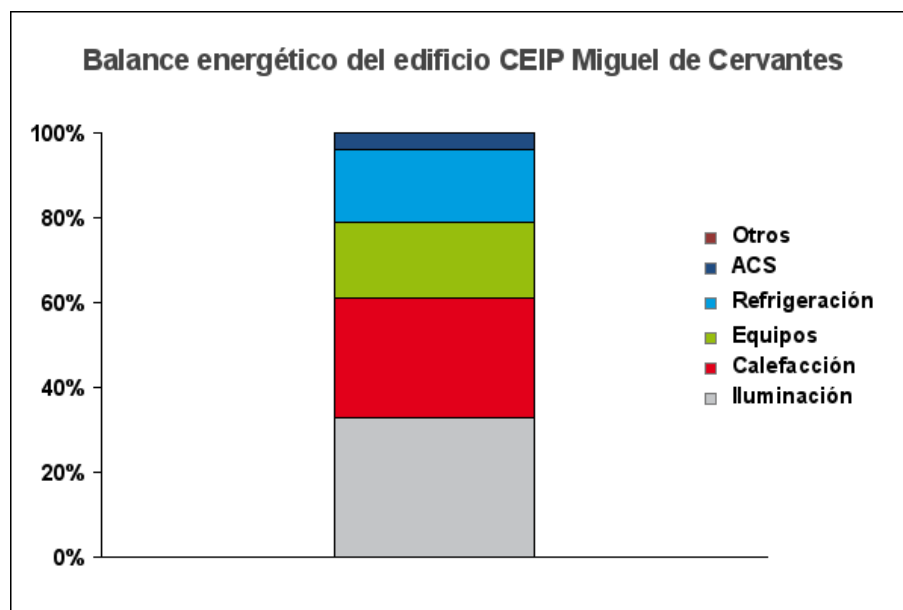
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Plano de situación de las instalaciones	13
Ilustración 2. Fachada Principal de las instalaciones	14
Ilustración 3. Caldera a gasóleo para Calefacción	24
Ilustración 4. Equipos autónomos de refrigeración.....	25
Ilustración 5. Termos eléctricos.....	26
Ilustración 6. Luminarias tipo	27
Ilustración 7. Equipos.....	29
Ilustración 8. Carpintería de las instalaciones	31
Ilustración 9. Función simplificada o de una única variable.....	40
Ilustración 10. Función multivariable.....	40
Ilustración 11. Válvula cronotermostática para radiadores	49
Ilustración 12. Detector de presencia	53
Ilustración 13. Componentes del sistema de eliminación del modo stand-by de equipos ofimáticos	54
Ilustración 14. Imagen de una célula fotoeléctrica y de un panel fotovoltaico (compuesto de numerosas células).....	56
Ilustración 15. Imagen de una instalación fotovoltaica estática	57
Ilustración 16. Zona optima para la ubicación de las placas fotovoltaicas	60
Ilustración 17. Ejemplo de estructura para placas fotovoltaicas en cubiertas planas.....	61
Ilustración 18. Aislamiento tipo manta armada de lana de roca.....	69
Ilustración 19. Regleta con un maestro, cuatro esclavos y dos tomas convencionales	72
Ilustración 20. Ejemplo de un Sistema de Control Centralizado para climatización.....	74
Ilustración 21. Logotipo del programa ENERGY STAR de ahorro energético en ordenadores	78
Ilustración 22. Parte trasera de un frigorífico.....	79

1 RESUMEN EJECUTIVO

Ingeses, a petición de la Diputación de Huelva, ha llevado a cabo una auditoría energética en detalle a las instalaciones del “CEIP Miguel de Cervantes” ubicado en la Avenida Palo Dulce, s/n, 21500 Gibraleón, Huelva.

Tras la visita y el estudio de los datos recopilados se ha determinado que el consumo energético total asciende a 71.706 kWh y se distribuye de la siguiente forma:



Gráfica 1. Balance energético por usos

El centro es un complejo educativo de Infantil y Primaria. Este se encuentra sectorizado en tres zonas distintas (Edificio Principal, aulario exterior y Edificio nuevo), distribuido dos plantas sobre rasante, además de contar con zonas de jardines, patios de recreo y canchas deportivas.

Aun siendo un centro de Infantil y Primaria, solo se han estudiado las instalaciones correspondientes a Primaria (se excluye, por tanto la parte correspondiente a Infantil).

<u>Edificio Principal / Común</u>		<u>Edificio Nuevo</u>		<u>Aulario exterior</u>
Planta baja	Planta primera	Planta baja	Planta primera	Planta baja
<ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Sala de profesores - Oficinas - Cuartos técnicos - Aseos - Espacios comunes 	<ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Aseos - Cuartos técnicos - Espacios comunes 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuartos técnicos - Cocina - Comedor 	<ul style="list-style-type: none"> - Gimnasio / Sala multiusos - Almacenes - Vestuarios - Aseos 	<ul style="list-style-type: none"> - Aulas

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 34.090 kWh (48% respecto al consumo energético total) lo cual supone un ahorro económico de 5.115 € con una inversión total de 22.008 €.

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 las instalaciones del CEIP Miguel de Cervantes

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 sobre-enchufes Plugwise	3.451	4,81	471	1.133	2,4	890	3.222	41,1	10
M2	Instalación de detectores de presencia	3.103	4,33	442	1.400	3,2	801	2.693	30,1	10
M3	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	12.978	18,10	1.870	8.430	4,5	3.348	16.922	21,9	15
M4	Instalación de válvulas cronotermostáticas	3.697	5,16	217	1.780	8,2	987	251	4,6	10
M12	Instalación Fotovoltaica	10.861,00	15,15	1.552	9.256	6,0	2.802	5.202	12%	25
M13	Optimización de la factura eléctrica	0	0,00	563	9,0	0,0	0	5.170	6.229%	-
TOTAL		34.090	48	5.115	22.008	4,3	8.828	50.948	20,1%	-

2 DATOS BÁSICOS DEL EDIFICIO

CEIP Miguel de Cervantes es un complejo educativo de Infantil y Primaria. Este se encuentra sectorizado en tres zonas distintas (Edificio Principal, aulario exterior y Edificio nuevo), distribuido dos plantas sobre rasante, además de contar con zonas de jardines, patios de recreo y canchas deportivas. Las zonas están distribuidas de la siguiente forma:

El centro es un complejo educativo de Infantil y Primaria.

<u>Edificio Principal / Común</u>		<u>Edificio Nuevo</u>		<u>Aulario exterior</u>
Planta baja	Planta primera	Planta baja	Planta primera	Planta baja
<ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Sala de profesores - Oficinas - Cuartos técnicos - Aseos - Espacios comunes 	<ul style="list-style-type: none"> - Aulas - Aseos - Cuartos técnicos - Espacios comunes 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuartos técnicos - Cocina - Comedor 	<ul style="list-style-type: none"> - Gimnasio / Sala multiusos - Almacenes - Vestuarios - Aseos 	<ul style="list-style-type: none"> - Aulas

Las instalaciones se encuentran ubicadas en la Avenida Palo Dulce, s/n, 21500 Gibraleón, Huelva, y cuentan con una superficie total construida de 1.261 m², integrados en 2 niveles sobre rasante.

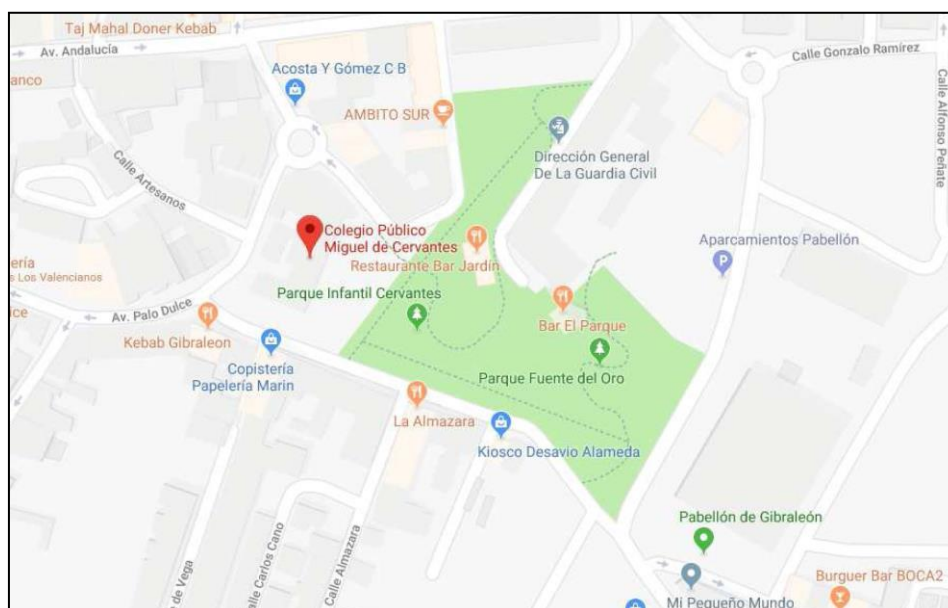


Ilustración 1. Plano de situación de las instalaciones



Ilustración 2. Fachada Principal de las instalaciones

De forma general, el horario del CEIP es de 8:00 a 18:00 h. La jornada se inicia a las 8:00 h con el encendido de la zona de entrada, pasillo y el aula matinal, a las 9:00 h se enciende el resto. Las aulas están en funcionamiento en horario lectivo de 9:00 a 14:00 horas, con cuatro sesiones antes del recreo (que es de 12:00 a 12:30 horas) y dos más después de este. Todas las sesiones tienen una duración de 45 minutos.

El horario de comedor es de 14:00 h a 16:00 h. Por las tardes se realizan actividades extraescolares en horario de 16:00 a 18:00 h.

Los meses de julio y agosto el centro se encuentra cerrado. En este periodo solo se producen actividades de limpieza y mantenimiento esporádicos.

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

Tabla 2. Datos básicos de la instalación

Dirección del edificio	Av. Palo Dulce, s/n, 21500 Gibraleón, Huelva
Zona climática	A4
Nº de plantas	2
Superficie construida (m²)	1.261
Número de usuarios	415
Tipología edificatoria	Escuela sin ducha
Consumo energético anual (kWh)	71.706

Tabla 3. Indicadores calculados para el edificio

Indicador	Unidades	Valor
Consumo de energía de la instalación por superficie del edificio	[kWh / m ²]	56,86
Emisiones CO ₂ por superficie del edificio	[kg CO ₂ / m ²]	14,80

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 Avenida Palo Dulce, s/n, 21500 Gibraleón, 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
Gasóleo	kg CO ₂ / kWh	0,27
Propano	kg CO ₂ / kWh	0,23

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

¹ Información obtenida de Red Eléctrica Española para el mix eléctrico peninsular de 2017 y en MITECO 2017 para el gasóleo y el propano.

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	53.223	7.265	13.732
Gasóleo	18.483	1.083	4.935
Propano ²	2.400	215	552
Total (electricidad más gasóleo)	71.706³	8.348	18.667

5.1 SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD

El CEIP Miguel de Cervantes cuenta con un único suministro eléctrico y tiene una tarifa 3.0A con tres periodos 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)
ES0031102170342001MG0F	41,42	41,42	41,42

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 enero 2017 hasta diciembre 2017. A continuación, se muestra una tabla con el consumo eléctrico mensual del edificio " CEIP Miguel de Cervantes".

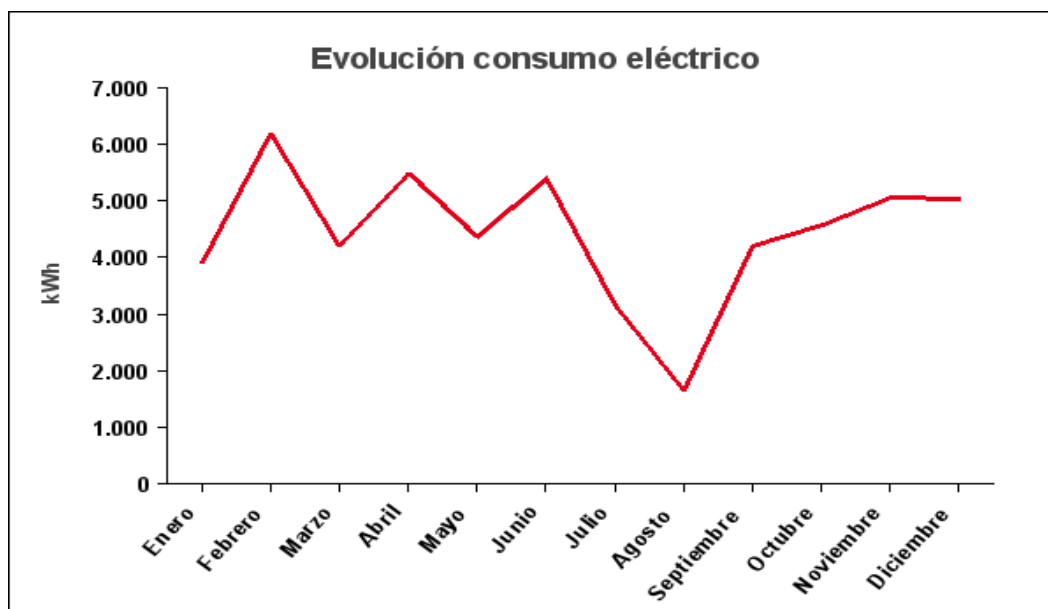
² No se ha podido obtener el consumo de propano del centro, por lo que se ha estimado en función de las características de los equipos de cocina y una estimación de las horas anuales de uso

³ El consumo de propano no se ha considerado en el total, al ser un valor estimado y un consumo bajo, se establece como consumo total la suma del consumo eléctrico y el de gasóleo. Éste será el que se refleje en el resto del documento

Tabla 7. Datos mensuales de consumo Electricidad

Mes	Consumo eléctrico (kWh)	Coste (€)
Enero 2017	3.914	529
Febrero 2017	6.190	842
Marzo 2017	4.190	568
Abril 2017	5.496	760
Mayo 2017	4.362	611
Junio 2017	5.391	752
Julio 2017	3.163	419
Agosto 2017	1.647	211
Septiembre 2017	4.193	560
Octubre 2017	4.581	636
Noviembre 2017	5.070	694
Diciembre 2017	5.026	681
Total	53.223	7.265⁴

El coste promedio de la energía es de 0,14 €/kWh. A continuación se muestra un gráfico con la evolución del consumo eléctrico mensual del edificio “CEIP Miguel de Cervantes”.


⁵Gráfica 2. Evolución mensual del consumo de Electricidad

⁴El coste de la electricidad incluye el coste del término de energía con impuesto eléctrico (IEE).

⁵Los meses de consumo se muestra en año natural

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.

5.2 SUMINISTRO DE GASÓLEO

El suministro de gasóleo se realiza mediante recargas del depósito acumulador. Se han facilitado las dos recargas de gasóleo que se realizaron en el año 2017.

A continuación se muestra una tabla con el consumo de gasóleo mensual analizado:

Tabla 8. Datos mensuales de consumo de Gasóleo

Mes	Consumo gasóleo (litros)	Coste (€)
febrero 2017	1.000	629
noviembre 2017	798	454
Total litros	1.798	1.083
Total kWh	18.483⁶	1.083

El coste promedio de la energía es de 0,06 €/kWh. A continuación se muestra un gráfico con la evolución del consumo de gasóleo mensual.

⁶ Consumo en kWh teniendo en cuenta un PCI de 10,28 kWh/l. Este valor es el que se utilizará para el análisis y los cálculos de las instalaciones.

5.3 SUMINISTRO DE PROPANO

A la hora de redactar este informe, no se dispone de facturas de propano. Por lo que, para el análisis de este punto, se ha estimado el consumo teniendo en cuenta los equipos consumidores de propano y las horas de uso teóricas que nos han facilitado los responsables del centro.

A continuación se muestra una tabla con el consumo estimado de propano durante el 2017:

Tabla 9. Datos mensuales de consumo de Propano

Mes	Consumo (Kg)	Coste (€)
Total Kg	187	215
Total kWh	2.400⁷	215

Al no disponer de facturas, ni del coste del consumo anual de propano, se ha tenido que estimar el coste promedio de la energía mediante coste medio del suministro en la zona de referencia. El coste promedio estimado de la energía es de 0,09 €/kWh.

⁷ Consumo en kWh teniendo en cuenta un PCI de 12,86 kWh/Kg. Este valor es el que se utilizará para el análisis y los cálculos de las instalaciones.

6 DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES

6.1 CALEFACCIÓN

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

Tabla 10. Características equipos calefacción

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W) ⁸	Refrig.
Caldera	ROCA CPA 100	1	127.200	0,90	385	-



Caldera de gasóleo



Radiador

Ilustración 3. Caldera a gasóleo para Calefacción

El resto de los equipos de calefacción se encuentran detallados en el inventario.

⁸Hace 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.

Tabla 11. Características equipos refrigeración

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W) ⁹	Refrig.
Bomba de calor	Daitsu	5	6.600	2,75	2.400	R410A
Bomba de calor	Hisense	1	6.500	3,40	1.912	R410A
Bomba de Calor	Daitsu	1	6600,00	3,04	2,75	R410A
Bomba de Calor	-	4	2.500	3,21	780	R410A



Ilustración 4. Equipos autónomos de refrigeración

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

⁹Hace 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 12. Características equipos generación ACS

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia eléctrica (W)	Potencia térmica (W)	Rto.	Capacidad (litros)
Termo eléctrico	-	2	1.200	1.200	1,00	50



Ilustración 5. Termos eléctricos

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

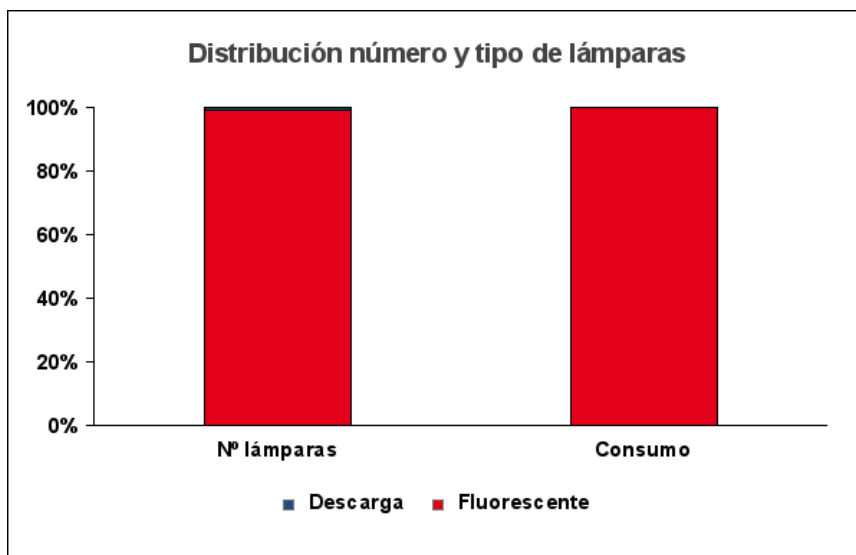
6.4 ILUMINACIÓN

La potencia total instalada en el edificio es de 21,67 kW. A continuación se adjunta una tabla que determina la representatividad de las lámparas y su consumo en el edificio:

Tabla 13. Distribución del consumo y del número de lámparas

Tecnología	Lámparas		Consumo	
	Unidades	%	kWh	%
Fluorescente	500	98,81	23.530	99,97
Descarga	6	1,19	8	0,03
Total	506	100%	23.538	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



Ilustración 6. Luminarias tipo

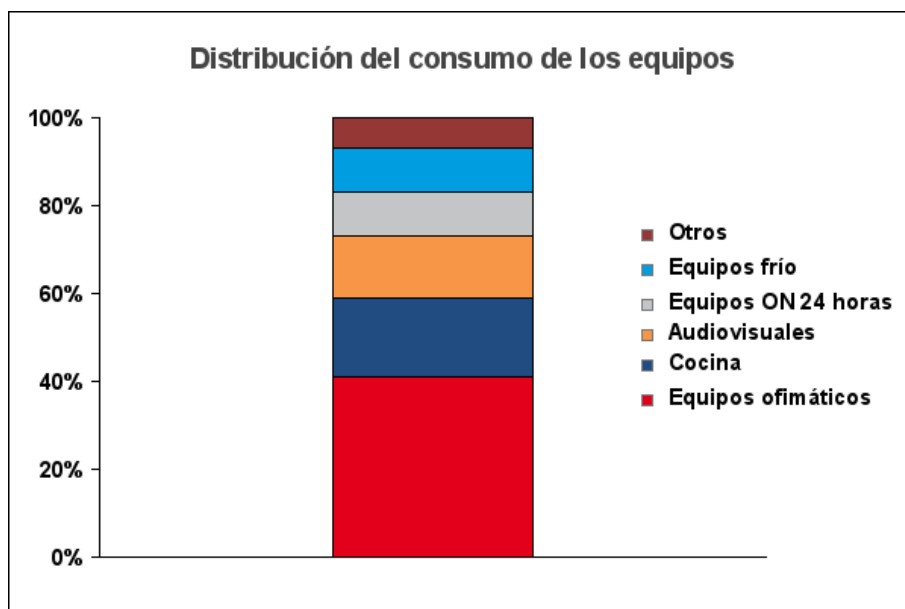
En el anexo se dispone de un inventario detallado de los equipos de iluminación por estancia.

6.5 EQUIPOS

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

Tabla 14. Distribución de consumos

Servicio energético	Consumo (kWh)	%
Cocina	2.270	17,79
Equipos frío ¹⁰	1.251	9,80
Audiovisuales	1.774	13,90
Equipos ofimáticos	5.198	40,74
Equipos ON 24 horas ¹¹	1.314	10,30
Otros ¹²	952	7,46
Total	12.759	100%



Gráfica 4. Distribución del consumo de los equipos

¹⁰ Dentro de este grupo se engloban aquellos equipos relacionados con la generación y conservación del frío.

¹¹ Dentro de este grupo se engloban aquellos equipos que están 24 horas disponibles.

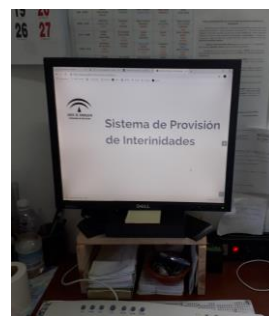
¹² Dentro de este grupo se engloban todos aquellos equipos que no han podido incluirse en ninguno de los otros grupos de consumo.



Fotocopiadora



Equipos de cocina



Equipos ofimáticos

Ilustración 7. Equipos

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

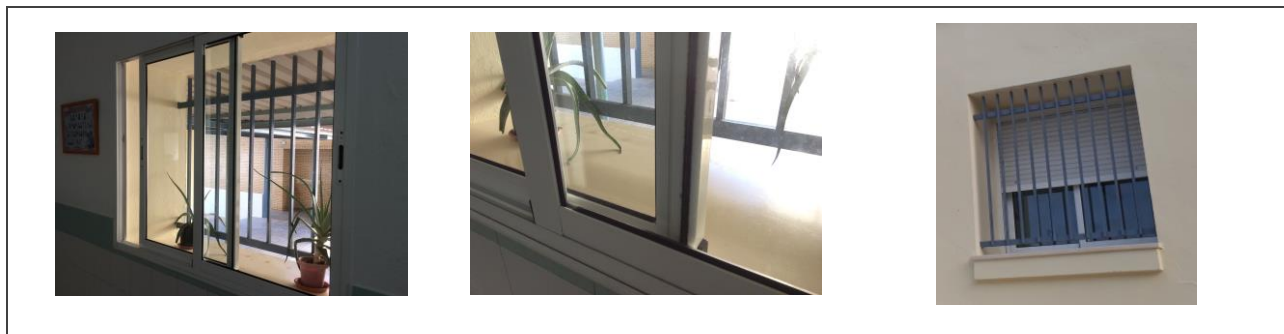
6.6 ENVOLVENTE

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. En este centro existen tres etapas edificatorias, por lo tanto se distinguen tres sistemas constructivos diferentes. Los principales sistemas constructivos son:

- Edificación original (Edificio Principal y Aulario exterior), datados en 1965 (según catastro):
 - Muros exteriores compuestos por fábrica de ladrillo perforado + cámara de aire + fabrica de ladrillo hueco. Guarnecidos y enlucidos interiormente con yeso y enfoscado exteriormente con mortero de cemento y acabados con pinturas plásticas decorativas.
 - 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 y la teja cerámica curva, sujeta a los tableros mediante mortero de agarre.
- Edificio Nuevo, datado en 2014/2015:
 - Muros exteriores compuestos por fábrica de ladrillo perforado + cámara de aire + aislamiento térmico + fabrica de ladrillo hueco o placa de yeso laminado. Guarnecidos y enlucidos interiormente con yeso y enfoscado exteriormente con mortero de cemento y acabados con pinturas plásticas decorativas.
 - Cubiertas planas no transitables compuestas por capa de arena y grava + impermeabilización + hormigón de pendientes + aislante térmico + forjado unidireccionales de hormigón armado + enlucido de yeso.

Los elementos de acristalamiento están formados por láminas de vidrio simple sobre carpintería metálica sin rotura del puente térmico en el edificio principal y vidrios dobles sobre carpintería metálica con rotura del puente térmico en el edificio nuevo.



Ventana tipo	Detalle carpintería	Persianas enrollables
--------------	---------------------	-----------------------

Ilustración 8. Carpintería de las instalaciones

Las carpinterías cuentan con persianas enrollables.

La fachada principal está orientada hacia el Noroeste, 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.

La fábrica 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.

- Instalación de parasoles verticales compuestos por lamas orientables, en la fachada este, que situadas en direcciones SE o SO protegerán de la salida y puesta del sol en el solsticio de verano sin obstruir el soleamiento en el solsticio de invierno.
- La orientación norte no suele necesitar de protección solar.
- Para orientación sur se recomienda la instalación de protección solar mediante parasoles fijos horizontales, que aportan sombra sin interrumpir la visión.
- Aislamiento de cajas de persiana mediante láminas aislantes de neopor, celulosa, EPS o similar.

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:

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

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 15. 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	Entrevistas con el personal mantenimiento y mediciones de parámetros eléctricos Listado de equipos con horarios de funcionamiento Datos del sistema de control
Calefacción	Inventario de equipos Toma de datos in situ	
Refrigeración	Inventario de equipos Toma de datos in situ	
Equipos	Inventario de equipos Toma de datos in situ	
Producción de ACS	Inventario de equipos Toma de datos in situ	
Ventilación	Inventario de equipos Toma de datos in situ	

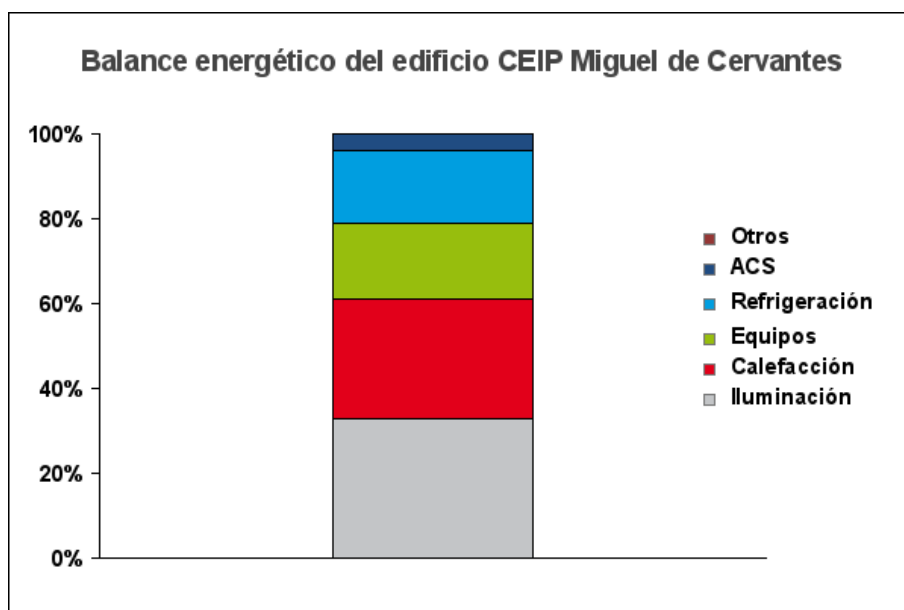
7.2 BALANCE ENERGÉTICO POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo energético anual.

Tabla 16. Distribución global del consumo energético

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Iluminación	23.538	32,83
Calefacción	20.136	28,08
Refrigeración	12.251	17,08
ACS	2.742	3,82
Equipos	12.759	17,79
Otros	281	0,39
Total	71.706	100%

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



Gráfica 5. Balance energético por usos

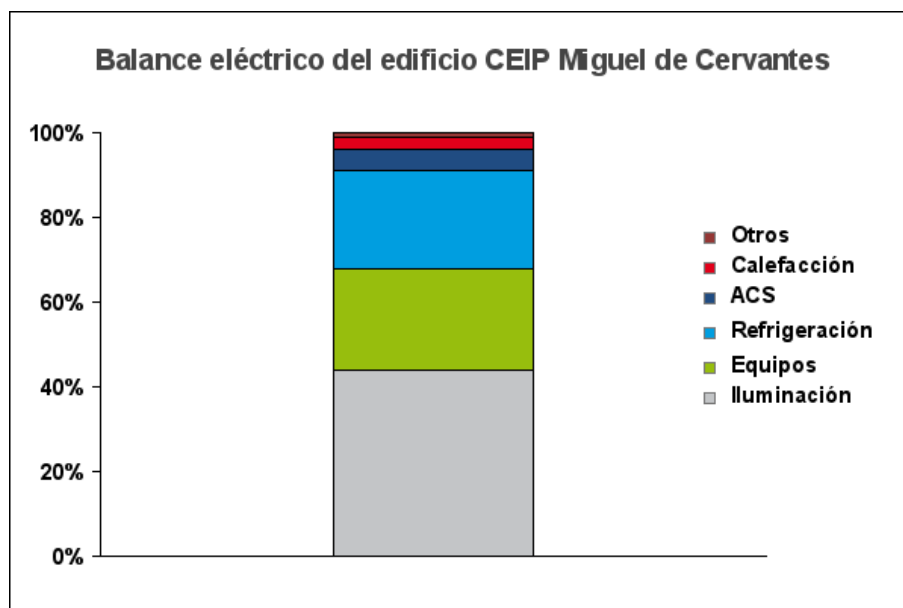
7.3 BALANCE ELÉCTRICO POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo eléctrico anual.

Tabla 17. Distribución global del consumo eléctrico

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Iluminación	23.538	44,23
Calefacción	1.652	3,10
Refrigeración	12.251	23,02
ACS	2.742	5,15
Equipos	12.759	23,97
Otros	281	0,53
Total	53.223	100%

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



Gráfica 6. Balance eléctrico por usos

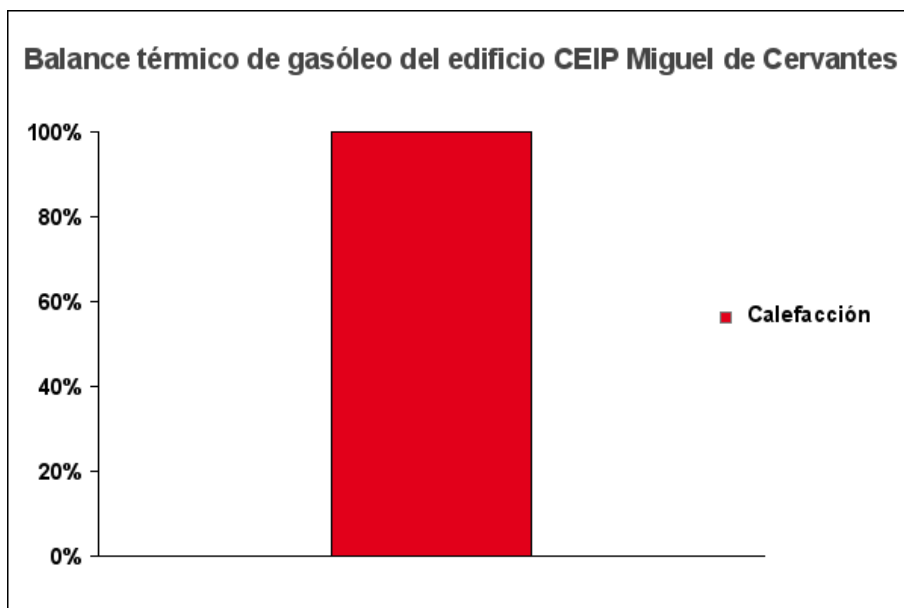
7.4 BALANCE DE GASÓLEO POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo de gasóleo anual.

Tabla 18. Distribución global del consumo de gasóleo

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Calefacción	18.483	100,00
Total	18.483	100%

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



Gráfica 7. Balance de gasóleo por usos

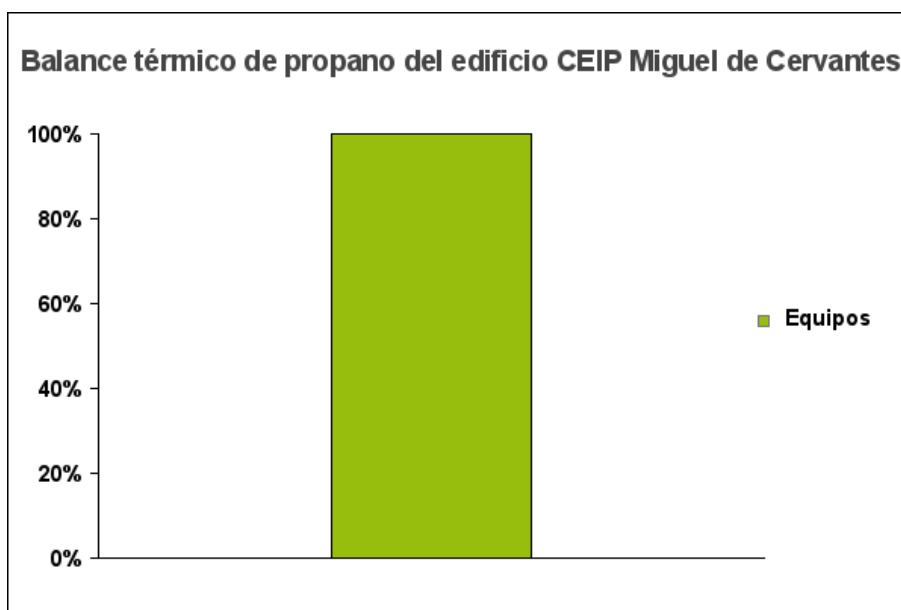
7.5 BALANCE DE PROPANO POR USOS¹³

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo estimado de propano anual.

Tabla 19. Distribución global del consumo de propano

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Equipos	2.400	100,00
Total	2.400	100%

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



Gráfica 8. Balance de propano por usos

¹³ Como se ha comentado anteriormente, este consumo es estimado y no se ha considerado a la hora de establecer el consumo global del centro.

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-día¹⁴ 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

¹⁴ 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.

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:

Función simplificada o de una única variable

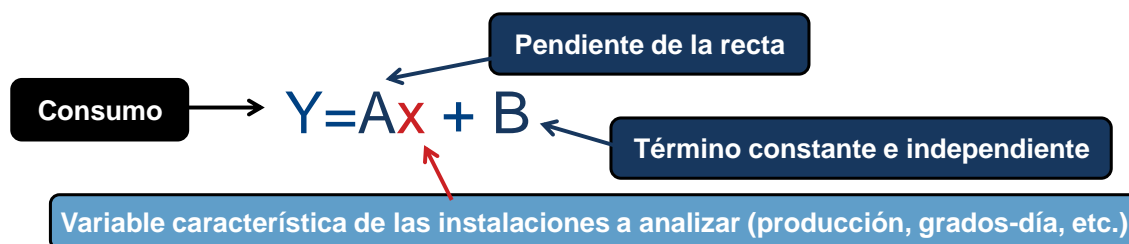


Ilustración 9. Función simplificada o de una única variable

Función multivariable

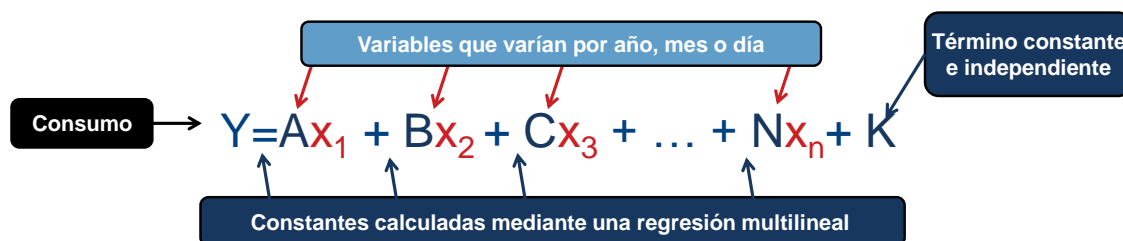


Ilustración 10. Función multivariable

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 20. 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 21. Consumo eléctrico y variables significativas para la línea base

Mes	Consumo	GDR ¹⁵	GDC ¹⁶	Mes laborable	Días laborables	GDT ¹⁷
agosto 2016	1.647	321	0	0	22	321
septiembre 2016	3.549	292	0	0,5	23	292
octubre 2016	4.690	131	3	1	21	134
noviembre 2016	4.766	39	46	1	20	85
diciembre 2016	4.945	1	97	1	20	98

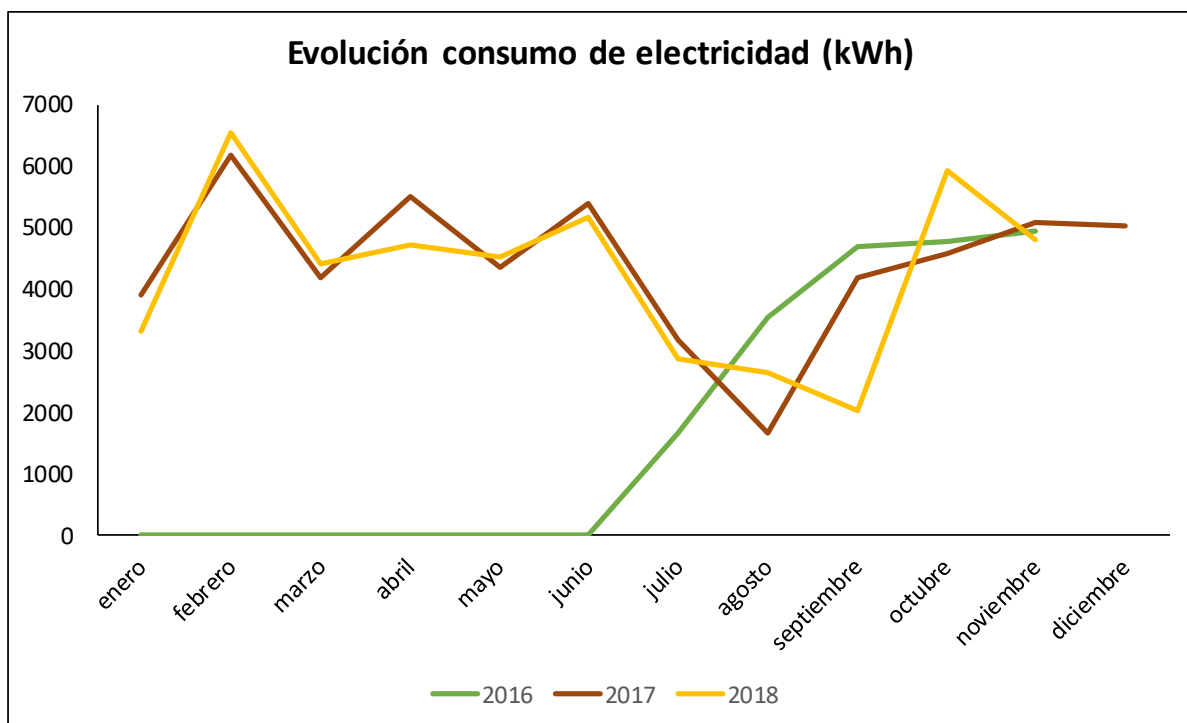
¹⁵ Grados día de refrigeración, dependientes del calor en verano, obtenidos de la estación meteorológica de San Pablo (Sevilla).

¹⁶ Grados día de calefacción, dependientes del frío en invierno, obtenidos de la estación meteorológica de San Pablo (Sevilla).

¹⁷ Grados día totales, suma de los GDC y GDR.

Mes	Consumo	GDR ¹⁵	GDC ¹⁶	Mes laborable	Días laborables	GDT ¹⁷
enero 2017	3.914	0	175	1	12	175
febrero 2017	6.190	1	135	1	22	136
marzo 2017	4.190	22	55	1	17	77
abril 2017	5.496	75	51	1	21	126
mayo 2017	4.362	89	8	1	19	97
junio 2017	5.391	251	0	0,5	21	251
julio 2017	3.163	268	0	0	22	268
agosto 2017	1.647	368	0	0	24	368
septiembre 2017	4.193	211	1	0,5	20	212
octubre 2017	4.581	175	0	1	19	175
noviembre 2017	5.070	59	48	1	21	107
diciembre 2017	5.026	7	128	1	21	135
enero 2018	3.325	2	103	1	9	105
febrero 2018	6.550	3	174	1	24	177
marzo 2018	4.403	1	70	1	17	71
abril 2018	4.727	14	82	1	17	97
mayo 2018	4.519	56	22	1	19	78
junio 2018	5.164	122	2	0,5	24	125
julio 2018	2.868	188	0	0	20	188
agosto 2018	2.637	351	0	0	26	351
septiembre 2018	2.011	184	0	0,5	15	184
octubre 2018	5.927	234	1	1	24	235
noviembre 2018	4.795	19	40	1	22	59
diciembre 2018	5.148	4	88	1	22	93

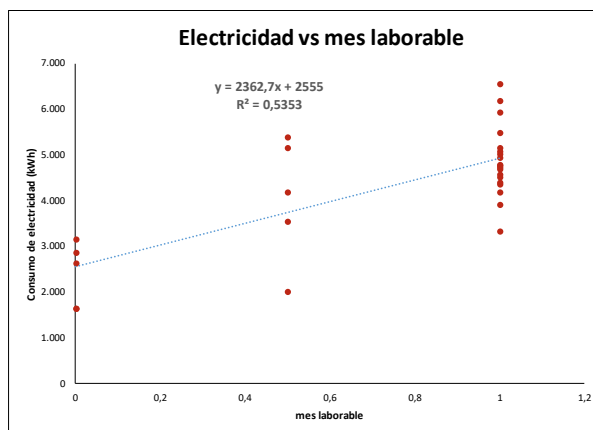
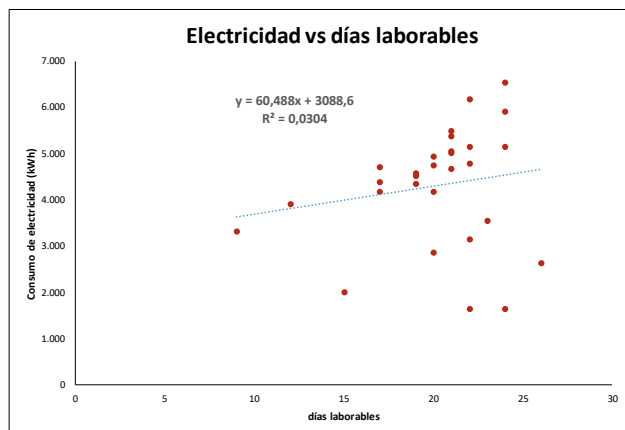
En la siguiente gráfica se representa el histórico de los consumos desde agosto de 2016. Puede observarse cómo el consumo sigue una tendencia similar durante los poco más de 3 años de estudio.

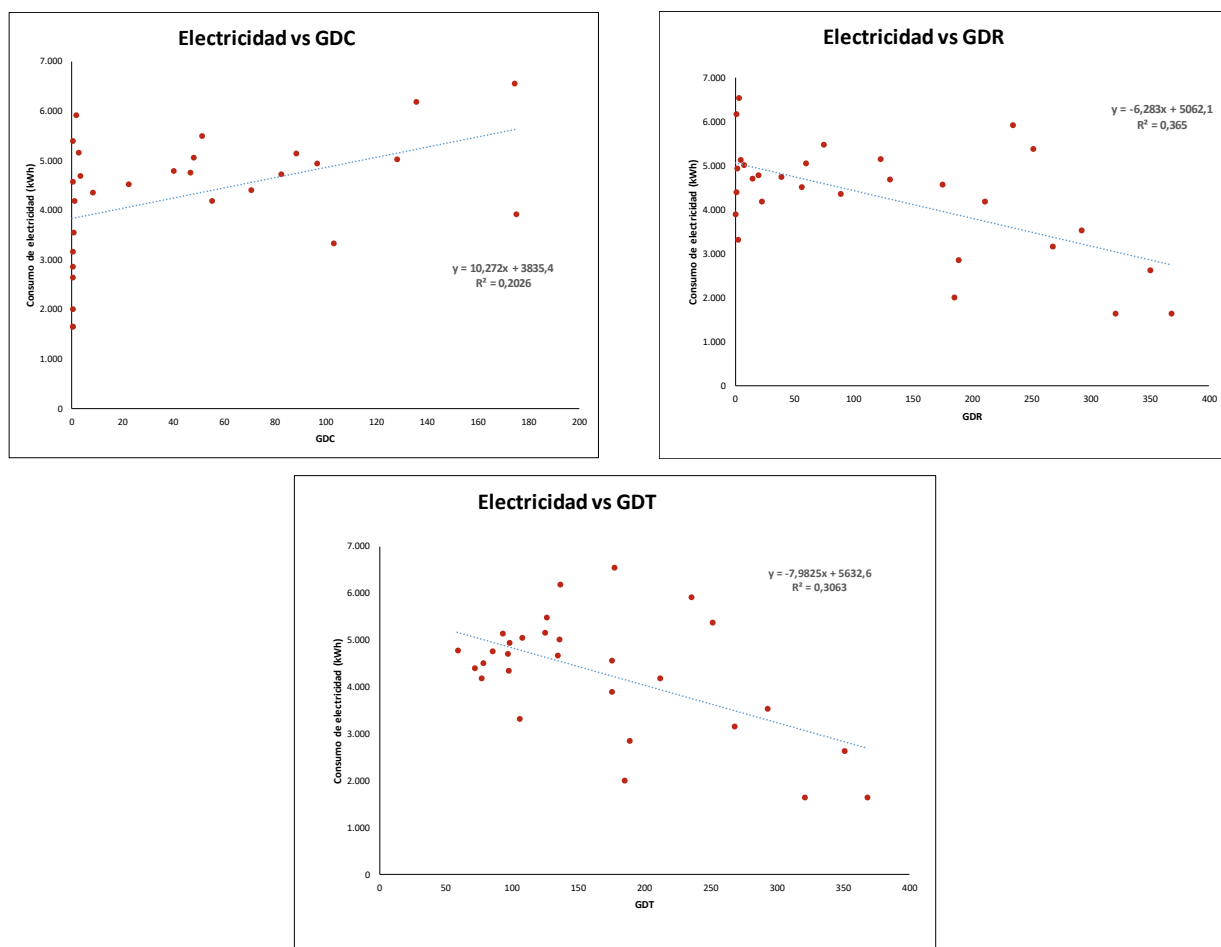


Gráfica 9. Evolución del consumo eléctrico (2016-2018)

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 $>0,75$.

Comparativa entre las regresiones lineales para establecer la línea base





Gráfica 10. 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 multivariantes con las variables que mejor ajuste lineal presentan, siendo en este caso: mes laborable y GDC.

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

Tabla 22. Análisis comparativo de los resultados de los modelos matemáticos para línea base

Ecuación	Coeficiente de correlación múltiple	Parámetro		
		R2 ajustado	Valor crítico de F	Desviación promedio (%)
Electricidad vs mes laborable	-	0,5353	-	-
Electricidad vs días laborables	-	0,0304	-	-
Electricidad vs GDC	-	0,2026	-	-

Ecuación	Coeficiente de correlación múltiple	Parámetro		
		R2 ajustado	Valor crítico de F	Desviación promedio (%)
Electricidad vs GDR	-	0,365	-	-
Electricidad vs GDT	-	0,3063	-	-
Electricidad vs mes laborable y GDC	0,7276	0,4917	8,09E-5	18,6

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 Miguel de Cervantes 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.

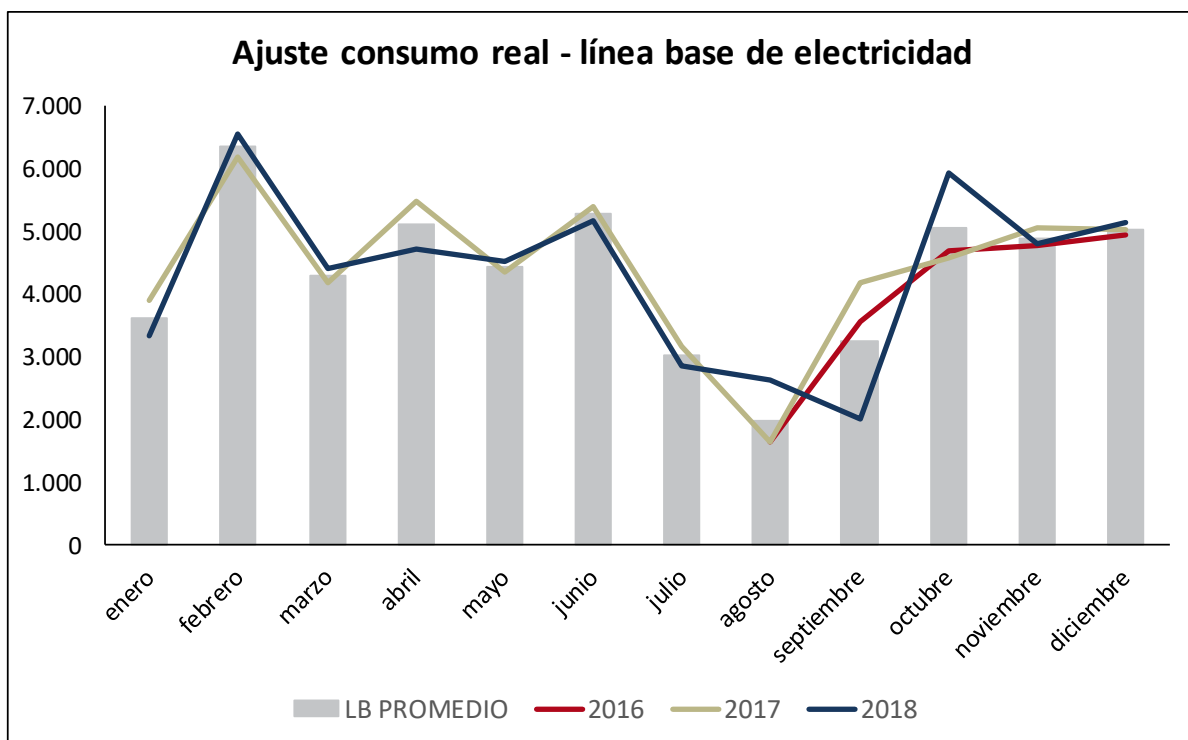
A continuación se muestra una tabla con la línea base de electricidad para el edificio "CEIP Miguel de Cervantes ":

Tabla 23. Línea base de electricidad CEIP Miguel de Cervantes

Mes	Consumo eléctrico esperado (kWh)
enero	3.620
febrero	6.370
marzo	4.297
abril	5.112
mayo	4.441
junio	5.278
julio	3.016
agosto	1.977
septiembre	3.251
octubre	5.066
noviembre	4.877
diciembre	5.040
Desviación promedio¹⁸ (%)	11,2

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

¹⁸ Promedio de la diferencia entre el consumo real frente al consumo esperado según la línea base establecida.



Gráfica 11. 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 de los meses de agosto, septiembre y octubre, que presenta un consumo con mayor variación durante los años de estudio. Esto puede ser debido a que son los meses que comienzan las clases, y hay mucha variabilidad en el uso de los equipos de clima en esas fechas.

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 24. Listado de medidas estudiadas

Descripción de la mejora	Ahorro (kWh / año)
Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	542
Instalación de sobre-enchufes Plugwise	3.451
Instalación de detectores de presencia	3.103
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	12.978
Instalación de válvulas cronotermostáticas	3.697
Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	4.473
Sustitución de caldera actual por una de condensación de gas natural	2.790
Aislamiento del cuerpo de la caldera	67
Sustitución de caldera actual por una de biomasa	402
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de luminarias de viales por LED	5
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	1
Instalación Fotovoltaica	10.861
Optimización de la factura eléctrica	0

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

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 CLIMATIZACIÓN

9.1.1.1 Instalación de válvulas cronotermostáticas en radiadores

Las válvulas cronotermostáticas en los radiadores regulan la emisión de cada uno de los mismos, cerrando y abriendo el paso en función de la demanda. Estas válvulas permiten establecer temperaturas de consigna y horarios de funcionamiento independientes para cada radiador y estancia, permitiendo incluso la regulación en función de la ocupación prevista para cada estancia, pudiéndose programar un descenso de la temperatura de consigna para los momentos en que ésta se queda vacía. De esta manera, se aúna el confort térmico con el ahorro energético.

El cabezal de la válvula posee una rueda que permite ajustar una temperatura de confort de la estancia. La válvula funciona automáticamente y consta de tres piezas: un sensor de temperatura, un módulo de radiofrecuencia y una carcasa de válvula. La carcasa de la válvula se monta directamente en el radiador o sobre la tubería de suministro del radiador. El sensor puede contar con un sensor remoto o integrado. El módulo de radiofrecuencia sirve para comunicarse con el Gateway y otros elementos que pudiera haber en la sala.

El sensor de temperatura, funciona mediante un fuelle lleno de gas que se calienta a medida que aumenta la temperatura de la habitación y provoca el desplazamiento de un pasador situado en la carcasa de la válvula, reduciendo el caudal de agua que atraviesa el radiador. La distancia que existe entre el pasador y el fuelle se puede modificar haciendo girar el elemento sensor, modificándose como consecuencia el punto de ajuste de la temperatura de la sala.



Ilustración 11. Válvula cronotermostática para radiadores

Los cabezales se pueden gestionar remotamente a través de un Gateway con el que se comunica a través de radiofrecuencia. El módulo de control se conecta a la red para hacer accesible el manejo de los cabezales a través de una plataforma. Cada Gateway puede controlar hasta 10 estancias y 50 módulos de radiofrecuencia, además tiene un alcance de hasta 100 metros en espacios abiertos.

El ahorro energético de aplicar esta medida, estará dado por el menor tiempo de funcionamiento de los radiadores, con el consiguiente ahorro económico debido al ahorro de combustible utilizado por la caldera. La inversión que se ha considerado para el cálculo de los ahorros incluye la válvula cronotermostática, el Gateway, el coste de la plataforma de gestión, la mano de obra y otros costes indirectos.

Se ha evaluado la instalación de 38 válvulas en el centro.

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

Tabla 25. Instalación de válvulas cronotermostáticas

Instalación de válvulas cronotermostáticas		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
3.697	5,16	217
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
1.090	690	1.780
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
8,2	10	251
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
987		

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

9.1.2 ILUMINACIÓN

9.1.2.1 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 Ingeses 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 lámparas fluorescentes por LED

Este tipo de lámparas son de vapor de mercurio a baja presión de elevada eficacia y vida. Las cualidades de color y su alto rendimiento las hacen idóneas para interiores de altura reducida. La mejora consiste en la sustitución de las lámparas fluorescentes actuales, existiendo varias posibilidades de sustitución, las más comunes son:

- Fluorescentes T8 de 18W y/o T5 de 14W por tubos LED de 10W.
- Fluorescentes T8 de 36W y/o T5 de 28W por tubos LED de 20W.

Tabla 26. Sustitución de fluorescentes por LED

Sustitución de fluorescentes por LED		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
12.978	18,10	1.870
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
3.930	4.500	8.430
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
4,5	15	16.922
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
3.348		

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

9.1.2.2 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 39 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 27. Instalación de detectores de presencia

Instalación de detectores de presencia		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
3.103	4,33	442
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
715	685	1.400
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
3,2	10	2.693
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
801		

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.

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

Tabla 28. 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
3.451	4,81	471
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
1.133	0	1.133
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
2,4	10	3.222
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
890		

Se ha evaluado la implantación de un equipo “Home Basic Type F” que incluye 9 sobreenchufes más tres extensiones “Home Basic Type F extension” cada una con 10 sobreenchufes. Esto es, un total de 39 sobreenchufes.

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.

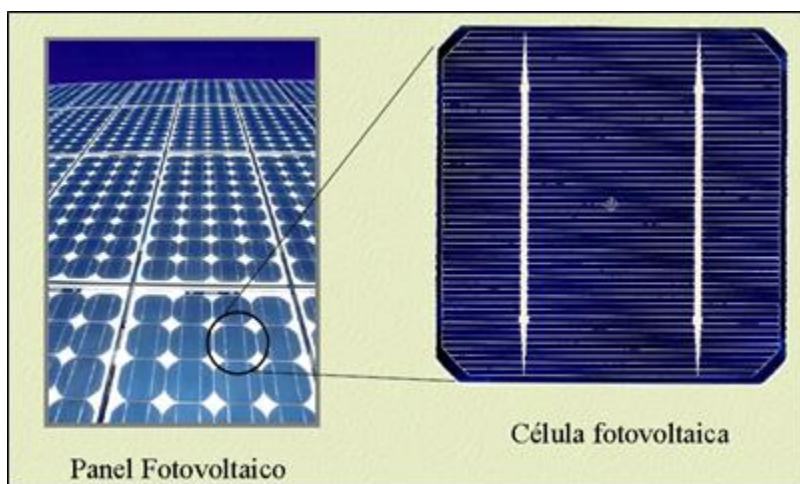


Ilustración 14. Imagen de una célula fotoeléctrica y de un panel fotovoltaico (compuesto de numerosas células)

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 29. Latitud y longitud

Colegio	CEIP Miguel de Cervantes	
Coordenadas	LAT	37,3750
	LON	-6.9668

Tabla 30. Potencial solar mensual

Mes	Potencial FV (kWh / día kWp)	Días	Potencial FV (kWh / mes kWp)
Enero	3,47	31	107,57
Febrero	4,19	28	117,32
Marzo	4,81	31	149,11
Abril	4,9	30	147
Mayo	5,27	31	163,37
Junio	5,35	30	160,5
Julio	5,59	31	173,29
Agosto	5,46	31	169,26
Septiembre	4,97	30	149,1
Octubre	4,41	31	136,71
Noviembre	3,86	30	115,8
Diciembre	3,34	31	103,54
Total			1.693

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

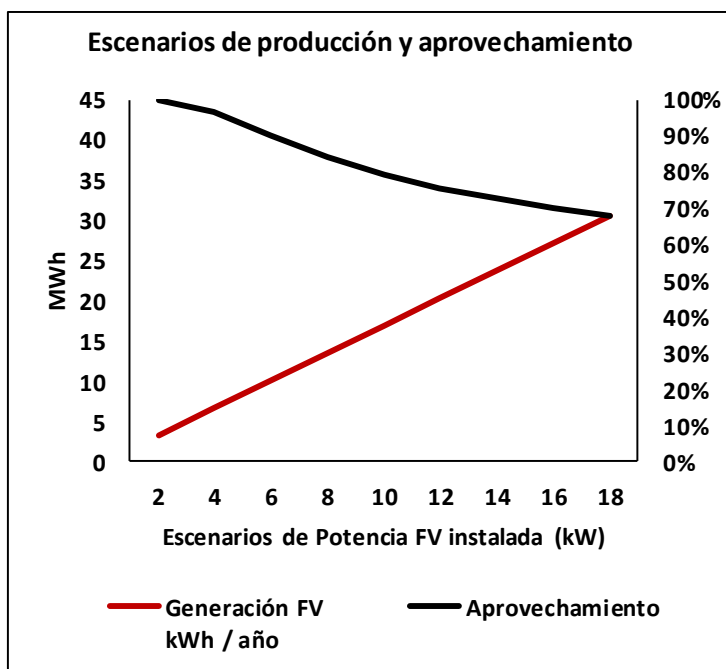
Dimensionamiento. Tamaño óptimo

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

- La generación será la máxima posible, minimizando la energía desperdiciada¹⁹, 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.

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:

¹⁹ 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%.



Gráfica 12. Escenarios de generación FV y aprovechamiento

A partir de esta información, se determina la potencia óptima, que permite un aprovechamiento del 85,6% de la energía generada:

- Potencia pico propuesta = 7,5 kWp

Resultados

Instalación propuesta

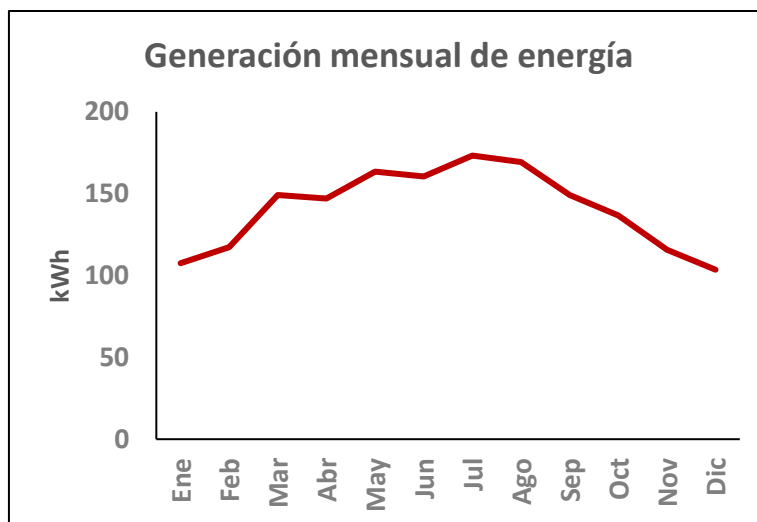
Datos de la instalación

- Potencia pico: 7,5 kWp
- Número de módulos: 25
- Potencia de los módulos: 300 Wp
- Inclinación de los módulos: 30⁰²⁰

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

²⁰ Inclinación óptima en la zona





Gráfica 13. Generación mensual de energía

La generación anual de energía es igual a **12.694 kWh**. Se considera un aprovechamiento de un 85,6%, esto es: **10.861 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 7,5 kW se necesita una superficie aproximada de unos 61 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 75 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 25 placas, con una superficie total de 61 m², en los que se incluye la superficie de los paneles y la separación de 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: 25
 - Potencia pico: 300 Wp
 - Entre un 14 - 20 % sobredimensionamiento mínimo o máximo permitido por el inversor.
- Inversores
 - N° inversores: 1
 - Potencia nominal: 8,5 kW

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

Presupuesto

Tabla 31. Presupuesto instalación solar fotovoltaica

Concepto	Coste (€)	Coste (€ / Wp)
Módulos FV	2.500	0,33
Inversor	1.131	0,15
Equipo gestor	250	0,03
Controlador de vertido	300	0,04
Estructura auxiliar	1.000	0,13
Material eléctrico y protecciones	1.000	0,13
Mano de obra	2.300	0,31
Gestiones y memoria técnica	650	0,09
Seguridad y salud	75	0,01
Gestión de residuos	50	0,01
Total	9.256	1,2341

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 0,1365 €/kWh.

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

Tabla 32. Resultados de la Instalación de solar fotovoltaica

Instalación de solar fotovoltaica		
Ahorro		
Generación de energía		Ahorro económico
kWh / año ²¹	% ²²	Eu / año
10.861	20%	1.552
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
6.181	3.075 ²³	9.256
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN ²⁴
años	años	Eu
6,0	25	5.202
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
2.802		

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.

²¹ Ahorro eléctrico

²² Ahorro con respecto al consumo eléctrico

²³ Incluye mano de obra, gestiones, ingeniería, seguridad y salud y gestión de residuos

²⁴ Para el cálculo del VAN y TIR se considera una vida útil de 25 años, ya que es la duración a considerar para un proyecto ESE.

9.1.1 FACTURACIÓN ELÉCTRICA

9.1.1.1 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 periodos. En este caso se recomienda reducir la potencia contratada en los periodos P1 y P2.

Tabla 33. Optimización de la potencia contratada

CUPS	Potencia óptima		
	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)
ES0031102170342001MG0F	25	29	41,42

Esta medida conlleva una pequeña inversión debida al coste de gestión por parte de la distribuidora.

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

Tabla 34. Optimización de la potencia contratada

Optimización potencia contratada		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
-	-	563
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
-	-	9,04
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
0,02	-	5.170
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
-		

9.2 DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO NO RECOMENDADAS

9.2.1 CLIMATIZACIÓN

9.2.1.1 Sustitución de caldera actual por una de condensación de gas natural

Las calderas de condensación son calderas de alto rendimiento (110% PCI) basadas en el aprovechamiento del calor de condensación de los humos de la combustión. Esta tecnología aprovecha el vapor de agua que se produce en los gases de combustión y lo devuelve en estado líquido.

Con una caldera clásica de tipo atmosférico, los productos de combustión rondan temperaturas del orden de 150°C, lo que implica que una parte no despreciable del calor latente es evacuada por los humos. La caldera de condensación recupera una parte muy importante de ese calor latente, reduciendo considerablemente la temperatura de las gases (65°C).

El ahorro que se obtiene es tanto energético como económico. El origen del ahorro energético viene determinado por el mayor rendimiento de la caldera de condensación, y el ahorro económico viene dado por el menor precio del gas natural frente al combustible actual.

La inversión se estudia teniendo en cuenta la sustitución de la caldera convencional de gasóleo por una caldera de condensación de gas natural con regulación electrónica y sonda de temperatura exterior, el quemador del grupo térmico, la inertización del tanque de gasóleo, los materiales y medios auxiliares, la puesta en marcha, la mano de obra y otros costes indirectos.

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

Tabla 35. Sustitución de la caldera actual por una de gas natural

Sustitución de la caldera actual por una de gas natural		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
2.790	3,89	502
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
18.327	17.457	35.784
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
71,2	25	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
1.781		

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

9.2.1.2 Sustitución de caldera actual por una de biomasa

Las calderas de biomasa son calderas cuyo combustible es la biomasa en alguna de sus formas (pellets, hueso de aceituna, restos forestales, etc.). La principal ventaja de este tipo de grupos térmicos es la posibilidad, si la propiedad tiene disponibilidad, de reutilizar los restos forestales como combustible lo que reduce considerablemente los costes del combustible, ya que únicamente habría que considerar los gastos de la poda y el transporte.

Por otro lado, se considera que las calderas de biomasa producen emisiones de CO₂ neutras. Esto quiere decir que, en término cuantitativos, la combustión de biomasa no aporta más gases contaminantes a la atmósfera, sino que le devuelve los mismos gases que previamente fueron absorbidos por la planta o árbol durante las fotosíntesis realizadas durante su vida.

Como desventajas, cabe mencionar que una caldera de biomasa puede tener peor rendimiento que su homóloga de combustible, lo que hace que cada unidad energética introducida rinda menos dentro de ella. A esto hay que añadir el mayor coste de mantenimiento que tienen estas calderas, ya que las cenizas necesitan ser retiradas y, el cajón que las contiene, limpiado de forma adecuada periódicamente.

La caldera que se recomienda, utiliza pellet como combustible, dispone de un quemador modulante, regulación electrónica y sonda de temperatura exterior. El ahorro energético viene definido por la mejora de rendimiento del equipo de biomasa sobre el que hay instalado actualmente y el ahorro económico viene dado por el menor precio de la biomasa frente al combustible actual.

En los casos en los que la caldera existente sea relativamente nueva y tenga un rendimiento óptimo, puede ocurrir que el ahorro energético sea negativo debido a que la caldera de biomasa tenga un rendimiento menor que la caldera actual.

Junto con el grupo térmico, se ha valorado la instalación necesaria para el almacenamiento y alimentación de combustible, compuesta por silo de obra y un alimentador tornillo sinfín, la inertización del tanque de gasóleo, así como la mano de obra y puesta en marcha así como otros costes indirectos.

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

Tabla 36. Sustitución de la caldera actual por una de biomasa

Sustitución de la caldera actual por una de biomasa		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
402	0,56	414
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
35.214	23.670	58.884
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
142,2	25	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
4.935		

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

9.2.1.3 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:

Tabla 37. 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
4.473	6,24	611
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
17.442	3.488	20.930
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
34,3	20	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
1.154		

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

9.2.1.4 Aislamiento del cuerpo de la caldera

El cuerpo de la caldera, salvo raras excepciones, se encuentra sin aislar lo que ocasiona pérdidas térmicas a través de ella, que aumentan el consumo energético. La instalación de un aislante en la parte trasera de la caldera o alrededor de la propia cámara de combustión interna, según modelo, ayudará a mejorar la eficiencia del sistema.

El aislamiento propuesto está compuesto por mantas armadas de lana de roca de 4 cm de espesor con una conductividad de 0,035 W/(m°K) apto para temperaturas máximas de 750°C y superficies irregulares.

Para el cálculo del ahorro energético se ha utilizado el software AISLAM, que es documento reconocido por el Ministerio de Industria para facilitar el cumplimiento de las exigencias del RITE. La inversión considerada en el cálculo incluye el coste del material, la mano de obra y otros costes indirectos.



Ilustración 18. Aislamiento tipo manta armada de lana de roca

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

Tabla 38. Aislamiento del cuerpo de la caldera

Aislamiento del cuerpo de la caldera		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
67	0,09	4
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
132	218	350
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
89,7	10	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
18		

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

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

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.

- VSAP o HMC de 150W por Proyector LED de 80W.

Tabla 39. Sustitución de proyectores por LED

Sustitución de proyectores por LED		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
1	0,00	0
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
525	50	575
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
3.616,4	15	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
0		

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 250W por Vial LED de 108W.

Tabla 40. 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
5	0,01	1
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
1.478	160	1.638
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
2.340,6	15	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
1		

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

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

Tabla 41. Instalación de regletas eliminadoras del stand-by

Instalación de regletas eliminadoras del stand-by		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
542	0,76	74
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
129	0	129
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
1,7	10	554
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
140		

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, enfriadoras o iluminación, 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 apagase todo el centro, desconectando iluminación que se haya podido quedar encendida, o equipos en stand by.

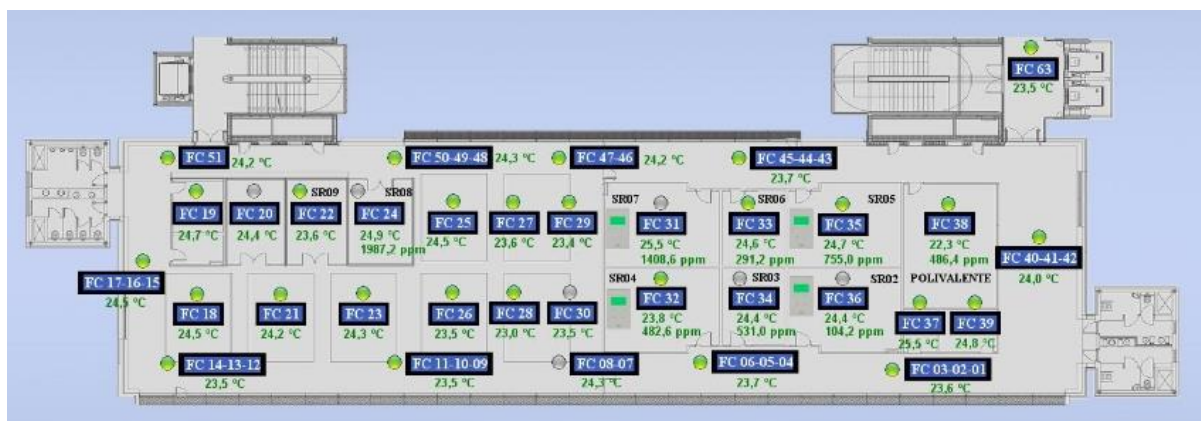


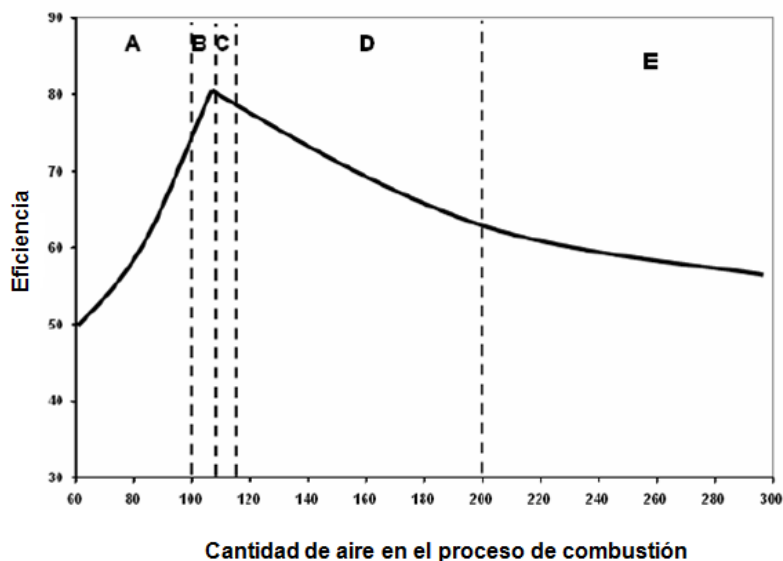
Ilustración 20. Ejemplo de un Sistema de Control Centralizado para climatización

11 BUENAS PRÁCTICAS Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN

11.1 REGULACIÓN DEL AIRE DE COMBUSTIÓN DE LAS CALDERAS

La combustión en las calderas debe producirse en proporciones definidas y controladas de combustible y oxígeno, con el fin de que la reacción estequiométrica sea lo más eficiente posible.

En la siguiente ilustración se comprueban los valores donde se produce la mayor eficiencia en la reacción química en función de la cantidad de aire existente en la combustión.



Gráfica 14. Eficiencia de la cantidad de aire sobre el proceso de combustión

Gracias a la ilustración anterior, se observa que el valor de máxima eficiencia del λ ronda valores del 1 al 1,2. El ahorro energético producido por la regulación manual de la combustión estará dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro Energía} = \text{Energía} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right] \cdot (P_{\text{pérdidas actuales}} - P_{\text{pérdidas futuras}})$$

Dónde:

Energía [kWh/año]: corresponde a la energía consumida por cada equipo

$P_{\text{pérdidas actuales}}$: corresponde a las pérdidas energéticas actuales asociadas a la concentración de oxígeno y la temperatura de los humos

$P_{\text{pérdidas futuras}}$: corresponde a las pérdidas energéticas calculadas para la concentración de oxígeno y el historial de mediciones de las temperaturas de los análisis de combustión

A continuación se muestra una tabla con las pérdidas energéticas en gases de combustión:

Tabla 42. Pérdidas en los humos de la combustión del gasóleo

O ₂	CO ₂	AIRE	GASES	PÉRDIDAS EN GASES DE COMBUSTIÓN (%) EN FUNCIÓN DE										
		Exc.		(TEMP. GASES-TEMP. AMBIENTE)										
%	%	Por uno	kg/kg	100	120	140	160	180	200	240	280	320	360	400
0,0	16,0	1,0	14,7	3,8	4,6	5,4	6,2	6,9	7,7	9,3	10,9	12,6	14,2	15,9
0,5	15,6	1,0	15,1	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9	9,5	11,2	12,8	14,5	16,2
1,0	15,2	1,0	15,4	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8,1	9,7	11,4	13,1	14,8	16,5
1,5	14,9	1,1	15,7	4	4,9	5,7	6,6	7,4	8,2	9,9	11,7	13,4	15,1	16,9
2,0	14,5	1,1	16,1	4,1	5	5,8	6,7	7,6	8,4	10,2	11,9	13,7	15,5	17,3
2,5	14,1	1,1	16,5	4,2	5,1	6	6,9	7,7	8,6	10,4	12,2	14	15,8	17,7
3,0	13,7	1,2	16,9	4,3	5,2	6,1	7	7,9	8,8	10,6	12,5	14,3	16,2	18,1
3,5	13,3	1,2	17,3	4,4	5,4	6,3	7,2	8,1	9	10,9	12,8	14,7	16,6	18,5
4,0	12,9	1,2	17,8	4,6	5,5	6,4	7,4	8,3	9,3	11,2	13,1	15,1	17	19
4,5	12,6	1,3	18,3	4,7	5,6	6,6	7,6	8,5	9,5	11,5	13,5	15,5	17,5	19,5
5,0	12,2	1,3	18,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8	9,8	11,8	13,8	15,9	17,9	20
5,5	11,8	1,3	19,4	5	6	7	8	9	10,1	12,1	14,2	16,3	18,4	20,6
6,0	11,4	1,4	20,0	5,1	6,1	7,2	8,2	9,3	10,4	12,5	14,6	16,8	19	21,2
6,5	11,0	1,4	20,6	5,3	6,3	7,4	8,5	9,6	10,7	12,9	15,1	17,3	19,6	21,8
7,0	10,6	1,5	21,3	5,4	6,5	7,6	8,8	9,9	11	13,3	15,6	17,9	20,2	22,5
7,5	10,3	1,5	22,0	5,6	6,8	7,9	9,1	10,2	11,4	13,7	16,1	18,5	20,8	23,3
8,0	9,9	1,6	22,8	5,8	7	8,2	9,4	10,6	11,8	14,2	16,6	19,1	21,6	24,1
8,5	9,5	1,6	23,6	6	7,2	8,5	9,7	10,9	12,2	14,7	17,2	19,8	22,3	24,9
9,0	9,1	1,7	24,6	6,2	7,5	8,8	10,1	11,4	12,7	15,3	17,9	20,5	23,2	25,9
9,5	8,7	1,8	25,6	6,5	7,8	9,1	10,5	11,8	13,2	15,9	18,6	21,3	24,1	26,9
10,0	8,3	1,9	26,7	6,8	8,1	9,5	10,9	12,3	13,7	16,5	19,4	22,2	25,1	28
10,5	8,0	2,0	27,9	7,1	8,5	9,9	11,4	12,8	14,3	17,2	20,2	23,2	26,2	29,2
11,0	7,6	2,1	29,2	7,4	8,9	10,4	11,9	13,4	15	18	21,1	24,3	27,4	30,6
11,5	7,2	2,2	30,6	7,7	9,3	10,9	12,5	14,1	15,7	18,9	22,2	25,4	28,7	32
12,0	6,8	2,3	32,3	8,2	9,8	11,5	13,2	14,8	16,5	19,9	23,3	26,8	30,2	33,7
12,5	6,4	2,4	34,1	8,6	10,4	12,1	13,9	15,6	17,4	21	24,6	28,2	31,9	35,6
13,0	6,0	1,6	36,1	9,1	11	12,8	14,7	16,6	18,5	22,2	26	29,9	33,7	37,6
13,5	5,7	2,7	38,5	9,7	11,7	13,6	15,6	17,6	19,6	23,6	27,7	31,8	35,9	40
14,0	5,3	192,0	41,1	10,4	12,5	14,6	16,7	18,8	21	25,3	29,6	33,9	38,3	42,7
14,5	4,8	3,1	44,2	11,1	13,4	15,7	17,9	20,2	22,5	27,1	31,8	36,4	41,1	45,9
15,0	4,5	3,4	47,8	12	14,5	16,9	19,4	21,8	24,3	29,3	34,3	39,4	44,4	49,6

Se recomienda el ajuste de la concentración de oxígeno en la combustión, esta regulación debe ser realizada por personal cualificado. Con el fin de establecer un seguimiento anual de estos resultados, conviene establecer un registro de los valores obtenidos cada mes.

El ahorro aproximado llevando a cabo esta actuación es del 3% del consumo total de combustible, que suponen 555 kWh. La inversión que lleva aparejada esta medida es de 181 euros por el ajuste en cada caldera.

11.2 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 4.450 kWh. La inversión que lleva aparejada esta medida es nula puesto que es meramente de gestión.

11.3 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 21. 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 iniciarlo, 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 782 kWh. En cuanto a la inversión, es un programa implementado en todos los sistemas operativos, por lo que se considera gratuita.

11.4 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 22. 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 125 kWh. Esta medida no tiene ninguna inversión asociada.

11.5 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 un ahorro del 30% del consumo del equipo, de forma que el ahorro esperable sería de 250 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 inversión²⁵. 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.

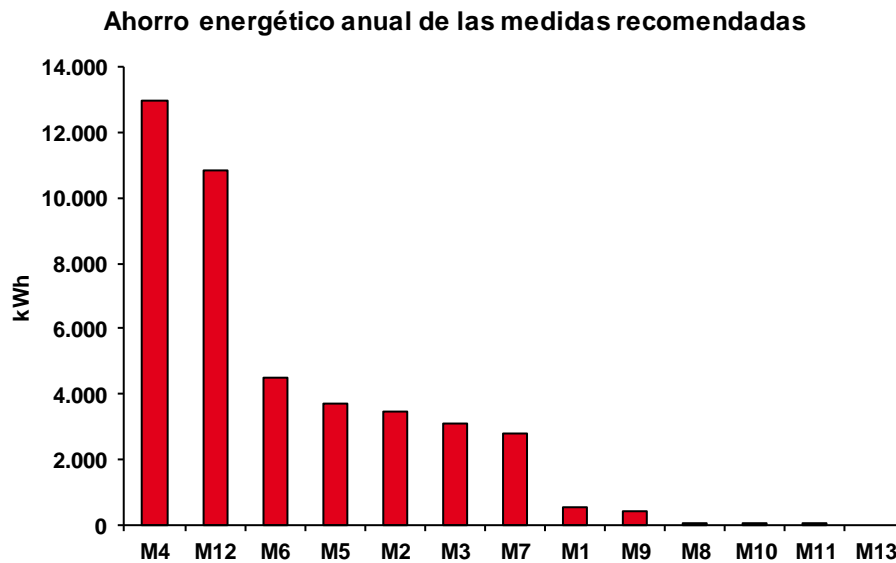
²⁵En este apartado no se ha considerado la evolución de los precios de la energía

Tabla 43. 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
M5	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	542	0,76	74	129	1,7	140	554	57,7	10
M1	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	3.451	4,81	471	1.133	2,4	890	3.222	41,1	10
M2	Instalación de detectores de presencia	3.103	4,33	442	1.400	3,2	801	2.693	30,1	10
M3	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	12.978	18,10	1.870	8.430	4,5	3.348	16.922	21,9	15
M4	Instalación de válvulas cronotermostáticas	3.697	5,16	217	1.780	8,2	987	251	4,6	10
M6	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	4.473	6,24	611	20.930	34,3	1.154	-	-	20
M7	Sustitución de caldera actual por una de condensación de gas natural	2.790	3,89	502	35.784	71,2	1.781	-	-	25
M8	Aislamiento del cuerpo de la caldera	67	0,09	4	350	89,7	18	-	-	10
M9	Sustitución de caldera actual por una de biomasa	402	0,56	414	58.884	142,2	4.935	-	-	25
M10	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de luminarias de viales por LED	5	0,01	1	1.638	2.340,6	1	-	-	15

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	TIR	Vida útil
		kWh / año	% Total	€ / año	€	años	kg CO ₂ / año	€	%	años
M11	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	1	0,00	0	575	3.616,4	0	-	-	15
M12	Instalación Fotovoltaica	10.861,00	0,15	1.552	9.256	6,0	2.802	5.202	12	25
M13	Optimización de la factura eléctrica	0	0,00	563	9,0	0,0	0	5.170	6.229	

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



Gráfica 15. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio

Tabla 44. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro de energía mejora (kWh/año)
M4	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	12.978
M12	Instalación Fotovoltaica	10.861
M6	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	4.473
M5	Instalación de válvulas cronotermostáticas	3.697
M2	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	3.451
M3	Instalación de detectores de presencia	3.103
M7	Sustitución de caldera actual por una de condensación de gas natural	2.790
M1	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	542
M9	Sustitución de caldera actual por una de biomasa	402
M8	Aislamiento del cuerpo de la caldera	67
M10	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de luminarias de viales por LED	5
M11	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	1
M13	Optimización de la factura eléctrica	0

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 10,0 años.

Tabla 45. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio CEIP Miguel de Cervantes

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 sobre-enchufes Plugwise	3.451	4,81	471	1.133	2,4	890	3.222	41,1	10
M2	Instalación de detectores de presencia	3.103	4,33	442	1.400	3,2	801	2.693	30,1	10
M3	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	12.978	18,10	1.870	8.430	4,5	3.348	16.922	21,9	15
M4	Instalación de válvulas cronotermostáticas	3.697	5,16	217	1.780	8,2	987	251	4,6	10
M12	Instalación Fotovoltaica	10.861	15,15	1.552	9.256	6,0	2.802	5.202	12	25
M13	Optimización de la factura eléctrica	0	0,00	563	9,0	0,0	0	5.170	6.229	-
TOTAL		34.090	48	5.115	22.008	4,3	8.828	50.948	20,1%	-

El ahorro energético que se consigue mediante la implantación conjunta de todas las medidas de ahorro no siempre es igual a la suma del ahorro energético individualizado de cada medida. En una instalación de este tipo el ahorro de la implantación del total de las medidas es inferior a la suma de los ahorros de cada una de ellas. Esto se debe a que algunas de las medidas recomendadas presentan efectos cruzados.

Dos medidas presentan efectos cruzados cuando afectan al mismo consumo. Cuando esto ocurra, el ahorro de la acción conjunta de las dos medidas será inferior a la suma de los efectos de cada una ellas.

En las instalaciones del edificio “CEIP Miguel de Cervantes” las medidas no presentan efectos cruzados, por lo que el ahorro total sí es igual a la suma del ahorro de cada medida.

Tabla 46. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro en el edificio CEIP Miguel de Cervantes

IMPLANTACIÓN CONJUNTA DE TODAS LAS MEDIDAS DE AHORRO		
Ahorro energético		Total
	[kWh/año]	34.090
Ahorro energético sobre el consumo total del edificio		Total
	[%]	48%
Emisiones evitadas	[kg CO ₂ / año]	8.828
Reducción de emisiones sobre el total	[%]	47
Ahorro económico	[€ / año]	5.115
Inversión necesaria	[€]	22.008
Periodo de retorno simple de la inversión	[Años]	4,3

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

Concepto	Unidades	Situación inicial	Situación ²⁶ final	Ahorro
Consumo energético	[kWh / año]	71.706	37.616	34.090
Coste energético	[€ / año]	8.348	3.233	5.115

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.

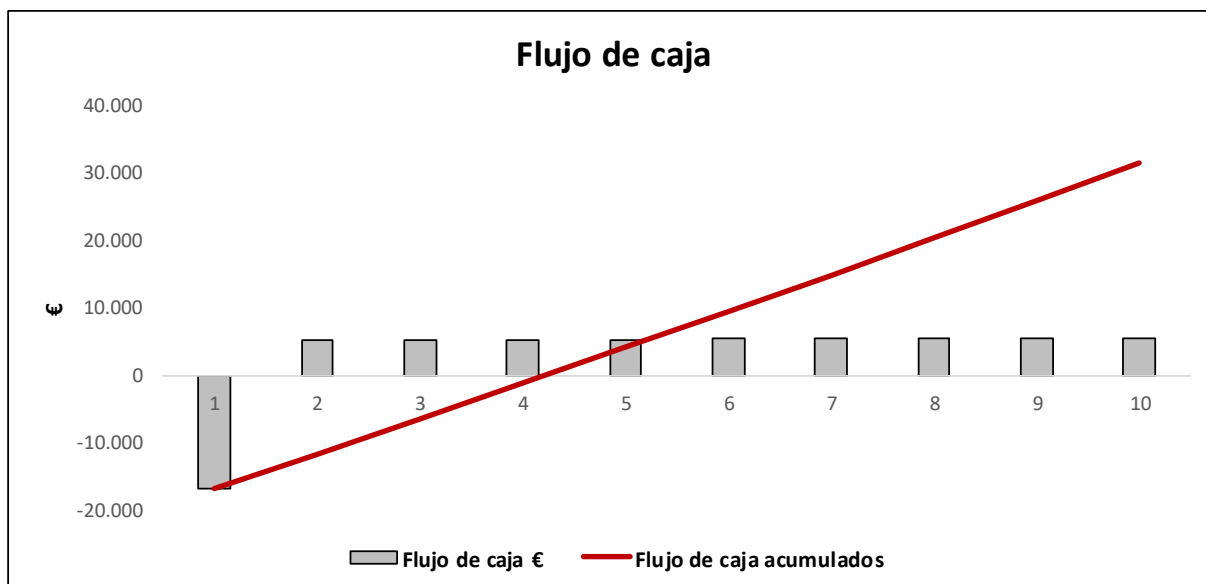
Las medidas se llevarían a cabo en el año 0 (año 1º).

Tabla 48. Flujo de caja

Año	Inversión	Ahorro ²⁷	Flujo de caja	Flujo de caja acumulado
	€	€	€	€
1º	22.008	5.115	-16.893	-16.893
2º	-	5.166	5.166	-11.727
3º	-	5.218	5.218	-6.509
4º	-	5.270	5.270	-1.239
5º	-	5.323	5.323	4.084
6º	-	5.376	5.376	9.460
7º	-	5.430	5.430	14.889
8º	-	5.484	5.484	20.373
9º	-	5.539	5.539	25.912
10º	-	5.594	5.594	31.506

²⁶ Después de la implantación de las medidas

²⁷ Incremento del precio de la energía (1%)



Gráfica 16. Flujo de caja

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.

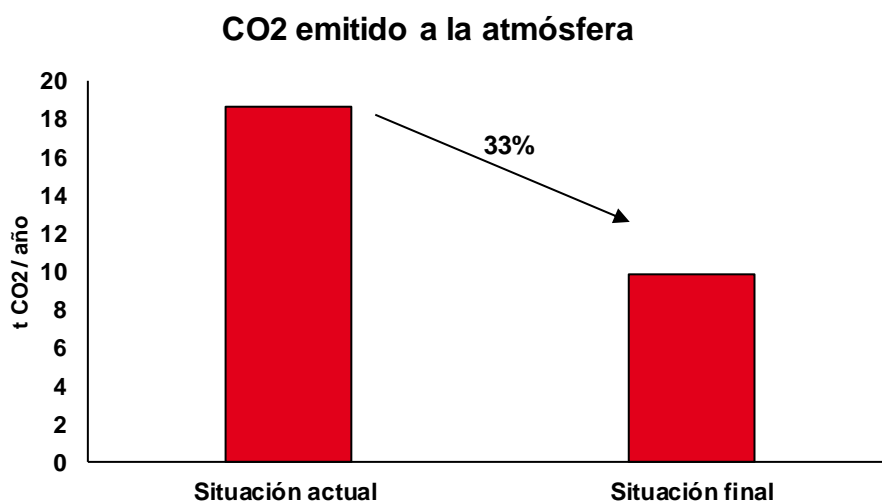
12.4 REDUCCIÓN DE EMISIONES

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 49. Emisiones contaminantes actualmente y tras la implantación de las medidas

Contaminante	Unidades	Emisión por consumo energético		Disminución
		Situación actual	Situación final ²⁸	
Consumo energético	[kWh / año]	71.706	37.616	34.090
Emisiones de CO ₂	[kg / año]	18.667	9.839	8.828

²⁸Después de la implantación de las medidas:



Gráfica 17. 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.

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 50. 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)
M1	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	3.451	471	1.133	2,4
M13	Optimización de la factura eléctrica	0	563	9	0

Medidas de ahorro con PRS entre 3 y 7 años

Tabla 51. 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 detectores de presencia	3.103	442	1.400	3,2
M3	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	12.978	1.870	8.430	4,5
M12	Instalación Fotovoltaica	10.861,00	1.552	9.256	6

Medidas de ahorro con PRS mayor de 7 años

Tabla 52. 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)
M4	Instalación de válvulas cronotermostáticas	3.697	217	1.780	8,2

13 ANEXOS

13.1 CALEFACCIÓN

Tabla 53. Inventario equipos centralizados calefacción

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Nuevo	Baja	Sala caldera	Caldera	ROCA CPA 100	1	127.200	0,90	385	-

Tabla 54. Inventario equipos individualizados calefacción

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Nuevo	Primera	Gimnasio	Bomba de calor (calor)	Daitsu	1	7.200	2,88	2.500	R410A
Edf. Nuevo	Primera	Gimnasio	Split	Daitsu	1	0	0,00	50	-
Edf. Nuevo	Primera	Gimnasio	Bomba de calor (calor)	Daitsu	1	7.200	2,88	2.500	R410A
Edf. Nuevo	Primera	Gimnasio	Fancoil	Daitsu	1	0	0,00	50	-
Edf. Nuevo	Primera	Gimnasio	Bomba de calor (calor)	Daitsu	1	7.200	2,88	2.500	R410A
Edf. Nuevo	Primera	Gimnasio	Split	Daitsu	1	0	0,00	50	-

13.2 REFRIGERACIÓN

Tabla 55. Inventario equipos individualizados refrigeración

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Común	Baja	Aula 1	Ventilador	-	2	0	-	50	-
Edf. Común	Baja	Aula 2	Ventilador	-	2	0	-	50	-
Edf. Común	Baja	Aula 3	Ventilador	-	2	0	-	50	-
Edf. Común	Baja	Aula 4	Ventilador	-	2	0	-	50	-
Edf. Común	Baja	Aula 5	Ventilador	-	2	0	-	50	-
Edf. Común	Baja	Aula 6	Ventilador	-	2	0	-	50	-
Edf. Común	Baja	Aula 7	Ventilador	-	2	0	-	50	-
Aulario exterior	Baja	Aula 13	Ventilador	-	2	0	-	50	-
Aulario exterior	Baja	Aula 14	Ventilador	-	2	0	-	50	-
Aulario exterior	Baja	Aula 15	Ventilador	-	2	0	-	50	-
Aulario exterior	Baja	Aula 16	Ventilador	-	2	0	-	50	-
Edf. Nuevo	Baja	Comedor	Bomba de calor (frío)	Daitsu	1	6.600	2,75	2.400	R410A
Edf. Nuevo	Baja	Comedor	Split	Daitsu	1	0	0,00	50	-
Edf. Nuevo	Baja	Comedor	Bomba de calor (frío)	Hisense	1	6.500	3,40	1.912	R410A
Edf. Nuevo	Baja	Comedor	Split	Hisense	1	0	0,00	50	-

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Edf. Nuevo	Primera	Gimnasio	Bomba de calor (frío)	Daitsu	1	6.600	2,75	2.400	R410A
Edf. Nuevo	Primera	Gimnasio	Split	Daitsu	1	0	0,00	50	-
Edf. Nuevo	Primera	Gimnasio	Bomba de calor (frío)	-	1	6.600	2,75	2.400	R410A
Edf. Nuevo	Primera	Gimnasio	Fancoil	-	1	0	0,00	100	-
Edf. Nuevo	Primera	Gimnasio	Bomba de calor (frío)	Daitsu	1	6.600	2,75	2.400	R410A
Edf. Nuevo	Primera	Gimnasio	Split	Daitsu	1	0	0,00	50	-
Edf. Nuevo	Primera	Sala rack	Bomba de calor (frío)	Daitsu	1	6.600	2,75	2.400	R410A
Edf. Nuevo	Primera	Sala rack	Split	Daitsu	1	0	0,00	50	-

13.3 GENERACIÓN DE ACS

Tabla 56. Inventario equipos generación ACS

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Potencia eléctrica (W)	Rto.	Capacidad (litros)
Edf. Nuevo	Baja	Cocina	Termo eléctrico	-	2	1.200	1.200	1,00	50

13.4 EQUIPOS

Tabla 57. Inventario equipos

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Nuevo	Baja	Administración	Rack	1	150	0
CEIP Miguel de Cervantes	Primera	Rack	Rack	1	150	0
Edf. Común	Baja	Aula 1	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Común	Baja	Aula 2	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Común	Baja	Aula 3	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Común	Baja	Aula 4	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Común	Baja	Aula 5	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Común	Baja	Aula 6	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Común	Baja	Aula 7	Ordenador+LCD	1	100	17
Aulario exterior	Baja	Aula 13	Ordenador+LCD	1	100	17
Aulario exterior	Baja	Aula 14	Ordenador+LCD	1	100	17
Aulario exterior	Baja	Aula 15	Ordenador+LCD	1	100	17
Aulario exterior	Baja	Aula 16	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Común	Primera	Aula 8	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Común	Primera	Aula 9	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Común	Primera	Aula 10	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Común	Primera	Aula 11	Ordenador+LCD	1	100	17

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Común	Primera	Aula 12	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Común	Baja	Aula 1	Proyector	1	400	5
Edf. Común	Baja	Aula 2	Proyector	1	400	5
Edf. Común	Baja	Aula 3	Proyector	1	400	5
Edf. Común	Baja	Aula 4	Proyector	1	400	5
Edf. Común	Baja	Aula 5	Proyector	1	400	5
Edf. Común	Baja	Aula 6	Proyector	1	400	5
Edf. Común	Baja	Aula 7	Proyector	1	400	5
Edf. Común	Primera	Aula 8	Proyector	1	400	5
Edf. Común	Primera	Aula 9	Proyector	1	400	5
Edf. Común	Primera	Aula 10	Proyector	1	400	5
Edf. Común	Primera	Aula 11	Proyector	1	400	5
Edf. Común	Primera	Aula 12	Proyector	1	400	5
Edf. Común	Baja	Aula 1	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Común	Baja	Aula 2	Pizarra eléctrica	1	180	0
Edf. Común	Baja	Aula 3	Pantalla digital	1	180	0
Edf. Común	Baja	Aula 4	Pantalla digital	1	180	0
Edf. Común	Baja	Aula 5	Pantalla digital	1	180	0
Edf. Común	Baja	Aula 6	Pantalla digital	1	180	0
Edf. Común	Baja	Aula 7	Pantalla digital	1	180	0

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Edf. Común	Primera	Aula 8	Pantalla digital	1	180	0
Edf. Común	Baja	Dirección	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Común	Baja	Jefe de estudios	Ordenador+LCD	1	100	17
Edf. Común	Baja	Administración	Ordenador+LCD	2	100	17
Edf. Común	Baja	Secretaría	Ordenador+LCD	2	100	17
Edf. Común	Baja	Secretaría	Fotocopiadora	1	1.500	12
Edf. Común	Baja	Aulas	Ordenador portátil	54	40	8
Edf. Nuevo	Baja	Cocina	Lavavajillas industrial	1	4.900	0
Edf. Nuevo	Baja	Cocina	Armario refrigeración y congelación	1	476	0
Edf. Nuevo	Baja	Cocina	Mesa caliente	1	3.400	0
Edf. Nuevo	Baja	Cocina	Pelador patatas	1	5.500	0
Edf. Nuevo	Baja	Cocina	Plancha industrial	1	4.000	0
Edf. Nuevo	Baja	Cocina	Exprimidores de cítricos	1	30	0
Edf. Nuevo	Baja	Cocina	Cortafiambre	1	100	0
Edf. Nuevo	Baja	Cocina	Extractor de humos	1	200	0
Edf. Nuevo	Baja	Cocina	Microondas	1	2.000	0
Edf. Nuevo	Baja	Pasillo	Ascensor eléctrico	1	4.000	0
Edf. Común	Baja	Pasillo	Ascensor eléctrico	1	4.000	0
Edf. Nuevo	Baja	Cocina	Cocina a gas	1	8.000	0

13.5 ILUMINACIÓN

En este anexo puede verse qué luminarias se propone cambiar. [las que se incluye una descripción en la columna: propuesta potencia].

Tabla 58. 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
Exteriores	Baja	Exterior	Proyector	Halogenuro metálico	2	1	150	Balasto electromagnético	Proyector LED 8000 lm	-
Exteriores	Baja	Exterior	Vial	Vapor mercurio	4	1	250	Balasto electromagnético	Vial LED 6375 lm	-
Edf. Común	Baja	Dirección	Pantalla estancia	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Baja	Jefe de estudios	Pantalla estancia	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Baja	Administración	Pantalla estancia	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Baja	Secretaría	Pantalla estancia	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Baja	Pasillo	Pantalla estancia	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Edf. Común	Baja	Zona común escalera	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Baja	Aseo alumnos	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Común	Baja	Aseo alumnas	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Común	Baja	Aseo profesores	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Común	Baja	Aseos profesoras	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Común	Baja	Sala profesores	Pantalla estanca	Fluorescente T8	4	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. Común	Baja	Cuarto ascensor	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Nuevo	Baja	Cuarto caldera	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Nuevo	Baja	Cuarto ascensor	Pantalla estanca	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Nuevo	Baja	Cocina	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Nuevo	Baja	Comedor	Pantalla estanca	Fluorescente T8	11	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Baja	Aula 1	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Baja	Aula 2	Pantalla estanca	Fluorescente T8	9	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. Común	Baja	Aula 3	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Baja	Aula 4	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Baja	Aula 5	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Baja	Aula 6	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Baja	Aula 7	Pantalla estanca	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Aulario exterior	Baja	Aula 13	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Aulario exterior	Baja	Aula 14	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Aulario exterior	Baja	Aula 15	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
Aulario exterior	Baja	Aula 16	Pantalla estanca	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Primera	Rack	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Primera	Pasillo	Pantalla estanca	Fluorescente T8	7	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
Edf. Común	Primera	Aseo alumnos	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Común	Primera	Aseo alumnas	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Común	Primera	Aseo profesores	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	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. Común	Primera	Aseos profesoras	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Común	Primera	Zona común escalera	Pantalla estanca	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Primera	Biblioteca	Pantalla estanca	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Primera	Aula 8	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Primera	Aula 9	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Primera	Aula 10	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Primera	Aula 11	Pantalla estanca	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Común	Primera	Aula 12	Pantalla estanca	Fluorescente T8	9	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. Nuevo	Primera	Gimnasio	Pantalla estanca	Fluorescente T8	15	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Nuevo	Primera	Almacén gimnasio	Pantalla estanca	Fluorescente T8	2	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
Edf. Nuevo	Primera	Vestuario alumnas	Pantalla estanca	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Nuevo	Primera	Aseo alumnas	Pantalla estanca	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Nuevo	Primera	Vestuario alumnos	Pantalla estanca	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Edf. Nuevo	Primera	Aseo alumnos	Pantalla estanca	Fluorescente T8	7	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. Nuevo	Primera	Pasillo vestuarios	Pantalla estancia	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
Edf. Nuevo	Primera	Zona común escalera	Pantalla estancia	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-

13.6 ENVOLVENTE

Tabla 59. Medidas de ahorro energético en la envolvente

Sistema	Ahorro energético estimado ²⁹	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

²⁹ Respecto a la energía consumida en calefacción y/o refrigeración.

Sistema	Ahorro energético estimado ²⁹	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 • No protege contra las agresiones externas • No se modifica el aspecto estético de la fachada

Sistema	Ahorro energético estimado ²⁹	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
Instalación de parasoles con lamas orientables verticales u horizontales	8-13 %	<ul style="list-style-type: none"> • Contribuye a disminuir las ganancias térmicas por radiación solar, economizando, en consecuencia, los costes de explotación del sistema de aire acondicionado, a la vez que reduce los problemas de deslumbramiento y maximiza la entrada de luz natural. • Mayor confort 	<ul style="list-style-type: none"> • Coste medio
Aislamiento de cajas de persiana	20-30 %	<ul style="list-style-type: none"> • Rápida instalación • Productos de larga duración • Económico 	<ul style="list-style-type: none"> • Si se va a cambiar la carpintería, estudiar la opción de instalar carpinterías con persianas integradas

13.7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SOLAR FOTOVOLTAICA

Tabla 60. 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 según la Directiva 2006/95/CE³⁰. • 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

³⁰ 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.