

# AUDITORÍA ENERGÉTICA

## CEIP SAN VICENTE MÁRTIR

### 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 .....	8
2	DATOS BÁSICOS DEL EDIFICIO .....	11
3	MOTIVACIÓN Y OBJETO.....	13
4	METODOLOGÍA.....	14
4.1	DESARROLLO DEL TRABAJO .....	14
4.2	CRITERIOS AMBIENTALES: NIVEL DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> POR CONSUMO DE ENERGÍA.....	14
4.3	CRITERIOS ECONÓMICOS: CICLO DE VIDA DE LAS MEDIDAS CON INVERSIÓN ...	15
5	CONSUMOS ENERGÉTICOS .....	17
5.1	SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD .....	17
6	DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES.....	19
6.1	CALEFACCIÓN .....	19
6.2	REFRIGERACIÓN.....	19
6.3	ILUMINACIÓN .....	20
6.4	EQUIPOS .....	21
6.5	ENVOLVENTE.....	23
7	BALANCE ENERGÉTICO.....	26
7.1	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO .....	26
7.2	BALANCE ENERGÉTICO POR USOS.....	27
8	LÍNEA BASE.....	28
8.1	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA LÍNEA BASE .....	28
8.1.1	SELECCIÓN DEL PERÍODO DE REFERENCIA .....	28
8.1.2	IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO .....	28
8.1.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS MEDIANTE MODELOS DE REGRESIÓN	
	29	
8.1.4	SELECCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO MÁS REPRESENTATIVO.....	30
8.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	30
8.3	LÍNEA DE BASE ESTABLECIDA.....	34
9	MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS .....	36
9.1	DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS .....	37
9.1.1	ILUMINACIÓN .....	37
9.1.1.1	Sustitución de lámparas convencionales por LED .....	37
9.1.1.2	Instalación de detectores de presencia y sensores de luz natural.....	39

9.1.2 EQUIPOS .....	40
9.1.2.1 Instalación de sobre-enchufes (Plugwise).....	40
9.1.3 ENERGÍAS RENOVABLES .....	42
9.1.3.1 Solar fotovoltaica .....	42
9.1.4 FACTURACIÓN ELÉCTRICA .....	50
9.1.4.1 Optimización de la potencia contratada .....	50
9.2 DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO NO RECOMENDADAS .....	51
9.2.1 CLIMATIZACIÓN .....	51
9.2.1.1 Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento .....	51
9.2.1.2 Sustitución de calefactores por bombas de calor .....	52
9.2.2 ILUMINACIÓN .....	53
9.2.3 EQUIPOS .....	54
9.2.3.1 Instalación de regletas eliminadoras de stand-by.....	54
10 MEDIDAS DE GESTIÓN Y CONTROL ENERGÉTICO .....	56
10.1.1 TELEGESTIÓN DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA.....	56
11 BUENAS PRÁCTICAS Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN .....	57
11.1 REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LAS ESTANCIAS.....	57
11.2 CONFIGURACIÓN CORRECTA DEL PROGRAMA ENERGY STAR .....	58
11.3 LIMPIAR LA PARTE TRASERA DE FRIGORÍFICOS Y CONGELADORES .....	59
11.4 DESCONGELAR SI SE FORMA ESCARCHA EN LOS FRIGORÍFICOS.....	60
12 CONCLUSIONES.....	61
12.1 MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS .....	61
12.2 MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS .....	64
12.3 FLUJO DE CAJA .....	66
12.4 REDUCCIÓN DE EMISIONES .....	68
12.5 PLAN DE ACTUACIÓN .....	69
13 ANEXOS .....	70
13.1 CALEFACCIÓN .....	70
13.2 REFRIGERACIÓN .....	72
13.3 EQUIPOS .....	73
13.4 ILUMINACIÓN .....	77
13.5 ENVOLVENTE .....	85
13.6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SOLAR FOTOVOLTAICA .....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en CEIP San Vicente Mártir	10
Tabla 2. Datos básicos de la instalación .....	12
Tabla 3. Indicadores calculados para el edificio .....	12
Tabla 4. Emisiones unitarias por kWh.....	15
Tabla 5. Consumos energéticos.....	17
Tabla 6. Características del suministro eléctrico .....	17
Tabla 7. Datos mensuales de consumo Electricidad .....	17
Tabla 8. Distribución del consumo y del número de lámparas.....	20
Tabla 9. Distribución de consumos .....	21
Tabla 10. Herramientas para el cálculo del balance energético .....	27
Tabla 11. Distribución global del consumo energético .....	27
Tabla 12. Valores de aceptación del modelo matemático.....	30
Tabla 13. Consumo eléctrico y variables significativas para la línea base.....	31
Tabla 14. Análisis comparativo de los resultados de los modelos matemáticos para línea base	34
Tabla 15. Línea base de electricidad CEIP San Vicente Mártir .....	34
Tabla 16. Listado de medidas estudiadas .....	36
Tabla 17. Sustitución de fluorescentes por LED.....	38
Tabla 18. Instalación de detectores de presencia .....	40
Tabla 19. Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise.....	42
Tabla 20. Latitud y longitud .....	44
Tabla 21. Potencial solar mensual .....	44
Tabla 22. Presupuesto instalación solar fotovoltaica .....	48
Tabla 23. Resultados de la Instalación de solar fotovoltaica .....	49
Tabla 24. Optimización de la potencia contratada.....	50
Tabla 25. Resultados de la optimización de la potencia contratada .....	50
Tabla 26. Sustitución bombas de calor actuales por bombas de calor eficientes .....	51
Tabla 27. Sustitución de calefactores por bombas de calor .....	52
Tabla 28. Sustitución de proyectores por LED .....	53
Tabla 29. Instalación de regletas eliminadoras del stand-by .....	55
Tabla 30. Tabla resumen de medidas de ahorro estudiadas .....	62
Tabla 31. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas .....	63
Tabla 32. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el CEIP San Vicente Mártir	64
Tabla 33. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro en el CEIP San Vicente Mártir	65
Tabla 34. Consumo y coste energético antes y después de la implantación de las medidas	66
Tabla 35. Flujo de caja.....	66
Tabla 36. Emisiones contaminantes actualmente y tras la implantación de las medidas....	68
Tabla 37. Medidas con PRS bajo .....	69
Tabla 38. Medidas con PRS medio .....	69
Tabla 39. Inventario equipos individualizados calefacción .....	70
Tabla 40. Inventario equipos individualizados refrigeración .....	72
Tabla 41. Inventario equipos .....	73
Tabla 42. Inventario y propuestas iluminación .....	77
Tabla 43. Medidas de ahorro energético en la envolvente .....	85
Tabla 44. Características técnicas exigibles a los módulos de instalación fotovoltaica .....	88

**ÍNDICE DE GRÁFICAS**

Gráfica 1. Balance energético por usos .....	8
Gráfica 2. Evolución mensual del consumo de Electricidad .....	18
Gráfica 3. Distribución iluminación existente .....	20
Gráfica 4. Distribución del consumo de los equipos .....	22
Gráfica 5. Balance energético por usos .....	27
Gráfica 6. Evolución del consumo eléctrico (2016-2018).....	32
Gráfica 7. Regresiones lineales para establecer la línea base de electricidad .....	33
Gráfica 8. Ajuste de la línea base y el consumo real.....	35
Gráfica 9. Escenarios de generación FV y aprovechamiento.....	45
Gráfica 10. Generación mensual de energía.....	46
Gráfica 11. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas.....	63
Gráfica 12. Flujo de caja .....	67
Gráfica 13. Ahorro de emisiones de CO <sub>2</sub> .....	68

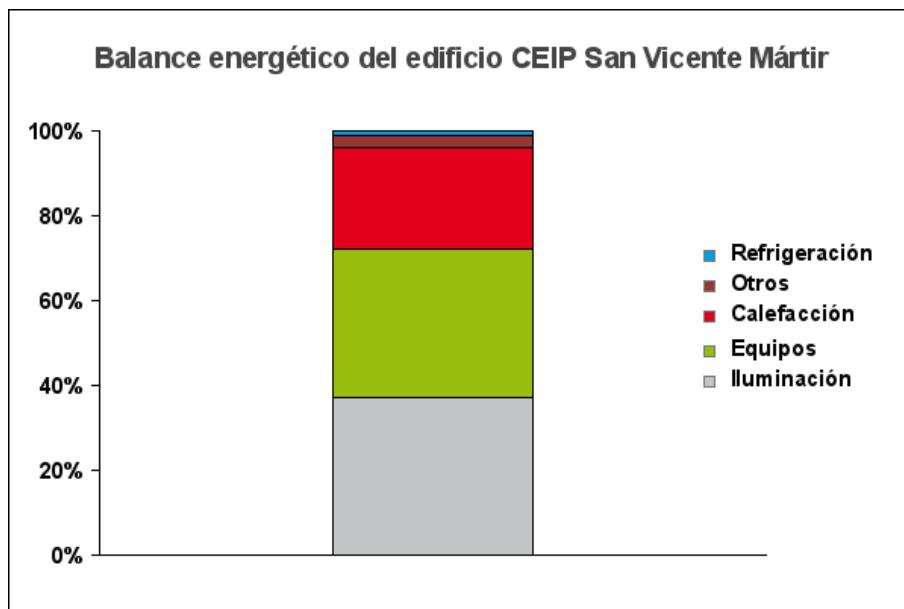
## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1. Plano de situación de las instalaciones .....	11
Ilustración 2. Fachada principal del edificio .....	12
Ilustración 3. Radiador eléctrico .....	19
Ilustración 4. Unidad exterior de climatización .....	19
Ilustración 5. Pantalla estanca .....	21
Ilustración 6. Fotocopiadora.....	22
Ilustración 7. Carpintería de las instalaciones .....	23
Ilustración 8. Función simplificada o de una única variable.....	29
Ilustración 9. Función multivariable.....	29
Ilustración 10. Detector de presencia.....	39
Ilustración 11. Sistema de eliminación del modo stand-by de equipos ofimáticos .....	41
Ilustración 12. Imagen de una célula fotoeléctrica y de un panel fotovoltaico .....	43
Ilustración 13. Imagen de una instalación fotovoltaica estática .....	43
Ilustración 14. Zona optima para la ubicación de las placas fotovoltaicas .....	47
Ilustración 15. Regleta con un maestro, cuatro esclavos y dos tomas convencionales .....	54
Ilustración 16. Ejemplo de un Sistema de Control Centralizado para climatización .....	56
Ilustración 17. Logotipo del programa ENERGY STAR de ahorro energético en pcs .....	58
Ilustración 18. Parte trasera de un frigorífico.....	59

## 1 RESUMEN EJECUTIVO

Ingeses, a petición de la Diputación de Huelva, ha llevado a cabo una auditoría energética en detalle a las instalaciones de “CEIP San Vicente Mártir” ubicado en Calle Seto, 0, 21640 Zalamea la Real, Huelva.

Tras la visita y el estudio de los datos recopilados se ha determinado que el consumo energético total asciende a 70.518 kWh y se distribuye de la siguiente forma:



Gráfica 1. Balance energético por usos

El CEIP San Vicente Mártir es un centro educativo donde se imparten clases de infantil y primaria. Cuenta con dos edificios, el principal de dos plantas para primaria y uno anexo de una sola planta para infantil. Además cuenta con patios de recreo, canchas deportivas y zonas ajardinadas.

Las zonas están distribuidas de la siguiente forma:

<u>Edificio Principal</u>	<u>Edificio Anexo</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biblioteca</li> <li>- Cocina</li> <li>- Comedor</li> <li>- Gimasio</li> <li>- Aulas</li> <li>- Despachos</li> <li>- Aseos</li> </ul> </li> <li>● Planta primera: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aulas</li> <li>- Aseos</li> <li>- Despachos</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aulas</li> <li>- Aseos</li> </ul> </li> </ul>

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 **35.739 kWh** (un 50,68% del consumo energético total) lo cual supone un ahorro económico de **5.431 €** con una inversión total de **23.254 €**.

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 CEIP San Vicente Mártir**

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	TIR	Vida útil
		kWh / año	% Total	€ / año	€	años	kg CO <sub>2</sub> / año	€	%	años
M1	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.982	9,90	906	2.108	2,3	1.801	6.267	42,6	10
M2	Instalación de detectores de presencia	1.988	2,82	268	1.050	3,9	513	1.436	23,0	10
M3	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	14.721	20,88	2.018	8.396	4,2	3.798	18.949	23,9	15
M4	Instalación solar fotovoltaica	13.388	18,98	1.807	9.956	5,32	3.454	28.916	18,8	25
M5	Optimización de factura eléctrica	-	-	636	1.744	2,7	-	4.140	35,5	-
<b>TOTAL</b>		<b>35.739<sup>1</sup></b>	<b>50,68</b>	<b>5.431</b>	<b>23.254</b>	<b>4,28</b>	<b>9.220</b>	<b>29.036</b>	<b>21</b>	<b>-</b>

<sup>1</sup> El ahorro total no es igual a la suma del ahorro de cada medida, debido a que existen efectos cruzados entre ellas

## 2 DATOS BÁSICOS DEL EDIFICIO

El CEIP San Vicente Mártir es un centro educativo donde se imparten clases de infantil y primaria. Cuenta con dos edificios, el principal de dos plantas para primaria y uno anexo de una sola planta para infantil. Además cuenta con patios de recreo, canchas deportivas y zonas ajardinadas.

Las zonas están distribuidas de la siguiente forma:

<u>Edificio Principal</u>	<u>Edificio Anexo</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biblioteca</li> <li>- Cocina</li> <li>- Comedor</li> <li>- Gimasio</li> <li>- Aulas</li> <li>- Despachos</li> <li>- Aseos</li> </ul> </li> <li>● Planta primera: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aulas</li> <li>- Aseos</li> <li>- Despachos</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Planta baja: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aulas</li> <li>- Aseos</li> </ul> </li> </ul>

El colegio se encuentra ubicado en la Calle Seto, 0, 21640 Zalamea la Real, Huelva, y cuenta con una superficie total construida de 4.961 m<sup>2</sup>.



**Ilustración 1. Plano de situación de las instalaciones**



**Ilustración 2. Fachada principal del edificio**

El horario lectivo de los alumnos es de 9:00 a 14:00 h, mientras que el horario de comedor es de 14:00 h a 15:00 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**

<b>Dirección del edificio</b>	Calle Seto, 0, 21640 Zalamea la Real, Huelva
<b>Zona climática</b>	C3
<b>Nº de plantas</b>	2
<b>Superficie construida (m<sup>2</sup>)</b>	4.961
<b>Número de usuarios</b>	185
<b>Tipología edificatoria</b>	Escuela sin ducha
<b>Consumo energético anual (kWh)</b>	70.518

**Tabla 3. Indicadores calculados para el edificio**

<b>Indicador</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>
Consumo de energía de la instalación por superficie del edificio	[kWh / m <sup>2</sup> ]	14,21
Emisiones CO <sub>2</sub> por superficie del edificio	[kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> ]	3,67

### 3 MOTIVACIÓN Y OBJETO

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

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

La Diputación de Huelva concienciada con el ahorro y la eficiencia energética, solicita la realización de una auditoría energética en las instalaciones situadas en la Calle Seto, 0, 21640 Zalamea la Real, 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 CO<sub>2</sub> 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 ( $\text{CO}_2$ ), el monóxido de carbono (CO), el metano ( $\text{CH}_4$ ), 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	<sup>2</sup> Emisión de $\text{CO}_2$
Electricidad	kg $\text{CO}_2$ / kWh	0,26

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

En cada una de las medidas de inversión, además de proporcionar parámetros económicos tales como el ahorro económico, energético, y las emisiones de  $\text{CO}_2$ , 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.

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 (€).

<sup>2</sup> Información obtenida de Red Eléctrica Española para el mix eléctrico peninsular de 2017

- 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 CO<sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> anuales (kg)
Electricidad	70.518	9.150	18.194

### 5.1 SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD

El CEIP San Vicente Mártir cuenta con un único suministro eléctrico identificado inequívocamente con el CUPS ES0031102223221001NA0F. Dicho suministro tiene una tarifa 3.0A y una potencia contratada de 36kW en cada uno de los tres periodos. A parte del contador de la compañía distribuidora, en el edificio no existe ningún otro instalado.

**Tabla 6. Características del suministro eléctrico**

CUPS	Potencia actual		
	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)
ES0031102223221001NA0F	36	36	36

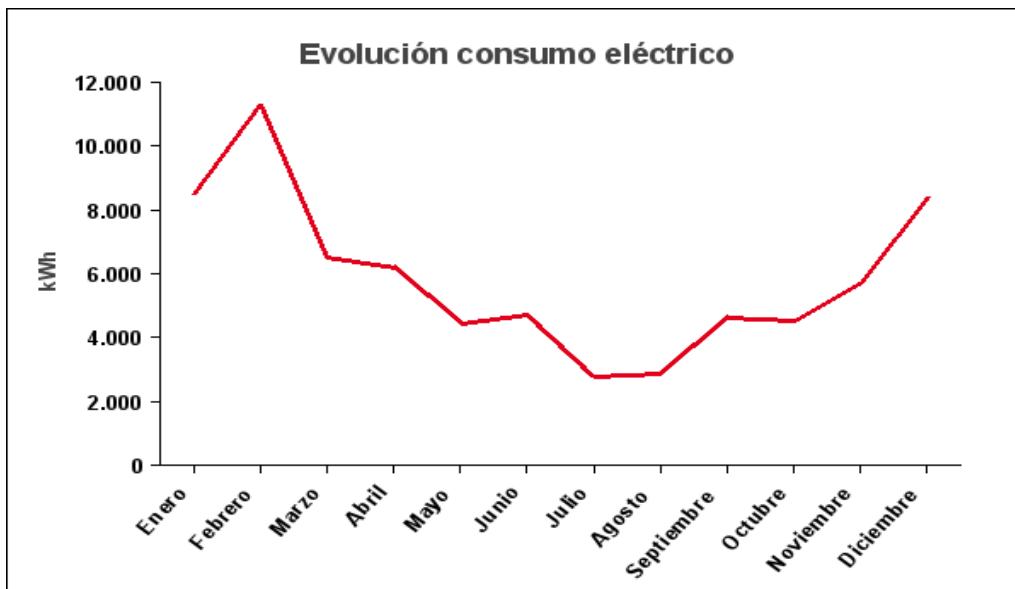
Se han facilitado las facturas eléctricas del último año disponibles, desde enero 2017 hasta diciembre 2017. A continuación se muestra una tabla con el consumo eléctrico mensual de las instalaciones "CEIP San Vicente Mártir".

**Tabla 7. Datos mensuales de consumo Electricidad**

Mes	Consumo eléctrico (kWh)	Coste (€)
Enero 2017	8.490	1.086
Febrero 2017	11.310	1.454
Marzo 2017	6.500	836
Abril 2017	6.196	838
Mayo 2017	4.449	604
Junio 2017	4.710	625
Julio 2017	2.770	344

Mes	Consumo eléctrico (kWh)	Coste (€)
Agosto 2017	2.859	355
Septiembre 2017	4.620	601
Octubre 2017	4.502	601
Noviembre 2017	5.731	734
Diciembre 2017	8.381	1.073
<b>Total</b>	<b>70.518</b>	<b>9.150<sup>3</sup></b>

El coste promedio de la energía es de 0,13 €/kWh. A continuación se muestra un gráfico con la evolución del consumo eléctrico mensual del edificio “CEIP San Vicente Mártir”.



<sup>4</sup>Gráfica 2. Evolución mensual del consumo de Electricidad

El gráfico anterior muestra un mayor consumo en los meses lectivos del centro. Se observa una disminución de consumo en los meses de vacaciones, en julio y agosto por vacaciones de verano. En los meses de invierno se ve un aumento del consumo, debido a la utilización de los calefactores eléctricos y a un mayor uso del sistema de iluminación ya que hay menos horas de sol en estos meses.

Se puede observar que incluso en los meses de verano el consumo se mantiene por encima de los 2.000 kWh, debido a la iluminación exterior o equipos de conservación de comida.

<sup>3</sup>El coste de la electricidad incluye el coste del término de energía con impuesto eléctrico (IEE).

<sup>4</sup>Los meses de consumo se muestran en año natural

## 6 DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES

### 6.1 CALEFACCIÓN

Durante la visita a las instalaciones, se observó que la demanda de calefacción no se cubre mediante ningún equipo centralizado, sino que se hace mediante equipos independientes, distribuidos por las diferentes estancias del edificio. En concreto, la calefacción se realiza mediante radiadores eléctricos distribuidos por las diferentes estancias. Además existe un equipo autónomo con bomba de calor.



**Ilustración 3. Radiador eléctrico**

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

### 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.



**Ilustración 4. Unidad exterior de climatización**

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

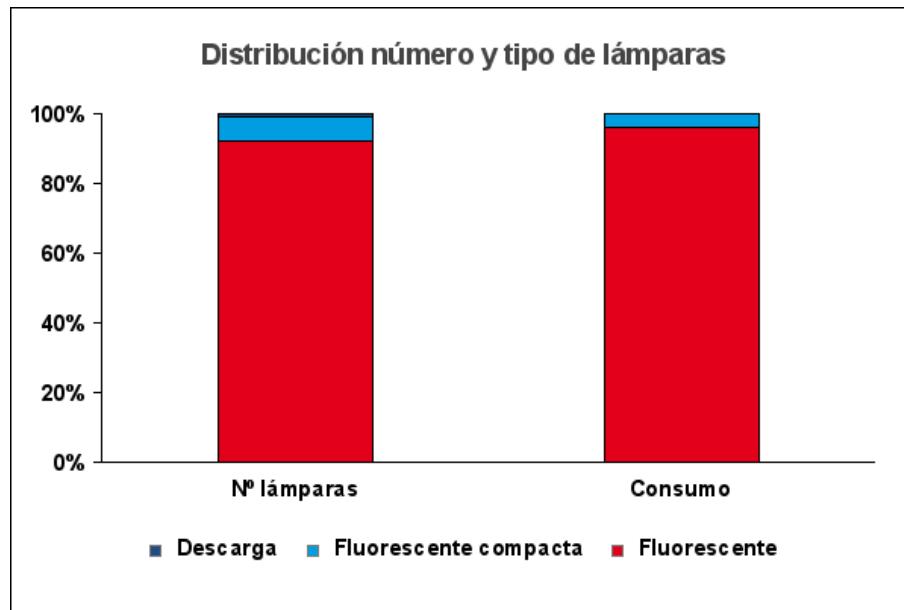
### 6.3 ILUMINACIÓN

La potencia total instalada en el edificio es de 22,02 kW. A continuación se adjunta una tabla que determina la representatividad de las lámparas y su consumo en el edificio:

**Tabla 8. Distribución del consumo y del número de lámparas**

Tecnología	Lámparas		Consumo	
	Unidades	%	kWh	%
Fluorescente compacta	37	6,88	1.124	4,09
Fluorescente	498	92,57	26.296	95,80
Descarga	3	0,56	30	0,11
<b>Total</b>	<b>538</b>	<b>100%</b>	<b>27.449</b>	<b>100%</b>

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 5. Pantalla estanca**

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

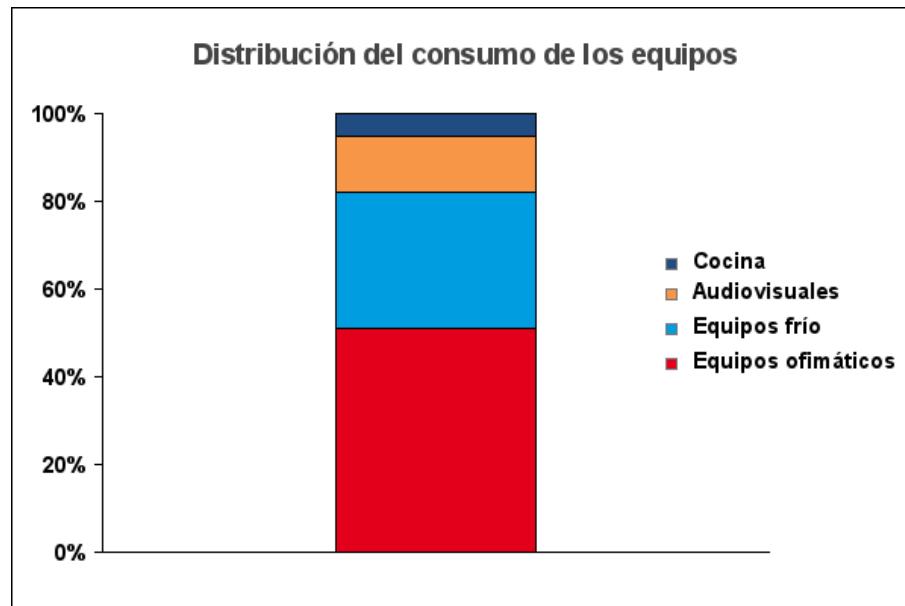
## 6.4 EQUIPOS

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

**Tabla 9. Distribución de consumos**

Servicio energético	Consumo (kWh)	%
Cocina	1.228	5,02
Equipos frío <sup>5</sup>	7.582	30,96
Audiovisuales	3.157	12,89
Equipos ofimáticos	12.520	51,13
<b>Total</b>	<b>24.486</b>	<b>100</b>

<sup>5</sup> Dentro de este grupo se engloban aquellos equipos relacionados con la generación y conservación del frío.



**Gráfica 4. Distribución del consumo de los equipos**



**Ilustración 6. Fotocopiadora**

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

## 6.5 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 existe una etapa edificatoria, por lo tanto se distingue principalmente un sistema constructivo para las diferentes edificaciones existentes. El sistema constructivo existente consiste principalmente en:

- Edificio principal, edificio infantil y vestuarios, datados en 1970 (según catastro):
- Muros exteriores compuestos por fábrica de ladrillo macizo + cámara de aire sin ventilar + fábrica de ladrillo hueco. Guarneidos y enlucidos interiormente con yeso. Exteriormente la fábrica de ladrillo se encuentra enfoscada con mortero de cemento y acabados con pinturas plásticas decorativas, aunque en algunas zonas se han chapado con piedra natural. Algunos cerramientos se han dejado sin enfoscar, dejando la fábrica de ladrillo a cara vista.
- 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, sujetada a los tableros mediante mortero de agarre.

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



**Ilustración 7. Carpintería de las instalaciones**

Las carpinterías cuentan con lamas horizontales como protección solar.

La fachada principal está orientada hacia el este, 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. En el gimnasio, la estructura de la cubierta, está compuesta por vigas y cerchas metálicas.

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, en los edificios que carezcan de ellos, 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.

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.

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 10. Herramientas para el cálculo del balance energético**

Áreas de consumo	Información de potencia	Información de tiempo
Illuminación	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
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	

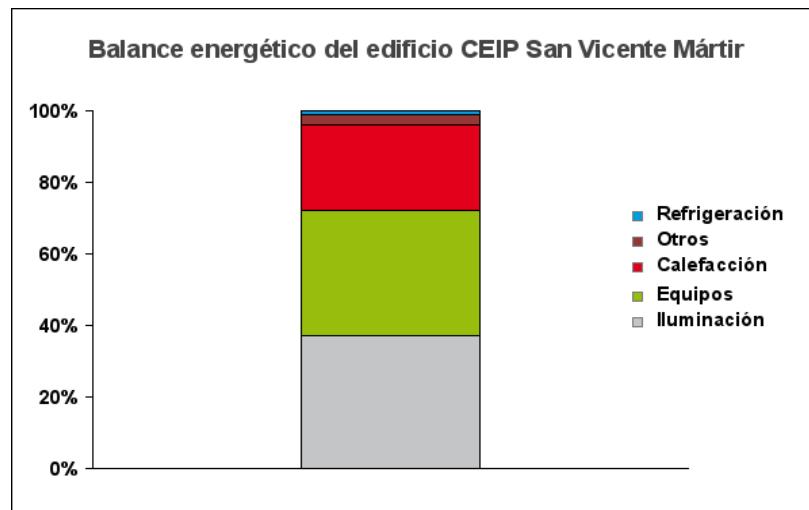
## 7.2 BALANCE ENERGÉTICO POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo energético anual.

**Tabla 11. Distribución global del consumo energético**

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Illuminación	27.449	38,92
Calefacción	17.208	24,40
Refrigeración	896	1,27
Equipos	24.486	34,72
Otros	479	0,68
<b>Total</b>	<b>70.518</b>	<b>100%</b>

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



**Gráfica 5. Balance energético por usos**

## 8 LÍNEA 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 periodo 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-día<sup>6</sup> 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.

<sup>6</sup> 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.

### 8.1.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS MEDIANTE MODELOS DE REGRESIÓN

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

Función simplificada o de una única variable

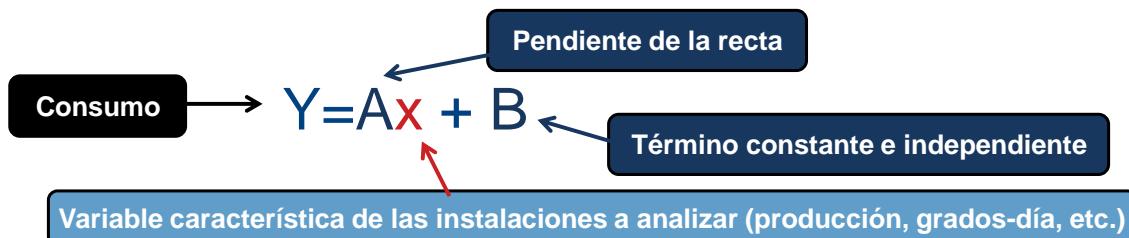


Ilustración 8. Función simplificada o de una única variable

Función multivariable



Ilustración 9. 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 12. 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 13. Consumo eléctrico y variables significativas para la línea base**

Mes	Consumo	GDR <sup>7</sup>	GDC <sup>8</sup>	Mes laborable	Días laborables	GDT <sup>9</sup>
Agosto 2016	2.416	331	0	0	23	331
Septiembre 2016	3.709	253	0	0,5	22	253
Octubre 2016	4.692	113	4	1	21	116
Noviembre 2016	6.493	29	59	1	20	88
Diciembre 2016	10.214	1	116	1	19	117
Enero 2017	8.490	0	189	1	14	190
Febrero 2017	11.310	2	92	1	20	93
Marzo 2017	6.500	21	63	1	18	84
Abril 2017	6.196	76	40	1	19	116
Mayo 2017	4.449	107	8	1	21	115
Junio 2017	4.710	284	0	0,5	21	284
Julio 2017	2.770	271	0	0	23	271
Agosto 2017	2.859	349	0	0	22	349
Septiembre 2017	4.620	208	1	0,5	22	209
Octubre 2017	4.502	163	1	1	19	163
Noviembre 2017	5.731	43	63	1	22	107
Diciembre 2017	8.381	1	133	1	17	134
Enero 2018	8.482	3	110	1	13	113
Febrero 2018	13.395	2	162	1	22	164
Marzo 2018	11.661	1	83	1	18	84
Abril 2018	8.249	26	55	1	16	81
Mayo 2018	4.987	64	22	1	22	86
Junio 2018	4.982	151	2	0,5	22	153
Julio 2018	1.721	193	0	0	21	193
Agosto 2018	1.803	353	0	0	24	353

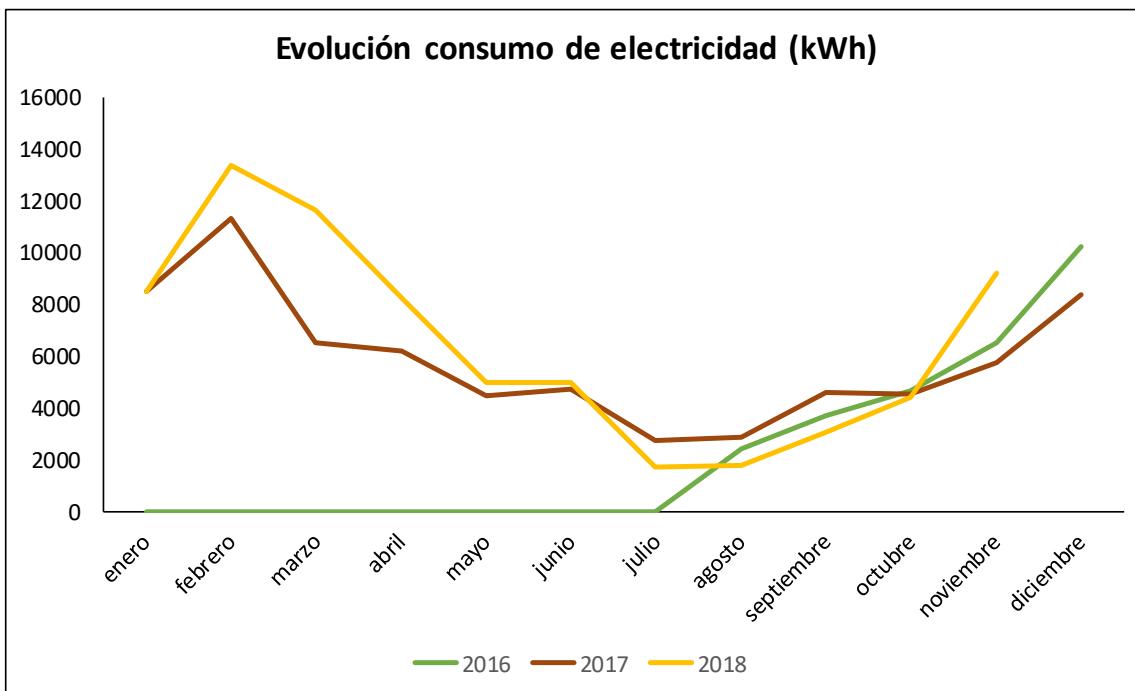
<sup>7</sup> Grados día de refrigeración, dependientes del calor en verano, obtenidos de la estación meteorológica de San Pablo (Sevilla).

<sup>8</sup> Grados día de calefacción, dependientes del frío en invierno, obtenidos de la estación meteorológica de San Pablo (Sevilla).

<sup>9</sup> Grados día totales, suma de los GDC y GDR.

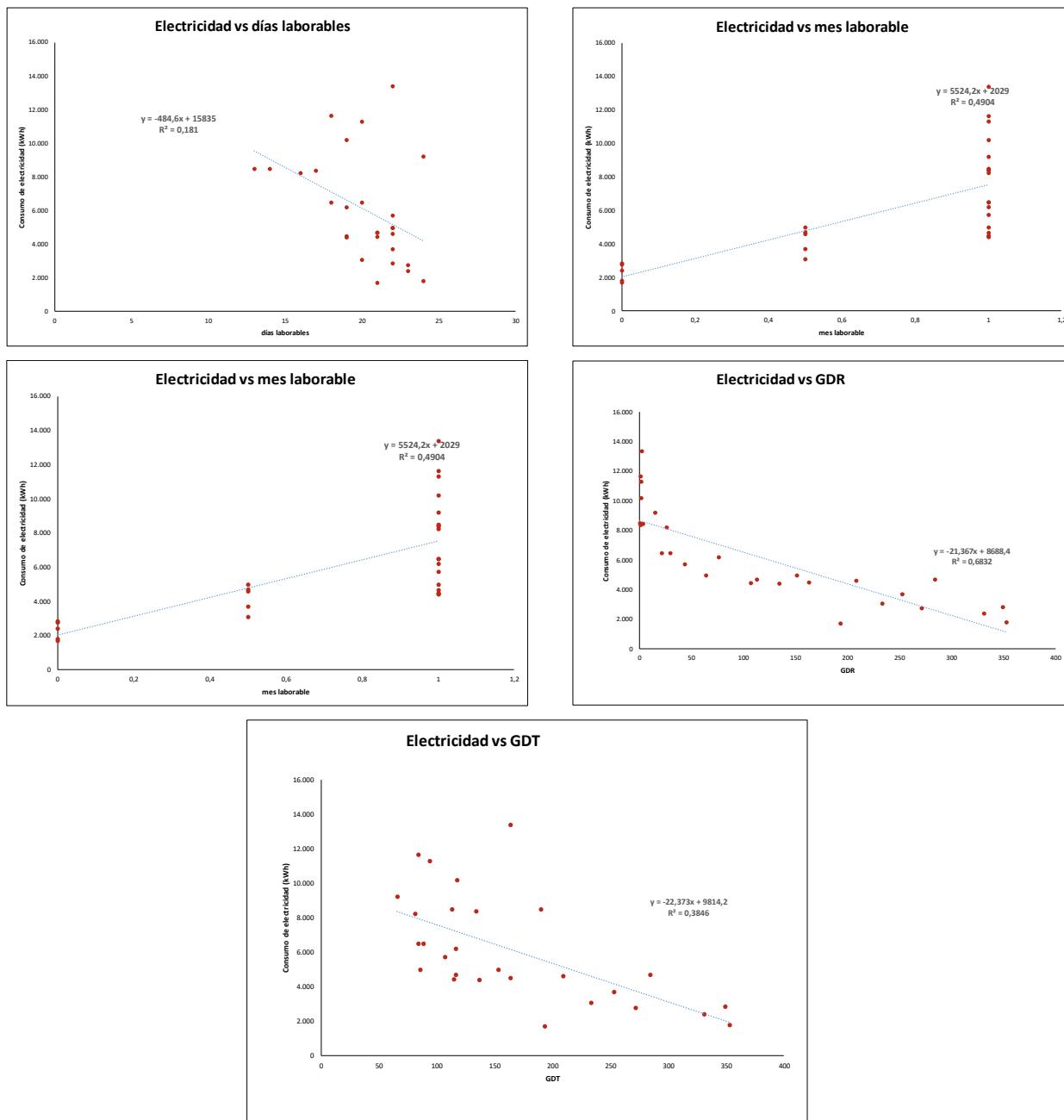
Mes	Consumo	GDR <sup>7</sup>	GDC <sup>8</sup>	Mes laborable	Días laborables	GDT <sup>9</sup>
septiembre 2018	3.086	233	0	0,5	20	233
octubre 2018	4.421	134	3	1	19	137
noviembre 2018	9.228	15	51	1	24	66

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

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



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

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

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

**Tabla 14. 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	-	0,4904	-	-
Electricidad vs días laborables	-	0,181	-	-
Electricidad vs GDC	-	0,6915	-	-
Electricidad vs GDR	-	0,6832	-	-
Electricidad vs GDT	-	0,3846	-	-
Electricidad vs mes laborable y GDC	0,88821	0,77203	3,5E-9	18,8
Electricidad vs mes laborable y GDR	0,8291	0,6624	4,8E-9	28,2

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 San Vicente Mártir 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.

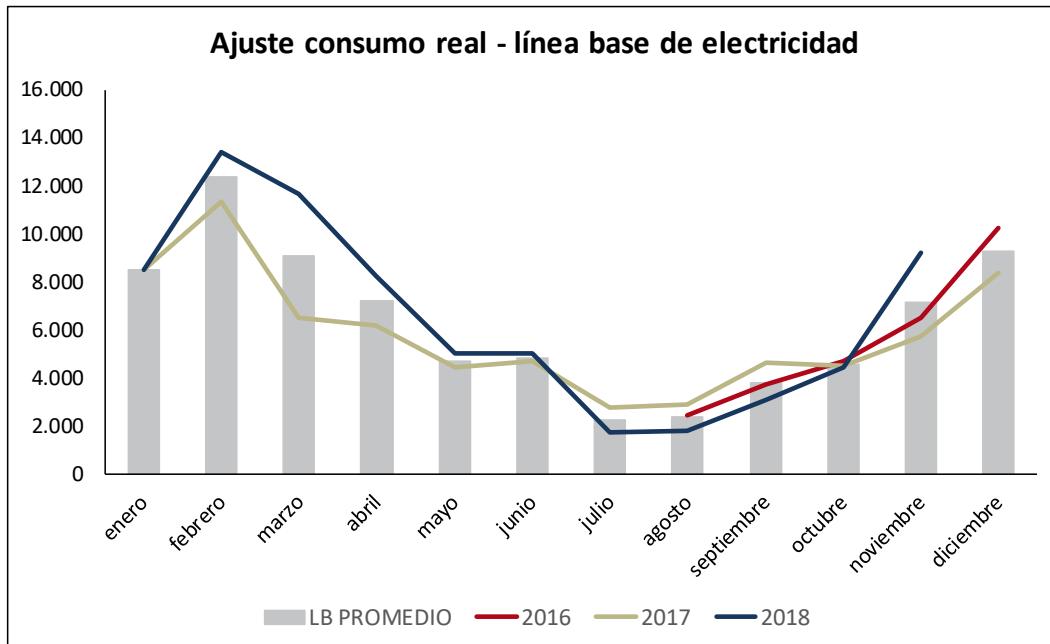
A continuación se muestra una tabla con la línea base de electricidad para el edificio "CEIP San Vicente Mártir":

**Tabla 15. Línea base de electricidad CEIP San Vicente Mártir**

Mes	Consumo eléctrico esperado (kWh)
Enero	8.486
Febrero	12.353
Marzo	9.081
Abril	7.223
Mayo	4.718

Mes	Consumo eléctrico esperado (kWh)
Junio	4.846
Julio	2.246
Agosto	2.359
Septiembre	3.805
Octubre	4.538
Noviembre	7.151
Diciembre	9.298
<b>Desviación promedio<sup>10</sup> (%)</b>	<b>14,3</b>

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



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

Puede observarse que la línea base establecida no proporciona un ajuste adecuado (desviación promedio > 10%). Esto puede ser debido a la falta de datos, lo que impide obtener una línea de base estimada de forma rigurosa.

<sup>10</sup> Promedio de la diferencia entre el consumo real frente al consumo esperado según la línea base establecida.

## 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 16. Listado de medidas estudiadas**

Descripción de la mejora	Ahorro (kWh / año)
Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.982
Instalación de detectores de presencia	1.988
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	14.721
Instalación solar fotovoltaica	13.388
Optimización de factura eléctrica	0
Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	627
Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	543
Sustitución de calefactores por bombas de calor	13.063
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	20

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 ILUMINACIÓN

#### 9.1.1.1 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 36W y/o T5 de 28W por tubos LED de 20W.

En el anexo 13.4 puede verse qué luminarias se propone cambiar. [las que se incluye una descripción en la columna: propuesta potencia].

**Tabla 17. Sustitución de fluorescentes por LED**

Sustitución de fluorescentes por LED		
Ahorro		
Ahorro energético	Ahorro económico	
kWh / año	%	Eu / año
14.721	20,87	2.018
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
3.914	4.482	8.396
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
4,2	15	18.949
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
3.798		

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

### 9.1.1.2 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 10. Detector de presencia**

Se ha evaluado la instalación de 29 detectores de presencia en el centro. En el anexo 13.4 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 18. Instalación de detectores de presencia**

Instalación de detectores de presencia		
Ahorro		
Ahorro energético	Ahorro económico	
kWh / año	%	Eu / año
1.988	2,82	268
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
536	514	1.050
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
3,9	10	1.686
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
513		

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

## 9.1.2 EQUIPOS

### 9.1.2.1 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 11. Sistema de eliminación del modo stand-by de equipos ofimáticos**

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

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

Se ha evaluado la implantación de un equipo “Pro 50 Type F” que incluye 50 sobreenchufes.

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

**Tabla 19. Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise**

<b>Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise</b>		
<b>Ahorro</b>		
<b>Ahorro energético</b>		<b>Ahorro económico</b>
kWh / año	%	Eu / año
6.982	9,90	906
<b>Inversión</b>		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
2.108	0	2.108
<b>Resultados económicos</b>		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
2,3	10	7.121
<b>Resultados ambientales</b>		
<b>Reducción de emisiones contaminantes</b>		
kg CO <sub>2</sub> / año		
1.801		

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

### **9.1.3 ENERGÍAS RENOVABLES**

#### **9.1.3.1 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**

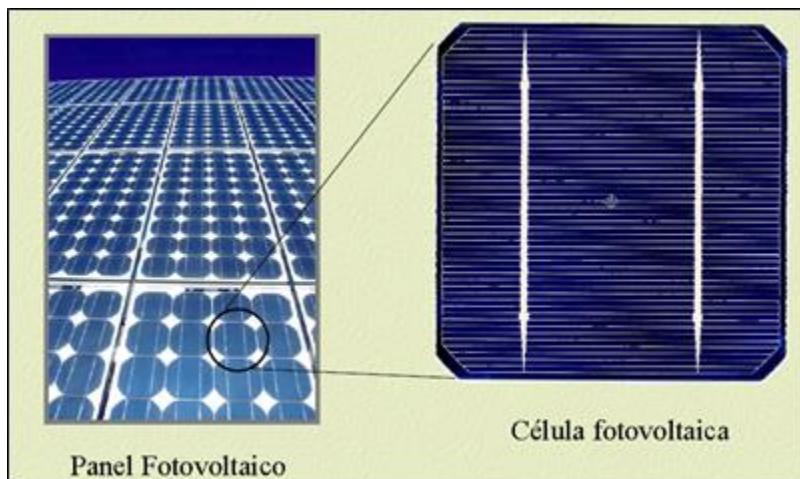
Una instalación solar fotovoltaica permite aprovechar la luz del sol para generar electricidad. El principal elemento de una instalación fotovoltaica es el panel fotovoltaico.

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 12. Imagen de una célula fotoeléctrica y de un panel fotovoltaico**

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 ( $1 \text{ kW/m}^2$ ).

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 13. 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 20. Latitud y longitud**

Colegio	CEIP San Vicente Martir	
Coordenadas	LAT	37.6804
	LON	-6.6627

**Tabla 21. Potencial solar mensual**

Mes	Potencial FV (kWh / día kWp)	Días	Potencial FV (kWh / mes kWp)
Enero	3,28	31	101,68
Febrero	3,98	28	111,44
Marzo	4,7	31	145,7
Abril	4,69	30	140,7
Mayo	5,08	31	157,48
Junio	5,2	30	156
Julio	5,46	31	169,26
Agosto	5,36	31	166,16
Septiembre	4,71	30	141,3
Octubre	4,2	31	130,2
Noviembre	3,59	30	107,7
Diciembre	3,18	31	98,58
<b>Total</b>			<b>1.626</b>

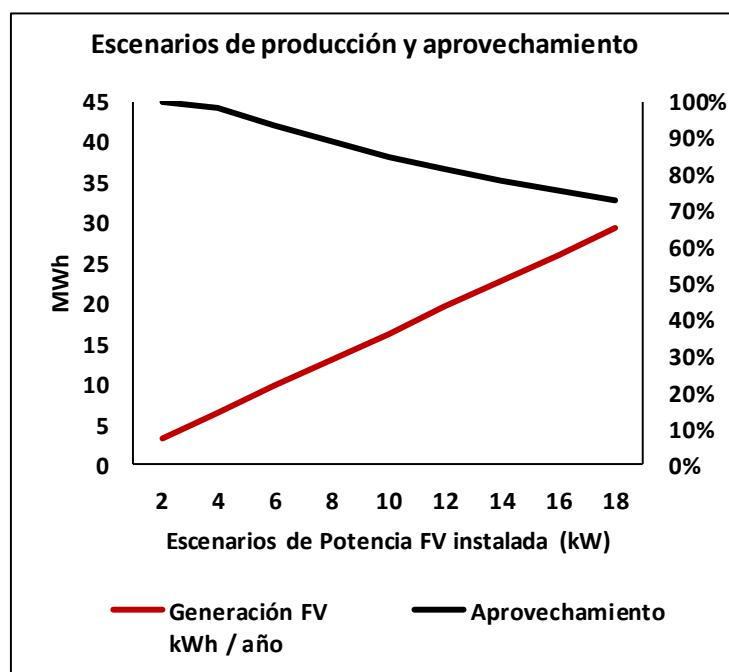
A partir de estos datos se va a encontrar la potencia óptima de la instalación y el rendimiento energético de ésta.

## Dimensionamiento. Tamaño óptimo

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

- La generación será la máxima posible, minimizando la energía desperdiciada<sup>11</sup>, 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:



Gráfica 9. Escenarios de generación FV y aprovechamiento

A partir de esta información, se determina la potencia óptima, que permite un aprovechamiento del 85,8% de la energía generada:

- Potencia pico propuesta = 9,6 kWp

## Resultados

### Instalación propuesta

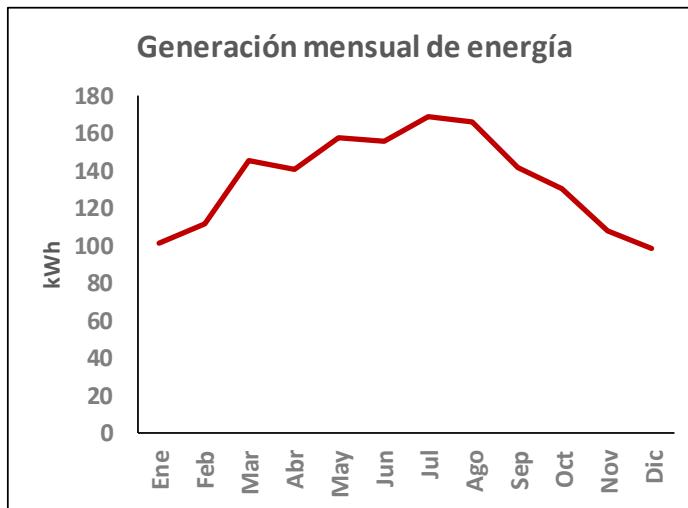
#### Datos de la instalación

- Potencia pico: 9,6 kWp

<sup>11</sup> 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%.

- Número de módulos: 32
- Potencia de los módulos: 300 Wp
- Inclinación de los módulos:  $30^{\circ}$ <sup>12</sup>

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



**Gráfica 10. Generación mensual de energía**

La generación anual de energía es igual a **15.612 kWh**. Se considera un aprovechamiento de un 85,8%, esto es: **13.388 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 9,6 kW se necesita una superficie aproximada de unos 78 m<sup>2</sup>.

Como zona óptima se ha elegido la cubierta inclinada seleccionada en la siguiente ilustración, la cual consta con una superficie aprovechable de unos 120 m<sup>2</sup>.

<sup>12</sup> Inclinación óptima en la zona



**Ilustración 14. 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/m<sup>2</sup>.

Los paneles se instalarán de manera coplanar a la cubierta del edificio, es decir, tendrán la misma inclinación que esta: 12 °.

Para la fijación de los paneles sobre la estructura se utilizará el sistema IMM o similar con las siguientes características en materiales y accesorios:

- Fabricado íntegramente con perfiles de aluminio extruido.
- Tornillería de acero Inox A2.
- Fijación de paneles solares mediante grapas de aluminio extruido.
- Tornillos para los paneles cabeza de martillo. En caso de sustitución de los paneles solares, permite soltar solo el panel afectado, no toda la fila.
- Salva-tejas regulable con cuatro puntos de fijación en hormigón.

### **Configuración de la instalación**

Para la presente instalación se han considerado los siguientes equipos:

- Paneles FV
  - N° paneles: 32
  - 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 22. Presupuesto instalación solar fotovoltaica**

Concepto	Coste (€)	Coste (€ / Wp)
Módulos FV	3.200	0,33
Inversor	1.131	0,12
Equipo gestor	250	0,03
Controlador de vertido	300	0,03
Estructura auxiliar	1.000	0,10
Material eléctrico y protecciones	1.000	0,10
Mano de obra	2.300	0,24
Gestiones y memoria técnica	650	0,07
Seguridad y salud	75	0,01
Gestión de residuos	50	0,01
<b>Total</b>	<b>9.956</b>	<b>1,0371</b>

## 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 0,1297 €/kWh.

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

**Tabla 23. Resultados de la Instalación de solar fotovoltaica**

Instalación de solar fotovoltaica		
Ahorro		
Generación de energía		Ahorro económico
kWh / año <sup>13</sup>	% <sup>14</sup>	Eu / año
13.388	18,98	1.807
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
6.881	3.075 <sup>15</sup>	9.956
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN <sup>16</sup>
años	años	Eu
5,32	25	37.595
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
3.454		

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.

<sup>13</sup> Ahorro eléctrico

<sup>14</sup> Ahorro con respecto al consumo eléctrico

<sup>15</sup> Incluye mano de obra, gestiones, ingeniería, seguridad y salud y gestión de residuos

<sup>16</sup> 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.

## 9.1.4 FACTURACIÓN ELÉCTRICA

### 9.1.4.1 Optimización de la potencia contratada

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

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

**Tabla 24. Optimización de la potencia contratada**

CUPS	Potencia actual		
	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)
ES0031102223221001NA0F	32	72	15

Esta medida conlleva una inversión debida al coste de los derechos de enganche, la cuota de extensión, la cuota de acceso y la renovación del CIE<sup>17</sup> por parte de la distribuidora. A continuación, se muestra una tabla con los resultados de la optimización de la potencia en el centro:

**Tabla 25. Resultados de la optimización de la potencia contratada**

Optimización potencia contratada		
Ahorro		
Ahorro energético	Ahorro económico	
kWh / año	%	Eu / año
0	0	636
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
-	-	1.744
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
2,7	-	4.704
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
0		

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

<sup>17</sup> Certificado de Instalación Eléctrica

## 9.2 DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO NO RECOMENDADAS

### 9.2.1 CLIMATIZACIÓN

#### 9.2.1.1 Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento

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

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

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

**Tabla 26. 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
543	0,77	70
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
1.306	326	1.632
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
23,2	20	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
140		

### 9.2.1.2 Sustitución de calefactores por bombas de calor

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

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

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

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

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

**Tabla 27. Sustitución de calefactores por bombas de calor**

<b>Sustitución de calefactores por bombas de calor</b>		
<b>Ahorro</b>		
<b>Ahorro energético</b>	<b>Ahorro económico</b>	
kWh / año	%	Eu / año
13.063	18,52	1.695
<b>Inversión</b>		
<b>Inmovilizado</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Total</b>
Eu	Eu	Eu
38.795	9.699	48.493
<b>Resultados económicos</b>		
<b>PRS</b>	<b>Vida útil</b>	<b>VAN</b>
años	años	Eu
28,6	20	-
<b>Resultados ambientales</b>		
<b>Reducción de emisiones contaminantes</b>		
kg CO <sub>2</sub> / año		
3.370		

## 9.2.2 ILUMINACIÓN

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 100W por Proyector LED de 40W.

**Tabla 28. Sustitución de proyectores por LED**

Sustitución de proyectores por LED		
Ahorro		
Ahorro energético	Ahorro económico	
kWh / año	%	Eu / año
20	0,03	3
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
630	75	705
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
237,1	15	-
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
5		

## 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 15. Regleta con un maestro, cuatro esclavos y dos tomas convencionales**

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

**Tabla 29. Instalación de regletas eliminadoras del stand-by**

Instalación de regletas eliminadoras del stand-by		
Ahorro		
Ahorro energético	Ahorro económico	
kWh / año	%	Eu / año
627	0,89	81
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
442	0	442
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
5,4	10	388
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO <sub>2</sub> / año		
162		

## 10 MEDIDAS DE GESTIÓN Y CONTROL ENERGÉTICO

### 10.1.1 TELEGESTIÓN DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA

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

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

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

- Parámetros de consumo: tensiones, intensidades, potencia, energía, factor de potencia, armónicos, caudales de gas.
- Estado actual: encendido/apagado, % de carga, avisos de incidencias
- Variables ambientales: temperatura, humedad relativa, concentración CO<sub>2</sub>.

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, hay consumos claramente diferenciados como calefacción, iluminación o equipos ofimáticos en los cuadros generales. Estos consumos están totalmente disgregados lo que implica que para poder gestionarlos sería necesario tener varios actuadores en cada estancia junto con un control central.

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

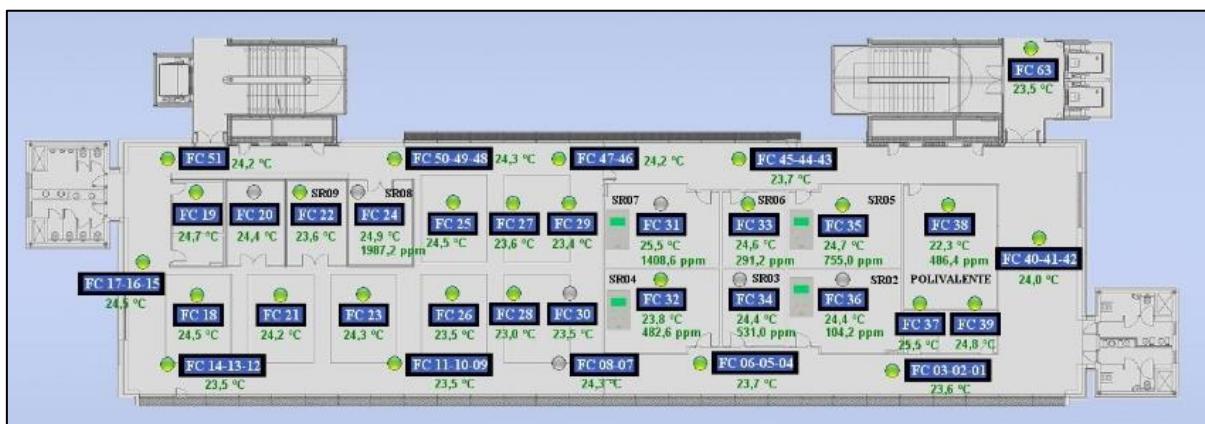


Ilustración 16. Ejemplo de un Sistema de Control Centralizado para climatización

## 11 BUENAS PRÁCTICAS Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN

### 11.1 REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LAS ESTANCIAS

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

El Consejo de Ministros en su sesión del 1 de agosto de 2008 aprobó el Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2011 que contiene 32 medidas, entre las que se encuentra la obligación de limitar las temperaturas a mantener en el interior de los establecimientos de edificios y locales climatizados destinados a usos administrativos, comerciales, culturales, de ocio y en estaciones de transporte, con el fin de reducir su consumo de energía. También propone la exhibición de la gama de temperaturas interiores registradas en los recintos de los edificios y locales que son frecuentados habitualmente por un número importante de personas o tienen una superficie superior a 1.000 m<sup>2</sup>, 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 3.803 kWh. La inversión que lleva aparejada esta medida es nula puesto que es meramente de gestión.

## 11.2 CONFIGURACIÓN CORRECTA DEL PROGRAMA ENERGY STAR

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



**Ilustración 17. Logotipo del programa ENERGY STAR de ahorro energético en pcs**

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

usuario se encuentra con todas las aplicaciones abiertas en el estado en el que éstas se encontraban antes de hibernar. Este modo se suele usar para largos períodos de inactividad, consumiendo menos energía que en el modo suspensión y asegurándose de no perder ningún dato ante un corte de tensión o descarga completa de la batería en el caso de un portátil.

Gestionando eficientemente los equipos ofimáticos con este programa se puede conseguir un ahorro de 1.588 kWh. En cuanto a la inversión, es un programa implementado en todos los sistemas operativos, por lo que se considera gratuita.

### 11.3 LIMPIAR LA PARTE TRASERA DE FRIGORÍFICOS Y CONGELADORES

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



**Ilustración 18. 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 758 kWh. Esta medida no tiene ninguna inversión asociada.

## 11.4 DESCONGELAR SI SE FORMA ESCARCHA EN LOS FRIGORÍFICOS

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

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

Realizando esta actuación en los frigoríficos que lo necesiten se puede llegar a obtener una ahorro del 30% del consumo del equipo, de forma que el ahorro esperable sería de 1.516 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 inversión<sup>18</sup>. 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 CO<sub>2</sub> evitadas debido a la disminución del consumo de electricidad generada por la medida

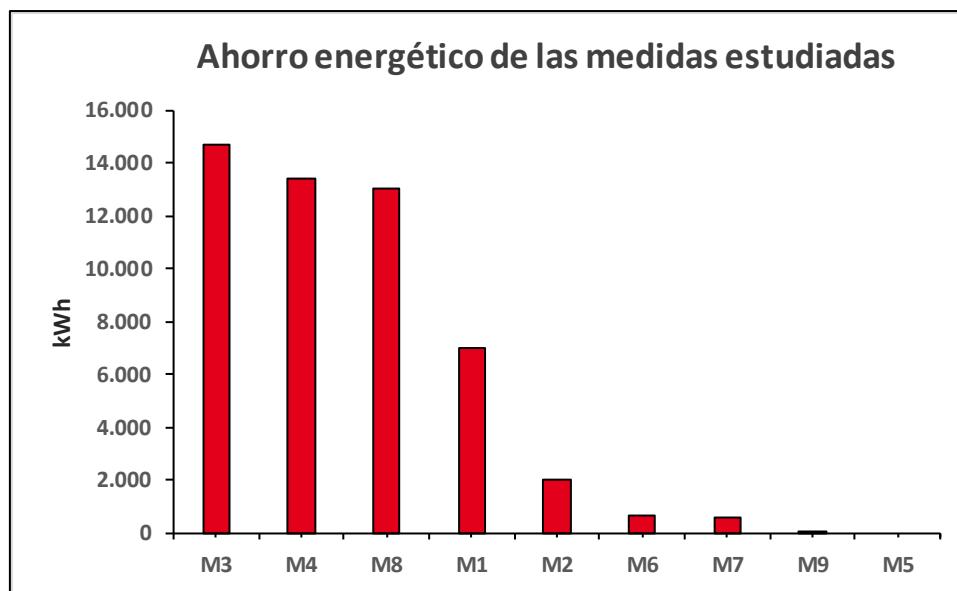
---

<sup>18</sup>En este apartado no se ha considerado la evolución de los precios de la energía

**Tabla 30. 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 <sub>2</sub> / año	€	%	años
M1	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.982	9,9	906	2.108	2,3	1.801	6.267	42,6	10
M2	Instalación de detectores de presencia	1.988	2,82	268	1.050	3,9	513	1.436	23,0	10
M3	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	14.721	20,88	2.018	8.396	4,2	3.798	18.949	23,9	15
M4	Instalación solar fotovoltaica	13.388	18,98	1.807	9.956	5,32	3.454	28.916	18,8	25
M5	Optimización de factura eléctrica	0	-	636	1.744	2,7	-	4.140	35,5	10
M6	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	627	0,89	81	442	5,4	162	312	13,7	10
M7	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	543	0,77	70	1.632	23,2	140	-	-	20
M8	Sustitución de calefactores por bombas de calor	13.063	18,52	1.695	48.493	28,6	3.370	-	-	20
M9	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	20	0,03	3	705	237,1	5	-	-	10

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



Gráfica 11. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas

Tabla 31. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro de energía mejora (kWh/año)
M3	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	14.721
M4	Instalación solar fotovoltaica	13.388
M8	Sustitución de calefactores por bombas de calor	13.063
M1	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.982
M2	Instalación de detectores de presencia	1.988
M6	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	627
M7	Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	543
M9	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	20
M5	Optimización de 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 años.

**Tabla 32. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el CEIP San Vicente Mártir**

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	TIR	Vida útil
		kWh / año	% Total	€ / año	€	años	kg CO <sub>2</sub> / año	€	%	años
M1	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	6.982	9,90	906	2.108	2,3	1.801	6.267	42,6	10
M2	Instalación de detectores de presencia	1.988	2,82	268	1.050	3,9	513	1.436	23,0	10
M3	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	14.721	20,88	2.018	8.396	4,2	3.798	18.949	23,9	15
M4	Instalación solar fotovoltaica	13.388	18,98	1.807	9.956	5,32	3.454	28.916	18,8	25
M5	Optimización de factura eléctrica	0	-	636	1.744	2,7	-	4.140	35,5	-
<b>TOTAL</b>		<b>35.739<sup>19</sup></b>	<b>50,68</b>	<b>5.431</b>	<b>23.254</b>	<b>4,28</b>	<b>9.220</b>	<b>29.036</b>	<b>21</b>	<b>-</b>

<sup>19</sup> El ahorro total no es igual a la suma del ahorro de cada medida, debido a que existen efectos cruzados entre ellas

El ahorro energético que se consigue mediante la implantación conjunta de todas las medidas de ahorro no 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 San Vicente Mártir” las medidas que presentan efectos cruzados son las medidas que afectan a la iluminación, debido a las medidas de control del tiempo de encendido con el cambio de lámparas.

El ahorro de cada medida por separado se ha calculado bajo la hipótesis de que el resto de la instalación no variará. En el momento que el resto de la instalación varía, el ahorro también lo hará. Sin embargo, la inversión total sí es igual a la suma de la inversión de cada medida de ahorro. Se muestra a continuación una tabla con los resultados energéticos y económicos de la implantación conjunta de todas las medidas de ahorro recomendadas.

**Tabla 33. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro en el CEIP San Vicente Mártir**

IMPLANTACIÓN CONJUNTA DE TODAS LAS MEDIDAS DE AHORRO		
<b>Ahorro energético</b>		Total
	[kWh/año]	35.739
<b>Ahorro energético sobre el consumo total del edificio</b>		Total
	[%]	50,68
<b>Emisiones evitadas</b>	[kg CO <sub>2</sub> / año]	9.220
<b>Reducción de emisiones sobre el total</b>	[%]	50,68
<b>Ahorro económico</b>	[€ / año]	5.431
<b>Inversión necesaria</b>	[€]	23.254
<b>Periodo de retorno simple de la inversión</b>	[Años]	4,28

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 34. Consumo y coste energético antes y después de la implantación de las medidas**

Concepto	Unidades	Situación inicial	Situación <sup>20</sup> final	Ahorro
<b>Consumo energético</b>	[kWh / año]	70.518	34.779	35.739
<b>Coste energético</b>	[€ / año]	9.150	3.719	5.431

## 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.

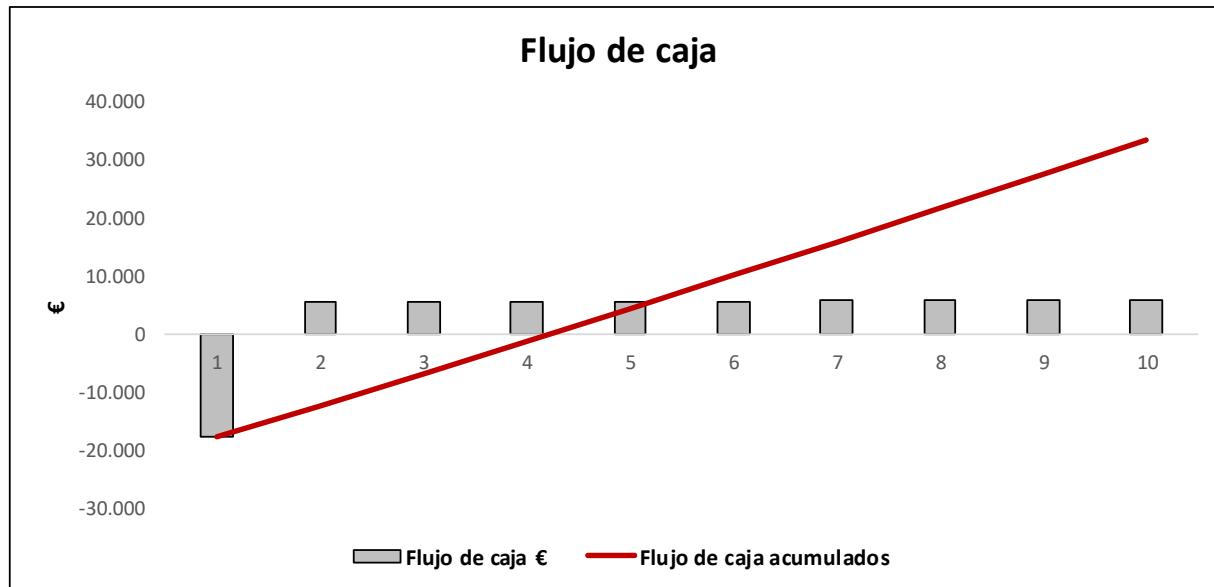
Las medidas se llevarían a cabo en el año 0 (año 1º).

**Tabla 35. Flujo de caja**

Año	Inversión	Ahorro <sup>21</sup>	Flujo de caja	Flujo de caja acumulado
	€	€	€	€
1º	23.254	5.431	-17.823,00	-17.823,00
2º	-	5.485	5.485,31	-12.337,69
3º	-	5.540	5.540,16	-6.797,53
4º	-	5.596	5.595,56	-1.201,96
5º	-	5.652	5.651,52	4.449,56
6º	-	5.708	5.708,04	10.157,59
7º	-	5.765	5.765,12	15.922,71
8º	-	5.823	5.822,77	21.745,48
9º	-	5.881	5.880,99	27.626,47
10º	-	5.940	5.939,80	33.566,28

<sup>20</sup>Después de la implantación de las medidas

<sup>21</sup>Incremento del precio de la energía (1%)



**Gráfica 12. Flujo de caja**

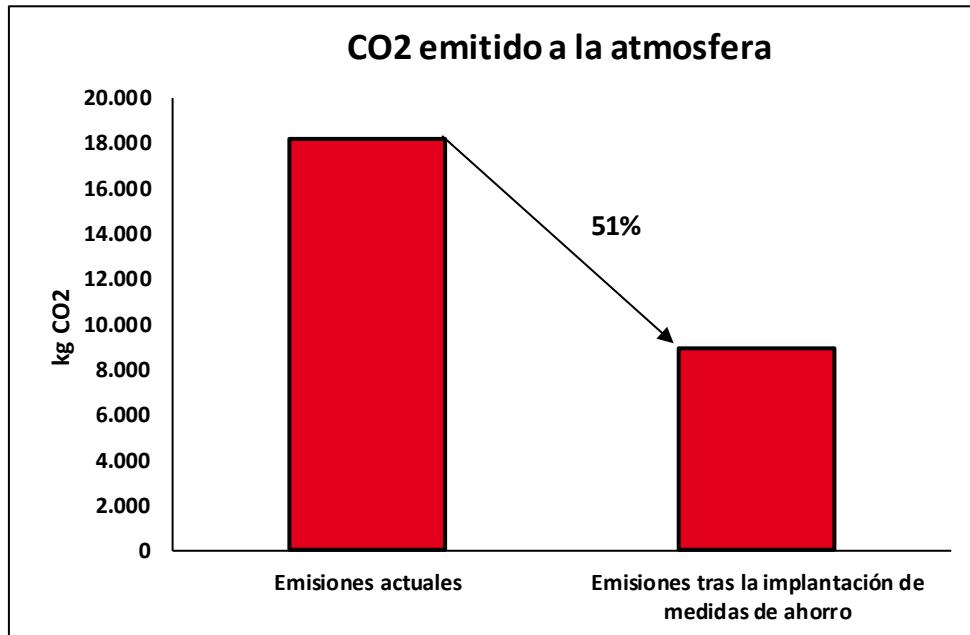
En el gráfico anterior se observa una línea ascendente del flujo de caja acumulado, de forma que con el paso de los años se va recuperando la inversión que se hizo el primer año.

## 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 36. Emisiones contaminantes actualmente y tras la implantación de las medidas**

Contaminante	Unidades	Emisión por consumo energético		Disminución
		Situación actual	Situación final <sup>22</sup>	
<b>Consumo energético</b>	[kWh / año]	70.518	34.779	35.739
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub></b>	[kg / año]	18.194	8.974	9.220



**Gráfica 13. Ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub>**

<sup>22</sup>Después de la implantación de las medidas:

## 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 dos grupos: PRS menor de 3 años y PRS mayor de 3 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 37. 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	6.982	906	2.108	2,3
M5	Optimización de factura eléctrica	0	636	1.744	2,7

### **Medidas de ahorro con PRS mayor de 3 años**

**Tabla 38. 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	1.988	268	1.050	3,9
M3	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	14.721	2.018	8.396	4,2
M4	Instalación solar fotovoltaica	13.388	1.807	9.956	5,32

## 13 ANEXOS

### 13.1 CALEFACCIÓN

**Tabla 39. Inventario equipos individualizados calefacción**

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 1	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 2	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 3	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 4	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 5	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 6	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 7	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 8	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	0	Biblioteca	Radiador eléctrico	5	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	0	Comedor	Radiador eléctrico	10	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 11	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 12	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 13	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 14	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 15	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 16	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 17	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 18	Radiador eléctrico	4	-	-	1.500
CEIP San Vicente Mártir	0	Comedor	Bomba de calor (calor)	1	2.400	2,40	1.000

## 13.2 REFRIGERACIÓN

Tabla 40. Inventario equipos individualizados refrigeración

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)
CEIP San Vicente Mártir	0	Comedor	Bomba de calor (frío)		1	2.200	2,20	1.000

### 13.3 EQUIPOS

**Tabla 41. Inventario equipos**

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
CEIP San Vicente Mártir	0	Despacho 1	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Despacho 1	Impresora pequeña	1	200	5
CEIP San Vicente Mártir	0	Despacho 2	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Despacho 2	Impresora pequeña	1	200	5
CEIP San Vicente Mártir	0	Despacho 3	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Despacho 3	Impresora pequeña	1	200	5
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 1	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 1	Proyector	1	400	5
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 1	Pizarra eléctrica	1	180	0
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 2	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 2	Proyector	1	400	5
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 2	Pizarra eléctrica	1	180	0
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 3	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 3	Proyector	1	400	5
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 4	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 4	Proyector	1	400	5

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 5	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 5	Proyector	1	400	5
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 6	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 6	Proyector	1	400	5
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 7	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 7	Proyector	1	400	5
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 8	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 8	Proyector	1	400	5
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 9	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 9	Proyector	1	400	5
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 10	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 10	Proyector	1	400	5
CEIP San Vicente Mártir	0	Biblioteca	Fotocopiadora	1	1.500	12
CEIP San Vicente Mártir	0	Biblioteca	Ordenador portátil	16	40	8
CEIP San Vicente Mártir	0	Biblioteca	Ordenador+LCD	16	100	17
CEIP San Vicente Mártir	0	Cocina	Congelador	3	400	0
CEIP San Vicente Mártir	0	Cocina	Microondas	1	2.000	0
CEIP San Vicente Mártir	0	Cocina	Cámara frigorífica grande	2	1.011	0
CEIP San Vicente Mártir	0	Cocina	Mesa caliente	1	2.400	0

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
CEIP San Vicente Mártir	1	Despacho 1	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	1	Despacho 1	Impresora pequeña	1	200	5
CEIP San Vicente Mártir	1	Despacho 2	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	1	Despacho 3	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 11	Pizarra eléctrica	1	180	0
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 11	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 12	Pizarra eléctrica	1	180	0
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 12	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 13	Pizarra eléctrica	1	180	0
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 13	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 14	Pizarra eléctrica	1	180	0
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 14	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 15	Pizarra eléctrica	1	180	0
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 15	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 16	Pizarra eléctrica	1	180	0
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 16	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 17	Pizarra eléctrica	1	180	0
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 17	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 18	Pizarra eléctrica	1	180	0

Edificio	Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 18	Ordenador+LCD	1	100	17
CEIP San Vicente Mártir	1	APA	Fotocopiadora	1	1.500	12

## 13.4 ILUMINACIÓN

Tabla 42. 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
CEIP San Vicente Mártir	0	Despacho 1	Adosada	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Despacho 2	Adosada	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Despacho 3	Adosada	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Hall despachos	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Aseos	Adosada	Fluorescente compacta integrada	6	1	25	Balasto electromagnético	-	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Entrada y pasillo	Adosada	Fluorescente T8	19	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 1	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 2	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 3	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 4	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 5	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 6	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 7	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 8	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 9	Adosada	Fluorescente T8	3	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
CEIP San Vicente Mártir	0	Aula 10	Adosada	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Aseos pasillo 1	Adosada	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
CEIP San Vicente Mártir	0	Aseos pasillo 1	Adosada	Fluorescente compacta integrada	3	1	25	Balasto electromagnético	-	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Aseos pasillo 2	Adosada	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
CEIP San Vicente Mártir	0	Aseos pasillo 2	Adosada	Fluorescente compacta integrada	3	1	25	Balasto electromagnético	-	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Aseos pasillo 3	Adosada	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
CEIP San Vicente Mártir	0	Biblioteca	Adosada	Fluorescente T8	9	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Cuartito	Adosada	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Cocina	Adosada	Fluorescente T8	10	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Aseos cocina	Adosada	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
CEIP San Vicente Mártir	0	Aseos cocina	Adosada	Fluorescente compacta integrada	4	1	25	Balasto electromagnético	-	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Comedor	Adosada	Fluorescente T8	15	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Gimnasio	Adosada	Fluorescente T8	10	1	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
CEIP San Vicente Mártir	0	Aseos gimnasio	Adosada	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
CEIP San Vicente Mártir	0	Exterior	Proyector	Halogenuro metálico	3	1	100	Balasto electromagnético	Proyector LED 4000 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Exterior	Peatonal	Fluorescente compacta integrada	6	1	60	Balasto electrónico	-	-
CEIP San Vicente Mártir	1	Despacho 1	Adosada	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	1	Despacho 2	Adosada	Fluorescente T8	4	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	1	Despacho 3	Adosada	Fluorescente T8	3	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	1	Hall despachos	Adosada	Fluorescente T8	2	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	1	Aseos	Adosada	Fluorescente compacta integrada	6	1	25	Balasto electromagnético	-	-

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
CEIP San Vicente Mártir	1	Pasillo	Adosada	Fluorescente T8	17	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 11	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 12	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 13	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 14	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 15	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 16	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 17	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-

Edificio	Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
CEIP San Vicente Mártir	1	Aula 18	Adosada	Fluorescente T8	8	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	1	APA	Adosada	Fluorescente T8	6	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	1	Aseos pasillo 1	Adosada	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
CEIP San Vicente Mártir	1	Aseos pasillo 1	Adosada	Fluorescente compacta integrada	3	1	25	Balasto electromagnético	-	-
CEIP San Vicente Mártir	1	Aseos pasillo 2	Adosada	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
CEIP San Vicente Mártir	1	Aseos pasillo 2	Adosada	Fluorescente compacta integrada	3	1	25	Balasto electromagnético	-	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Sala 1	Adosada	Fluorescente T8	16	1	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
CEIP San Vicente Mártir	0	Sala 2	Adosada	Fluorescente T8	16	1	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	-
CEIP San Vicente Mártir	0	Aseos	Adosada	Fluorescente T8	1	2	36	Balasto electromagnético	LedTUBE 1200mm. 1600 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
CEIP San Vicente Mártir	0	Aseos	Adosada	Fluorescente compacta integrada	3	1	25	Balasto electromagnético	-	-

## 13.5 ENVOLVENTE

Tabla 43. Medidas de ahorro energético en la envolvente

Sistema	Ahorro energético estimado <sup>23</sup>	Ventajas	Consideraciones
<b>Sistema SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior)</b>	25-30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se eliminan los puentes térmicos, al adecuarse a la forma geométrica de la fachada</li> <li>• Se mejora la estética de la fachada, rejuveneciendo su aspecto</li> <li>• Mínimo mantenimiento</li> <li>• Evita trabajos en el interior. Se puede instalar en inmuebles ocupados con pocas molestias para los usuarios</li> <li>• No reduce espacio útil</li> <li>• Mejora de aislamiento acústico</li> <li>• Se disminuyen las ganancias por radiación solar directa</li> <li>• Protección estructural contra agresiones externas (lluvia, polución...)</li> <li>• Conservación de la inercia térmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste medio</li> </ul>

<sup>23</sup> Respecto a la energía consumida en calefacción y/o refrigeración.

Sistema	Ahorro energético estimado <sup>23</sup>	Ventajas	Consideraciones
<b>Sistema de Aislamiento con Fachada Ventilada</b>	25-40 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se eliminan los puentes térmicos, al adecuarse a la forma geométrica de la fachada</li> <li>• Se mejora la estética de la fachada, rejuveneciendo su aspecto</li> <li>• Mínimo mantenimiento</li> <li>• Evita trabajos en el interior. Se puede instalar en inmuebles ocupados con pocas molestias para los usuarios</li> <li>• No reduce espacio útil</li> <li>• Mejora de aislamiento acústico</li> <li>• Se disminuyen las ganancias por radiación solar directa</li> <li>• Protección estructural contra agresiones externas (lluvia, polución..)</li> <li>• Conservación de la inercia térmica</li> <li>• Acompañado de condiciones de ventilación, contribuye a la eliminación de problemas de salubridad interior, como humedades y condensaciones</li> <li>• No precisa de preparaciones previas de la superficie del muro</li> <li>• Permite opcionalmente, alojar instalaciones entre la cámara y el aislante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste alto</li> <li>• Mayor Incremento de espesor de la fachada</li> </ul>
<b>Sistema de Aislamiento de Fachadas por Inyección en Cámara</b>	25-30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución para cuando no existe la posibilidad de utilizar un sistema por el exterior</li> <li>• Aporta rigidez a la fachada</li> <li>• Mínimo mantenimiento</li> <li>• Evita trabajos en el interior. Se puede instalar en inmuebles ocupados con pocas molestias para los usuarios</li> <li>• No reduce espacio útil</li> <li>• Conservación de la inercia térmica</li> <li>• Sistema económico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se puede garantizar la cobertura total del producto, al no ser visible la aplicación</li> <li>• No protege contra las agresiones externas</li> <li>• No se modifica el aspecto estético de la fachada</li> </ul>

Sistema	Ahorro energético estimado <sup>23</sup>	Ventajas	Consideraciones
<b>Sistema de Aislamiento Térmico por el Interior</b>	25-30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mínimo mantenimiento</li> <li>No se precisan sistemas de andamiaje que invadan la vía pública</li> <li>Único sistema adecuado para edificios con grado de protección para patrimonio histórico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste medio-alto</li> <li>• Pérdida de superficie útil</li> <li>• No resuelve los puentes térmicos</li> <li>• Presenta molestias para los usuarios del edificio en caso de estar ocupado</li> </ul>
<b>Cambio de carpintería existente</b>	10-30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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).</li> <li>• Mayor confort, así como un ahorro directo en la factura de aire acondicionado,</li> <li>• Máximo ahorro de calefacción en invierno,</li> <li>• Aislamiento acústico y ahorro energético en un mismo producto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste medio</li> </ul>
<b>Instalación de parasoles con lamas orientables verticales u horizontales</b>	8-13 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Mayor confort</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste medio</li> </ul>

## 13.6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SOLAR FOTOVOLTAICA

**Tabla 44. Características técnicas exigibles a los módulos de instalación fotovoltaica**

Características	Descripción
Eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia nominal 300Wp (o superior) cada uno</li> <li>• Eficiencia del módulo &gt; 15,5%</li> <li>• Las pérdidas de eficiencia de los módulos no podrán superar el 0,9% anual.</li> <li>• Marcado CE según la Directiva 2006/95/CE<sup>24</sup>.</li> <li>• Garantía por el fabricante de un mínimo de 10 años y garantía de rendimiento de 25 años.</li> </ul>
Físicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de célula: silicio policristalino</li> <li>• Número de células: 72</li> </ul>
Rango de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura: -40 a + 85°C</li> <li>• Máxima tensión del sistema: 1000V</li> </ul>

<sup>24</sup> 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.