

# C) Colegios Públicos

## Capítulo 1. Medidas para la eficiencia energética en colegios Públicos

### 1.1.- Introducción

Para una correcta gestión energética de los locales dedicados al sector de los centros escolares, es necesario conocer los aspectos que determinan cuáles son los elementos más importantes a la hora de lograr la optimización energética, conocimiento que nos permitirá un mejor aprovechamiento de nuestros recursos y un ahorro tanto en el consumo como en el dimensionamiento de las instalaciones.

De la diversidad de instalaciones que pueden acoger los centros escolares, así como del catálogo de servicios concretos que en ellas se ofrecen, depende el suministro de energía.

SUMINISTROS

VOLUMEN DE

ELECTRICIDAD

GAS

GASOIL

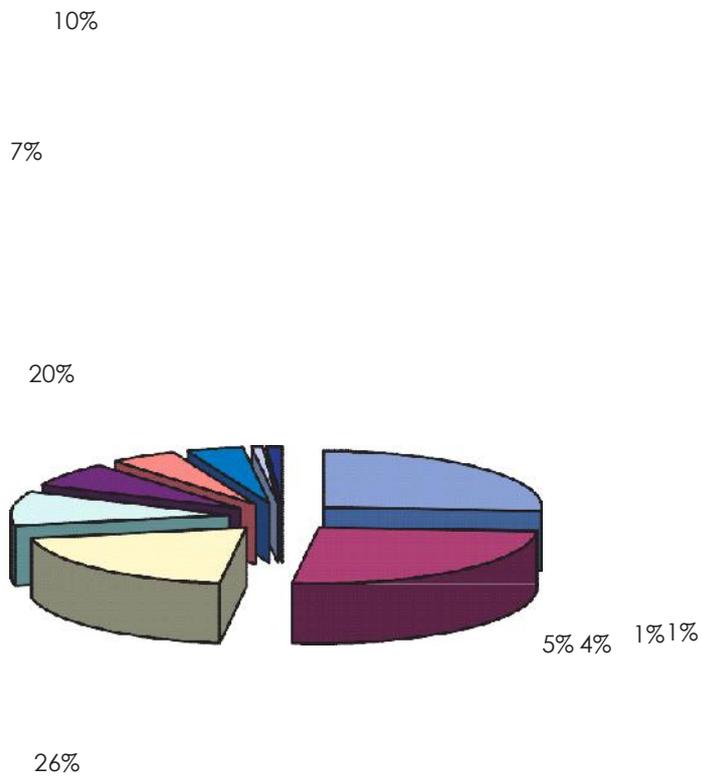
CONSUMO

GASTO

**Fotos 1, 2 y 3.** Tipología de instalaciones en centros escolares.

Como norma general podemos decir que las aplicaciones que más consumo de energía concentran, alrededor de un 70% del total, son: calefacción, climatización e Iluminación.

Consumos Eléctricos



26%

Iluminación Climatización Equipamientos Otros Ventilación Calefacción Refrigeración  
Cocina  
ACS

**Figura 1.** Consumo energético eléctrico medio en centros escolares.

Consumos de Gas Natural

8% 6% 4%

82%

Calefacción  
ACS Otros Cocina

**Figura 2.** Consumo energético de gas natural medio en centros escolares.

Se han de contemplar dos aspectos fundamentales que permiten optimizar el gasto en energía y, por lo tanto, maximizar el beneficio:

- \* Optimización tarifaria.
- \* Optimización de las instalaciones.

## 1.2. Optimización Tarifaria

Para conseguir una adecuada optimización en las tarifas en la factura eléctrica, se han de identificar los conceptos en los cuales se pueden obtener mayores ahorros, en el caso de la energía eléctrica:

TÉRMINO DE POTENCIA TÉRMINO DE ENERGÍA COMPLEMENTO REACTIVA

COMPLEMENTO DH

IMPUESTO ELECTRICIDAD IVA

10%

63%

-9%

7%

4%

16%

PARÁMETROS DE FACTURA QUE SON MODIFICABLES

MODO DE FACTURACIÓN

TARIFA

REVISIÓN DE:

- TARIFA
- DH
- POTENCIA

REVISIÓN DE:

- REACTIVA

REVISIÓN DE:

- CONSUMO HORARIO

5% - 10% MEDIA DE AHORRO

AHORRO SIN INVERSIÓN

AHORRO CON INVERSIÓN

AHORRO SIN INVERSIÓN

TOTAL FACTURA

100%

EN FACTURA

Media en Segmento PYMEs.

Para conseguir una adecuada optimización en las tarifas en la factura del gas, se han de identificar los conceptos en los cuales se pueden obtener mayores ahorros, en el caso del gas:

TÉRMINOS EN FACTURA:

TÉRMINO FIJO: EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN Y EL GRUPO TARIFARIO.

TÉRMINO VARIABLE: EN FUNCIÓN DEL CONSUMO Y EL GRUPO TARIFARIO.

IVA: 16%

$$\begin{array}{r} \text{TARIFA} \\ \\ = \text{ } \boxed{\text{TÉRMINO FIJO}} + \\ \\ \text{PRECIO ENERGÍA} \quad \text{CONSUMO DE GAS} \end{array}$$

- LA TARIFA DEPENDE DEL CONSUMO.
- A MAYOR CONSUMO, MEJOR TARIFA.

### 1.3. Optimización de instalaciones

#### 1.3.1. Estudio del consumo

En este apartado, se pretende establecer la estructura de consumo energético de los locales del sector, analizando las fuentes de energía utilizadas, y los usos finales a los que se destina.

##### 1.3.1.1.- Consumo de energía en el sector de los centros escolares

La distribución del consumo energético, entre energía eléctrica y energía térmica, demandada por un centro escolar depende de varios factores: del tipo de servicio que ofrezca, su situación, categoría, tamaño, características de sus instalaciones y equipos, etc.

30%  
35%

ILUMINACIÓN  
CLIMATIZACIÓN  
CALEFACCIÓN y ACS

35%

**Figura 3.** Media en centros escolares.

### 1.3.2. Parámetros de eficiencia energética

Aunque el consumo energético de un centro escolar no supone el gasto principal del mismo, la maquinaria de calefacción y climatización, así como la constante iluminación, son piezas fundamentales en la rentabilidad de la eficiencia energética.



Desde este punto de vista, mediante una pequeña contabilidad energética a partir de los consumos anuales de energía eléctrica así como de combustible y agua, se pueden obtener los ratios de consumo energético del negocio.

### 1.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en el sector



Foto 4. Salón de Actos.



Foto 5. Aula de Informática.

Para reducir el coste de los consumos de energía se puede:

- \* Optimizar el contrato.
- \* Optimizar las instalaciones.

A continuación se presentan algunas posibilidades de optimización de las instalaciones.

Tabla 1. Optimización energética de las instalaciones de centros escolares.

SISTEMA EQUIPO	MEJORAS POSIBLES	¿CÓMO?	CONSECUENCIA	AHORRO ESTIMADO (%)
<b>Calderas (Gas/Gas-Oil)</b>	Optimización de la combustión.	Mediante análisis de la composición de los humos de escape.	Ahorro en combustible. Reducción de la factura.	1 5
	Aprovechamiento o calores residuales.		Utilización del calor para ACS/ Calefacción.	2 5
<b>Climatización (bombas de calor)</b>	Aumento del rendimiento de la máquina y recuperación de calor para ACS.	Mediante balance energético (energía entrante = saliente).	Reducción en el consumo eléctrico. Producción de ACS para consumo.	4 0
<b>Motores eléctricos</b>	Disminución de la potencia de arranque (Mediante curva de arranque controlado por rampa).	Funcionamiento mediante variador de frecuencia.	Optimización de la potencia de contrato, reduciendo el coste de la factura.	1 5

<b>Bombas agua climatización</b>	Optimización del consumo eléctrico, según la diferencia de temperatura ida y retorno.	Funcionamiento variador de frecuencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste de la factura eléctrica.	1 5
<b>Motores general</b>	Motores de alto rendimiento.	Motores especiales de alto rendimiento.	Disminución del consumo eléctrico.	2 0
<b>Compresores de aire</b>	Utilización del calor sobrante de la refrigeración de los compresores.	Reutilización del aire caliente.	Reducción del consumo eléctrico /gas para la climatización. Reducción del coste en la factura eléctrica.	3 0

**Iluminación: zonas auxiliares**

Pasillos, lavabos, sótanos, etc. Reducción del tiempo de uso.

Incorporando temporizadores /

60 detectores de presencia.

Lámparas dicroicas      Reducción del consumo eléctrico (reducción de la potencia).

Cambio por lámparas dicroicas IRC de menor potencia, o lámparas LED.

Reducción del consumo eléctrico.

Reducción del coste en la

Iluminación exterior      Optimización del consumo.      Lámparas compactas de bajo consumo o LED. Cambio de lámparas de vapor de sodio de alta presión.

factura.

40

Iluminación interior  
(fluorescentes)

Iluminación interior  
(incandescencia)

Disminución del consumo y de la potencia de encendido.

Disminución del consumo y de la potencia de encendido.

Cambio de las reactancias convencionales por balastos electrónicos de alta frecuencia.

Cambio a lámparas de bajo consumo o a LED.

Disminución del consumo eléctrico y de la potencia. Reducción del coste en la factura eléctrica.      20      85

## Sistema de control de climatización

Control de máximo y mínimo de temperatura demandada en cada estancia.

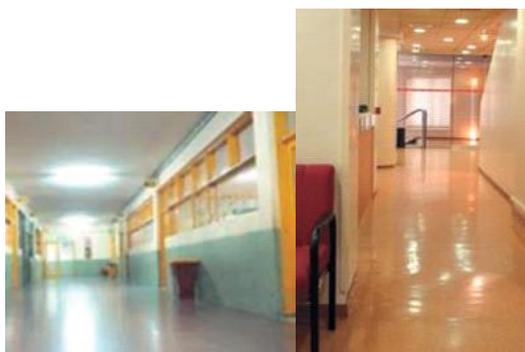
Implantando sistemas de control que monitoricen parámetros y actúen sobre el sistema.

Disminución de consumo eléctrico y de gas natural.

25

### 1.3.3.1.- Iluminación

La iluminación es un apartado que representa aproximadamente el 35% del consumo eléctrico dentro de una instalación del sector, dependiendo este porcentaje de varios factores: tamaño, fachada, aportación de iluminación natural, de la zona donde esté ubicada y del uso que se le dé a cada estancia dentro de la instalación.



**Foto 6 y 7.** Iluminación en pasillos de centros escolares.

Es por ello que cualquier medida de ahorro energético en iluminación tendrá una repercusión importante en los costes.

Se estima que podrían lograrse reducciones de entre el 20% y el 85% en el consumo eléctrico de alumbrado, merced a la utilización de componentes más eficientes, al empleo de sistemas de control y al aprovechamiento de la aportación de la luz natural.

Además, se puede conseguir un ahorro adicional en el aire acondicionado, ya que la iluminación de bajo consumo energético presenta una menor emisión de calor.

Para una instalación de alumbrado existe un amplio rango de medidas para reducir el consumo energético, entre las que destacan las siguientes:

- Lámparas fluorescentes con balastos electrónicos (On/Off y Regulables)

Las lámparas fluorescentes son generalmente las lámparas más utilizadas en centros escolares. Este tipo de lámpara necesita de un elemento auxiliar que regule la intensidad de paso de la corriente, que es la reactancia o balasto.

Los balastos electrónicos no tienen pérdidas debidas a la inducción ni al núcleo, por lo que su consumo energético es notablemente inferior.

En la siguiente tabla se muestra como varía el consumo energético en un tubo fluorescente de 58 W, al sustituir el balasto convencional por un balasto electrónico.

**Tabla 2.** Variación del consumo energético en tubo fluorescente de 58 W, al sustituir el balasto convencional por un balasto electrónico.

Luminaria con tubos fluorescentes  
2 x 58 W con balasto **convencional**

Luminaria con tubos fluorescentes  
2 x 51 W con balasto **electrónico**

POTENCIA ABSORBIDA		POTENCIA ABSORBIDA	
Lámparas (2 x 58 W)	116 W	Lámparas (2 x 51 W)	102 W
Balasto convencional	30 W	Balasto electrónico	11 W
TOTAL	146 W	TOTAL	113 W
DISMINUCIÓN CONSUMO ENERGÉTICO		22,60%	

## BALASTOS ELECTRÓNICOS

- Mejoran la eficiencia de la lámpara y del sistema.
- Mejoran el confort y reducción de la fatiga visual al evitar el efecto estroboscópico.
- Optimizan el factor de potencia.
- Proporcionan un arranque instantáneo.
- Incrementan la vida de la lámpara.
- Permiten una buena regulación del flujo luminoso de la lámpara.
- No producen zumbido ni otros ruidos.

- Lámparas fluorescentes compactas

Las lámparas fluorescentes compactas resultan muy adecuadas en sustitución de las lámparas de incandescencia tradicionales, pues presentan una reducción del consumo energético del orden del 80%, así como un aumento en la duración de la lámpara de entre 8 y 10 veces respecto a las lámparas de incandescencia.

- Sustitución de luminarias

La luminaria es el elemento donde va instalada la lámpara y su función principal es la de distribuir la luz producida por la fuente en la forma más adecuada a las necesidades.

Muchas luminarias modernas contienen sistemas reflectores cuidadosamente diseñados para dirigir la luz de las lámparas en la dirección deseada. Por ello, la remodelación de viejos centros escolares, utilizando luminarias de elevado rendimiento, generalmente conlleva un sustancial ahorro energético, así como una mejora de las condiciones visuales.

- Iluminación LED

Otra opción para reducir el gasto energético en instalaciones de iluminación es reemplazar las lámparas y luminarias de mayor número de horas de iluminación por equivalencias en LED. Con esta solución se reduce notablemente el consumo de los circuitos de alumbrado, y se hace casi nulo el gasto en mantenimiento por el incremento de la vida útil del nuevo alumbrado.

- Aprovechamiento de la luz natural, control y regulación

Hay que tener en cuenta que para un máximo aprovechamiento de la utilización de la luz natural es importante asegurar que la iluminación artificial se apague cuando el aporte de luz natural alcance una iluminación adecuada. Esto se consigue mediante el uso de sistemas de control apropiados, y puede requerir un cierto nivel de automatización.

Un buen sistema de control de alumbrado (horarios, presencia...) asegura una iluminación adecuada mientras sea necesario y durante el tiempo que sea preciso. Con un sistema de

control apropiado pueden obtenerse sustanciales mejoras en la eficiencia energética de la iluminación de un edificio, además de mantenerse los niveles óptimos de luz en función de los usos de los espacios, momento del día, ocupación, etc.

### 1.3.3.2.- Climatización

Los sistemas de climatización representan generalmente el principal apartado en cuanto al consumo energético de una instalación sanitaria. Como hemos visto, podemos encontrar ahorros de entre un 10% y un 40% gracias a la optimización de las instalaciones.

**Tabla 3.** Ahorros de energía en las instalaciones de calefacción.

	AHORRO DE ENERGÍA (%)	AMORTIZACIÓN
OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES:		
* Aislamiento caldera no calorifugada	3	Inferior a 1,5 años
* Mejora calorifugado insuficiente	2	Inferior a 3 años
OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE:		
* Aislamiento tuberías	5	Inferior a 1,5 años
* Descalcificación tuberías	5 - 7	Inferior a 3 años
CAMBIOS DE ELEMENTOS DE REGULACIÓN DEFECTUOSOS	3 - 5	Inferior a 4,5 años
CAMBIOS DE ELEMENTOS DE REGULACIÓN OBSOLETOS O DEFECTUOSOS		
* Quemador	9	Inferior a 3 años
* Caldera	7	Inferior a 6 años
* Caldera y quemador	16	Inferior a 6 años

Se pueden obtener ahorros del 20-30% de la energía utilizada en este apartado mediante: la **zonificación de la climatización**, la **limitación de las temperaturas** demandadas, el uso de **sistemas de medición y control** para la temperatura en cada zona, la **regulación de las velocidades** de los ventiladores o la **regulación de las bombas** de agua. Además, es recomendable el uso de un **sistema de gestión central** de la climatización para fijar límites y horarios de uso.



Foto 10. Control de extracción. Foto 11.

Control de regulación eléctrica.



Foto 12. Control zonificado.

Los sistemas de gestión centralizada permiten un control de la temperatura en función de que la sala se encuentre desocupada o sin actividad. De este modo, el sistema permite controlar los parámetros de temperatura y humedad, que son los que influyen en la sensación

de confort, desde un tiempo antes del inicio de la jornada laboral, manteniendo mientras los equipos en modo de pre-funcionamiento. Esta temperatura de espera se determina de modo que la temperatura de la habitación pueda llegar a la temperatura de confort en pocos minutos desde el inicio de la jornada.

Con este sistema se obtiene un importante ahorro energético, ya que por cada grado que se disminuye la temperatura ambiental, el consumo energético disminuye en un 5-7%, por lo que el ahorro de energía que se consigue con el empleo de estos controles es del 20-30% del consumo de climatización durante esas horas.

- Free-cooling

Es conveniente también que la instalación vaya provista de un sistema de freecooling, para poder aprovechar, de forma gratuita, la capacidad de refrigeración del aire exterior para refrigerar el edificio cuando las condiciones así lo permitan.

Esta medida requiere, en las instalaciones, de un sistema de control del aire introducido, en función de la entalpía del aire exterior y del aire interior, consiguiendo de esta forma importantes ahorros energéticos. En nuestro caso puede ser una manera de contrarrestar el calor emitido por la maquinaria.

- Aprovechamiento del calor de los grupos de frío

En los aparatos de aire acondicionado, el calor del condensador que extraen los equipos frigoríficos puede ser utilizado, mediante intercambiadores de calor, para la producción de agua caliente que puede ser requerida en otra parte de las instalaciones.

Este aprovechamiento puede suponer, por un lado, un ahorro importante de energía para la producción de ACS y por otro, un ahorro por menor consumo eléctrico del condensador.

En nuestro caso, si el centro escolar es de gran tamaño, los equipos para la climatización serán importantes. Por ello, este ahorro puede llegar a suponer un coste 0 en la producción de ACS.

- Recuperación de calor del aire de ventilación

Esta mejora consiste en la instalación de recuperadores de calor del aire de ventilación. En el recuperador se produce un intercambio de calor entre el aire extraído del edificio y el aire exterior que se introduce para la renovación del aire interior.

De esta manera se consigue disminuir el consumo de calefacción, durante los meses de invierno, ya que el aire exterior de renovación se precalienta en el recuperador, y en verano se disminuye el consumo eléctrico asociado al aire acondicionado.

- Bombas de calor

La bomba de calor es un sistema reversible que puede suministrar calor o frío, a partir de una fuente externa cuya temperatura es inferior o superior a la del local a calentar o refrigerar, utilizando para ello una cantidad de trabajo comparativamente pequeña.

El rendimiento de las bombas de calor (COP) es del orden de entre 2,5 y 4, rendimiento que está muy por encima del de una caldera de combustible, por lo que, aunque la electricidad tiene un precio más elevado, estos equipos en muchos casos representan una alternativa más competitiva que la utilización de calderas para la producción del calor, dependiendo del coste del combustible utilizado.

La utilización de bombas de calor puede resultar especialmente interesante en instalaciones industriales de nueva construcción emplazadas en zonas con inviernos suaves, ya que suponen una inversión menor que en un sistema mixto de refrigeración y calefacción, y permiten además, un ahorro de espacio y una simplificación de las operaciones de mantenimiento.

- Optimización del rendimiento de las calderas

El primer paso para obtener un buen rendimiento de estos sistemas es un buen dimensionamiento de las calderas, adecuando su potencia a la demanda y evitando sobredimensionamientos innecesarios.

Es también conveniente un buen sistema de control de la instalación para evitar excesivas pérdidas de calor cuando la caldera está en posición de espera, y también la revisión periódica de las calderas, de forma que se mantenga funcionando en sus niveles óptimos de rendimiento.

Se estima que la combinación de sobredimensionamiento, las pérdidas en posición de espera y el bajo rendimiento resultan un 35% inferior al de las calderas nuevas correctamente dimensionadas e instaladas.

- Calderas de baja temperatura y calderas de condensación

Las calderas convencionales trabajan con temperaturas de agua caliente entre 70 °C y 90 °C y con temperaturas de retorno del agua superiores a 55 °C, en condiciones normales de funcionamiento.

Una caldera de baja temperatura, en cambio, está diseñada para aceptar una entrada de agua a temperaturas menores a 40 °C. Por ello, los sistemas de calefacción a baja temperatura tienen menos pérdidas de calor en las tuberías de distribución que las calderas convencionales.

La caldera de condensación está diseñada para recuperar más calor del combustible quemado que una caldera convencional, y en particular, recupera el calor del vapor de agua que se produce durante la combustión de los combustibles fósiles.

La diferencia estriba en la mayor inversión de este tipo de calderas, que suele ser entre un 25-30% más alta para las bajas temperaturas y hasta duplicar la inversión en el caso de las calderas de condensación.

- Sustitución de gasóleo por gas natural

Aunque el gas natural es un combustible cada vez más utilizado en este sector, hay multitud de centros escolares, sobre todo en zonas rurales, con caldera de gasóleo.

Hoy por hoy, a medida que van extendiéndose las redes de distribución de gas natural, este combustible va adquiriendo una mayor implantación, debido a las claras ventajas de su aplicación, tanto a nivel energético y económico, como a nivel medioambiental.

#### 1.3.3.3.- Agua caliente sanitaria (ACS)

La producción de ACS se realiza generalmente mediante calderas de agua caliente, por lo que en este apartado son de aplicación las mejoras mencionadas para las calderas de calefacción. También es conveniente que la temperatura de almacenamiento no sea muy alta para minimizar las pérdidas, sin que en ningún caso sea inferior a 60 °C.

#### **RECOMENDACIONES DE AHORRO EN LA PRODUCCIÓN DE ACS**

- Minimizar todas las fugas de agua caliente con un mantenimiento apropiado de las conducciones y los grifos de duchas y lavabos.
- Evitar temperatura de almacenamiento muy alta, con el fin de limitar pérdidas.
- Aislar adecuadamente las conducciones y depósitos de almacenamiento.
- Instalar grifos temporizados en lavabos y servicios de las zonas de servicios generales.
- Instalación de sistema de bajo consumo en duchas y baños, sin reducción de la calidad de suministro.
- Instalar contadores del consumo de agua caliente para tener un seguimiento adecuado de las condiciones de la instalación.

- Ahorro de agua

La disminución del consumo de agua no solamente redundará en una distribución del gasto por este concepto, sino que además conlleva un ahorro energético importante debido a la disminución del consumo del combustible necesario para su calentamiento.

## **MEDIDAS PARA EL AHORRO DE AGUA**

- Trabajar con presiones de servicio moderadas: 15 mm c.a. en el punto de consumo son suficientes.
- La instalación de grifos con sistemas de reducción de caudal sin merma del servicio ofrecido al cliente, los cuales permiten reducciones de caudal de entre el 30% y el 65%. Existe en el mercado una gran variedad de modelos, para todos los puntos de utilización (lavabos, duchas, fregaderos, fuentes, etc.).
- El empleo del sistema WC Stop para cisternas, el cual economiza hasta un 70% de agua, pudiendo el usuario utilizar toda la descarga de la cisterna si fuera necesario.

- Ahorro en bombeo

Para que una instalación de bombeo funcione satisfactoriamente desde el punto de vista energético, es necesario que haya sido dimensionado correctamente.

Mediante la aplicación de reguladores de velocidad a los motores que accionan las bombas, se pueden conseguir ahorros de hasta el 40-50% del consumo eléctrico de los mismos.

### **1.3.4. Gestión y mantenimiento energético**

#### **1.3.4.1. -Mantenimiento**

El correcto mantenimiento consigue los estándares de calidad y reduce los costes energéticos. Si se realiza un mantenimiento preventivo bueno, disminuirá la necesidad de un mantenimiento correctivo y como resultado se obtendrá un mejor rendimiento de la instalación, una reducción de costes y una mejor calidad de servicio.

## **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO**

- Sustituir los filtros según las recomendaciones del fabricante, mantener limpias las superficies de los intercambiadores, así como rejillas y venteos en las conducciones de aire.
- Verificar los controles de funcionamiento de forma regular.
- Verificar que todas las electroválvulas y compuertas abren y cierran completamente sin atascos.
- Verificar que termostatos y humidostatos trabajan adecuadamente.
- Verificar el calibrado de los controles.
- Revisar la planta de calderas y los equipos de combustión regularmente.
- Detectar fugas de agua en conducciones, grifos y duchas y repararlas inmediatamente.
- Limpiar las ventanas para obtener la máxima luz natural.
- Limpiar lámparas y luminarias regularmente, y reemplazar según los intervalos recomendados por el fabricante.

#### 1.3.4.2.- Sistemas de gestión

Por otra parte, las nuevas técnicas de comunicación permiten la implantación de sistemas de gestión de energía y otros más sofisticados como los sistemas expertos, que son capaces de gestionar gran cantidad de datos y controlar las instalaciones. Estos sistemas expertos son capaces de controlar el consumo de energía optimizando los parámetros de forma que se obtenga un mínimo coste energético.

#### **BENEFICIOS DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL**

- Gestión racional de las instalaciones.
- Aumento de confort.
- Ahorro energético.
- Reducción de averías.
- Prolongación de la vida útil de los equipos.
- Ahorro en mantenimiento.

## 1.4. Conclusiones

La calefacción, iluminación y climatización constituyen alrededor del 70% de toda la energía consumida en los centros escolares. Esto supone millones de euros que se gastan cada año en mantener la temperatura correcta e iluminar los centros. El recorte de costes, en particular los de componente fijo o semifijo, se convierte en un arma estratégica para aumentar la competitividad y el éxito del centro escolar a medio y largo plazo.

El ahorro energético que podemos conseguir con una combinación de actuaciones sobre diferentes puntos ayudará al gestor a incrementar la rentabilidad del centro, permitiendo una optimización de recursos y un aumento del rendimiento, así como a conseguir una mejora en los efectos medioambientales producidos por nuestra actividad.

Las actuaciones recomendadas en este documento se han fundamentado sobre la propia tarifa energética, sobre las instalaciones, y sobre otros aspectos de calidad y seguridad en el suministro. Se han propuesto diferentes opciones y se propone un Plan de Gestión de la Demanda.

## **Capítulo 2. Estudio comparativa de eficiencia e iluminación fluorescente**

### 2.1.- Introducción

A través de este capítulo se pretende hacer un repaso comparativo de las tecnologías, equipos y soluciones existentes en el mercado, a nivel de Iluminación Interior con Fluorescencia, con el objetivo de poder cuantificar y determinar cuál es la solución más adecuada para

cada necesidad, su eficiencia y costes, de cara a planes de eficiencia, reducción del consumo o minimización del gasto energético.

En Europa no bajamos del 14% del consumo total dedicado a la iluminación, y de esta parte más del 25% se dedica a la iluminación por fluorescencia, lo que en datos energéticos en España, podríamos traducirlo a una demanda de más de 9,1 GWh/año, a modo de aproximación.

En sectores específicos como el de servicios y concretamente entre oficinas, instituciones, comercio y educación, la media de la energía demandada para iluminación por fluorescencia, asciende casi al 33%, lo que representa un foco de atención lo suficientemente interesante, como para que la sociedad se preocupe por la alta incidencia que tiene en los costes económicos, energéticos y medio-ambientales.

En el caso de los colegios públicos, este ratio de energía dedicada a la iluminación por fluorescencia oscila entre el 30% y 60% de la energía consumida, en función de la especialización y dedicación del centro.

Uno de los datos más concluyentes, aunque desfasados, pueden darnos una magnitud de la importancia del trabajo planteado, se basa en un informe o manual realizado por CELMA (Federación de Asociaciones de Fabricantes Nacionales de Luminarias y de Componentes Electrotécnicos para luminarias en la Unión Europea), a raíz de la aprobación de la Directiva 2000/55/EC (DOCE L297 - 1 de Noviembre 2000), que tenía por finalidad, reducir el consumo energético de los balastros para la iluminación fluorescente, apartando gradualmente los balastros menos eficientes y yendo hacia los más eficientes, habiendo publicado que el mercado se encontraba con el siguiente escenario:

**Tabla 1.** Mercado de balastros en la UE 2000, en función del índice de eficiencia energética.

Ventas de balastros	EI	% Participación	Ventas realizadas
Balastros magnéticos	Clase C y D	<b>71%</b>	105.080.000 Unid.
Balastros magnéticos bajas pérdidas	Clase B1 y B2	<b>12%</b>	17.760.000 Unid.
Balastros electrónicos	Clase A1, A2 y A3	<b>17%</b>	25.160.000 Unid.

Obviamente, este mercado ha ido cambiando drásticamente en los últimos años, con el nacimiento del tubo fluorescente de LEDs, adaptadores, regletas convertoras, etc., pero estas cifras pueden posicionarnos en la magnitud de equipos poco eficientes instalados en la última década.

Sin embargo, el balastro sólo es una parte de la ecuación de consumo energético. El grado de eficiencia energética de los circuitos de iluminación fluorescente depende del conjunto del balastro y lámpara. Causa por la que se motiva este trabajo, ya que la ecuación puede ser despejada con una o varias incógnitas, o ser resuelta con distintas fórmulas, que adecuen

una matemática adaptada a la necesidad del problema y no una solución rígida y drástica al mismo, que puede variar de enunciado según quién lo dicte.

Partiendo de esta premisa se plantea comparar las distintas soluciones más utilizadas habitualmente en el sector; tomando como ejemplo común y con datos unificados de longevidad, uso, consumo, cantidad, etc. con el fin de poder realizar un ranking o listado de resultados obtenidos de una forma uniforme y homogénea, que ayuden a la toma de decisiones en las posibles necesidades que tuvieran a futuro los lectores de este trabajo.

Para la comparativa se han utilizado equipos disponibles en el mercado, a precios de tarifa y costes medios. Si bien es cierto, que pueden existir otras soluciones en el mercado, las utilizadas en el trabajo son bastante representativas de lo que se puede demandar al sector. Obteniendo una orientación clara de las posibilidades existentes.

## 2.2.- Metodología utilizada

De este trabajo se desprende que si bien un cambio de luminaria sería la solución ideal en muchos casos, esto no quiere decir que no existan otras técnicas, equipos o soluciones capaces de generar grandes ahorros, tanto económicos, como energéticos y medioambientales. Este estudio pretende realizar un repaso a estas tecnologías.

Para ello, se ha optado por seleccionar un escenario típico, en centros con más 15-20 años nos encontramos con que más del 45% de sus luminarias son regle- tas con un par de tubos bien T12, T10 o T8 con balastro magnético y con niveles de eficiencia bajos, o medios, si dichos balastos son jóvenes.

Esto, unido al deterioro luminoso de los tubos o pérdida de flujo luminoso con el paso del tiempo, hace que una reforma de las instalaciones sea interesante, no sólo desde el punto de vista económico por los ahorros que se puedan generar, sino por la mejora del hábitat de trabajo para todos los usuarios de las instalaciones.

Por otra parte, tanto UNE EN 12464-12003 (*Iluminación de interiores en lugares de trabajo*), como el nuevo CTE (*en su documento básico: HE.3 Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación*), vienen a promover medidas de eficiencia lumínica en las nuevas edificaciones, reformas de locales comerciales y de edificios de uso administrativo en los que se renueve la instalación de iluminación.

Aunque, lógicamente, las nuevas normativas recogen muchos más parámetros de los aquí indicados, las medidas y tecnologías analizadas en este trabajo, vienen a proponer soluciones de bajo coste, donde en muchos casos no es necesario sustituir las luminarias existentes en las reformas, obteniéndose niveles de eficiencia muy elevados para mejorar las instalaciones y adecuarlas a las nuevas necesidades y requerimientos exigidos.

En el trabajo analizado no se han incluido los balastos electrónicos regulables, pues en algunos casos pueden tener un nivel de eficiencia energética EEI = A1, y consumir hasta dos vatios más del consumo de la lámpara, y requieren en muchos casos el recableado o tirada

de nuevas líneas de cables para su utilización (*habiéndose descartado en este trabajo, la tirada de cables o grandes reformas eléctricas*).

### 2.2.1.- Ejemplo de referencia comparativa

Para realizar este estudio se ha planteado la comparativa según los datos antes comentados y buscando un ejemplo referente en el sector que permitiera la máxima aplicación de técnicas y tecnologías posibles de bajo coste y mínima mano de obra para su implantación.

Del análisis discrepante con otros técnicos y profesionales, al final se opta por considerar como modelo de referencia, uno de los más predominante en edificaciones de más de cinco años, y el cual está constituido por una luminaria doble, de dos tubos de 36 W., con un par de balastos electromagnéticos EEI=B2 y un condensador de 0,22  $\mu\text{f}$  resultante con un factor de potencia  $\text{PF}<0,95$ , y con un consumo en el laboratorio de 90 W. totales con los tubos fluorescentes que trae de serie.



**Foto 1.** Luminaria nueva utilizada como modelo de referencia para realizar las comparaciones.

Este equipo utilizado se encuentra en la actualidad sin ninguna clase de dificultad en el mercado y hay infinidad de fabricantes e importadores asiáticos, con características muy similares a los que se vienen fabricando e instalando desde hace más de 12-15 años atrás. Motivo por el que se selecciona y utiliza de referencia, siendo muy similar incluso por los utilizados antiguamente con tubos T12.

Dentro de la comparativa, se consideran las variaciones de una luminaria del mismo tipo, con tubos fluorescentes T12 y balastro magnético, con un Índice de Eficiencia Energética de nivel C o D, ( $\text{EEI} = \text{C} - \text{D}$ ), con lo que el consumo de las lámparas sería de un mínimo de 40 W. y de unos 10 W. en la reactancia.

### 2.2.2.- Ejemplo de instalación tipo para cálculos

Para que la comparativa a realizar fuera más homogénea y la afección de los costes, longevidad, mantenimiento, etc. fueran representativos, se optó por valorar un área tipo donde se tendrían instaladas 20 luminarias de 2 tubos de tamaño 1.200 mm. cada una, con el fin de que las cifras resultantes pudieran aproximarse a un caso real típico de un aula o zona de trabajo.

Obteniendo de esta forma ratios, costes y ahorros representativos en periodos mensuales y anuales, que permitieran calcular la tasa de retorno de la inversión, y su plazo de amortización. El precio de la energía utilizado para cálculos es de 0,13 €/kWh.

### 2.2.3.- Valoración del tiempo anual de la actividad

Cuando se plantea una comparativa de este tipo, pueden encontrarse distintos planteamientos y argumentos, por ello y tras tener en cuenta los tipos de organizaciones a los que se dirige este trabajo, la dedicación a la que se destinan, tipo de usuarios y colectivos que las utilizan, jornadas y calendario de trabajo, se optó por utilizar un cálculo basado en 12 horas diarias de utilización, y no sólo se plantea el uso durante la jornada de trabajo, sino también los tiempos de limpieza y mantenimiento del edificio, para el cual se necesita tener la luz encendida, pero no toda. Planteándose una media de utilización en función de si la limpieza se realiza por áreas, manteniendo el resto del edificio apagado, o bien con un nivel de iluminación controlado o parcial en función de la tarea de limpieza o mantenimiento que se realice, aplicando unos factores que nos decantan a redondear el uso a 12 horas al día. *(Pudiendo extrapolar los resultados a oficinas, etc.).*

En cuanto a la jornada laboral también se plantean diversas tesis, pero con el fin de homogeneizar y unificar un criterio similar al anterior se redondea a 5 días a la semana y 230 días laborables, lo que hace un total de 2.760 horas anuales de utilización.

### 2.2.4.- Criterio de iluminancia

La iluminancia, que también se conoce como nivel de iluminación, es la cantidad de luz, medida en lúmenes, por la superficie o área a la que llega dicha luz. Su unidad, el Lux, es igual a los lúmenes partidos por metro cuadrado.

Esta cantidad de luz que llega al plano de trabajo, o al punto donde se realiza una tarea específica, determina la visibilidad de los trabajos o tareas que se realizan, ya que afecta a la sensibilidad de contraste o capacidad de diferenciar y discriminar los colores o la diferencia de luminancia en los distintos planos de fijación; también afecta a la capacidad y acomodación de enfoque visual a distintas distancias y por supuesto, a la agudeza visual del sujeto que realiza una labor o trabajo.

Como conclusión, y con independencia de la eficiencia energética de la medida, también será vital aportar la mayor cantidad de luz posible y hasta un cierto valor máximo *(límite de deslumbramiento)*, pues será mejor el rendimiento visual.

En este trabajo, se plantea como flujo luminoso referencial, el aportado por la luminaria antes descrita con tubos T8, en uso tras una estabilidad obtenida con 100 horas de trabajo en continuo, para realizar el resto de comparaciones y equipos y admitiendo unas pérdidas en algunos tubos T5, de hasta un 10% de flujo luminoso.

Por el contrario, como más adelante se detalla, sólo se tienen en cuenta mejoras realmente ostensibles, despreciando variaciones no superiores al 10%, con lo que el colchón de trabajo oscila hasta un 20%, de la medida inferior y la superior.

No es objeto de este trabajo determinar, concretar o analizar las mejoras de iluminancia en esta comparativa *(ya que será necesario valorar otros factores de la instalación, la luminaria existente, los datos del equipo seleccionado en función del fabricante, etc.)*, mencionándose sólo a nivel estadístico algunos datos de las soluciones propuestas, porque las mejoras son tan ostensibles a simple vista y medibles con cualquier sencillo luxómetro, que permiten ser planteadas como soluciones innovadoras que merecen la pena su estudio en profundidad por los lectores por su elevado incremento del nivel de iluminancia generado.

Con tal nivel de mejora, se valora en una reforma o rehabilitación, la posibilidad de instalar o montar sólo parte de los fluorescentes necesarios, para obtener la misma cantidad o nivel de iluminación que existía previamente con el equipo de referencia.

#### 2.2.5. Criterio de soluciones analizadas

De la gran variedad de soluciones existentes en el mercado, se han seleccionado las más llamativas, eficientes, y sobre todo aquellas que requerían la menor mano de obra o modificación, marcando como límite, que los gastos o inversiones en la modificación estuvieran alejadas de la sustitución de la luminaria completa. Por este motivo se excluyen en el trabajo, las modificaciones o implantaciones de balastros regulables.

De esta forma, y buscando el máximo rendimiento de las soluciones consideradas, el límite marcado consistía en una eliminación de condensadores, eliminación de balastros, cebadores, y la eliminación o alimentación con algún cable de la luminaria alguno de los extremos de los portalámparas. Y las soluciones analizadas, se basan en la sustitución de tubos, o en la implementación de adaptadores y piezas que aprovechan la luminaria.

También se incluyen en el análisis de comparación, luminarias similares o parecidas con balastro electrónico y tubo T8 y T5, para ver los resultados de costes, eficiencia, rendimiento, etc.; incluyéndose, por último, una serie de medidas de adaptación y modernización de luminarias para ser utilizadas con lámparas T5 Trifósforo con menor contenido de mercurio y mucho más eficientes que las T8.

### 2.3.- Soluciones

Todas las propuestas se han numerado y titulado bajo un epígrafe que pueda permitir al lector realizar una rápida comparación o buscar datos en distintas tablas del trabajo.

Con el objetivo de poder realizar ranking o listados ordenados de mayor eficacia, rendimiento, eficiencia, etc. las distintas soluciones valoradas y que a continuación se

explican y numeran (*luminarias existentes donde se valora el cambio de tubo, o donde se valora la reforma*), podemos resumirlas de la siguiente forma:

- N.º 1 Fluorescente T12

Situación existente más antigua con tubos fluorescentes de 40 W. y reactancias o balastros electromagnéticos de grandes pérdidas y un consumo medio o superior a 10 W., del mismo. El consumo medio considerado es de 100 W./h. por luminaria. El factor de potencia medio suele ser inferior a  $PF < 0,70$  de media.

- N.º 2 Fluorescente con tubo T8

Equipo existente utilizado como elemento de control o referencia comparativa, para valorar ahorros, consumos, mejoras, etc., que es utilizado masivamente y que en la actualidad se sigue suministrando mayoritariamente a bajo coste. Está compuesto de un tubo T8 de 36 W., con balastro electromagnético EEI=B2, con un consumo medio ponderado de 9 W., y la luminaria completa tiene un consumo de 90 W./h., un  $PF > 0,95$  y será el equipo con el que los demás se comparen.

- N.º 3 Tubo T8, con balastro electrónico

Equipo existente muy utilizado de 8-10 años a esta parte, el cual, bien por adaptación, bien por ser comprado con posterioridad, contiene un balastro electrónico y carece de cebador y condensador. Tiene un Índice de Eficiencia Energética A3 (EEI=A3) y su consumo es de 36 W + 2 W por lámpara. El consumo medio considerado es de 76 W./h. por luminaria. (*Esta solución se ha seleccionado como promedio, ya que se han encontrado en el mercado balastros electrónicos con un consumo de 36+4 W. por tubo, al igual que también se han encontrado equipos con un consumo total por tubo de 35 W.*)

- N.º 4 T8 ECO, con balastro electromagnético

Esta solución está basada en la utilización de una luminaria clásica, con balastro electromagnético y al cual se le incorpora un tubo trifósforo ECO, de 32 W. (*bajo consumo*) que ofrece un 10% de ahorro directo sobre la misma luminaria, sustituyendo única y exclusivamente el tubo fluorescente.

Existen diversos fabricantes en primeras marcas como Philips, Osram, General Electric, Aura, etc. que tienen distintas prestaciones, pero todas muy similares, garantizando un ahorro medio de entre el 5% y el 10%. El consumo medio considerado es de 78 W./h. por luminaria.



**Foto 2.**

Ejemplo de tubo TL-D ECO de Philips que garantiza un ahorro del 10% sobre los tradicionales.

- N.º 5 T8 ECO, con balastro electrónico

La diferencia de esta propuesta sobre la anterior, sólo estriba en que el balastro es electrónico y con un Índice de Eficiencia Energética (EEI=A2), que lo hace muy eficiente, cuando se cambian tubo y balastro electrónico, al reformar la luminaria existente. El análisis y coste utilizado en el trabajo, sólo considera el cambio del tubo, dando por hecho que la luminaria existe.

El consumo del tubo ECO, es de tan sólo unos 32 W. y junto con un balastro electrónico (EEI=A2), su aumento es despreciable (*inferior a 0,5 W.*), por lo que esta medida es despreciada tanto en este equipo, como en el resto de los sistemas electrónicos propuestos, al estar todos en cifras inferiores a este dato y ser todos similares. En este caso la demanda total de potencia de la luminaria se ha considerado en 64 W/h.

- N.º 6 Tubo T8, Long Life electrónico

La peculiaridad de esta solución, estriba en su larga vida, superando con creces a cualquier otra tecnología, incluida la tecnología Led, ya que su vida útil es de 84.000 horas, en un ciclo de conmutación de 12 horas (*11 h encendido y 1 h apagado*), pudiendo llegar a las 90.000 horas con balastros electrónicos con pre-caldeo (*o arranque en caliente*), o conexión estable ininterrumpida.

Su montaje sobre balastros electromagnéticos de muy bajas pérdidas puede hacerle vivir 60.000 horas, por lo que en estos casos, los ahorros, motivo por el que se incluyen en este estudio, están basados en su nulo o inexistente mantenimiento o reposición.

Dentro de esta gama de tubos de alta longevidad, los grandes fabricantes y algunas compañías especializadas, tienen tubos de entre 40 y 60.000 horas, aunque para la comparativa se ha utilizado el de mayor vida conocida. En este caso, el consumo considerado para la comparativa es de 72 W./h. como consumo total de la luminaria con un balastro electrónico EEI=A2.

- N.º 7 Tubo T5 con balastro electrónico

Solución moderna en cuanto a luminarias y muy eficaces, utilizándose principalmente en obra nueva o reformas estructurales o de interior. Compuesta de luminaires con tubos fluorescentes T5 y balastros electrónicos de bajas pérdidas. El consumo considerado para

este tipo de equipos es de 56 W./h. por juego de 2 tubos por luminaria, con todo incluido y despreciando, como decíamos antes, las pequeñas variaciones.

- N.º 8 Tubo T5 ECO con adaptador G13 y balastro electrónico



Solución muy poco conocida y que consiste en la reforma de la luminaria, sustituyendo el balastro electromagnético, por otro electrónico y aprovechar los portalámparas existentes, mediante adaptadores de tubos T5, con lo que se mejora la eficiencia espectacularmente, aprovecha la luminaria y se reconvierte a un sistema electrónico, con las ventajas que ello incorpora.

**Foto 3.** Luminaria con un tubo T8 y un tubo T5 con adaptador G13, tras el cambio del balastro.

La gran ventaja es que esta propuesta puede resultar muy interesante en luminarias especiales, de diseño, o donde se persiga la unificación de lámparas T5 en el edificio. Esta solución es de las más drásticas y a la par también eficiente, valorándose un consumo resultante por luminaria reformada de tan sólo 50 W./h.

- N.º 9 T5 Eco, tecnología Long Life

Aplicación de tubos fluorescentes trifósforo de alta luminosidad sobre luminarias con balastro electrónico, aunando un menor consumo (10% menos) y una mayor longevidad, lo que minimiza el coste de mantenimiento y de la energía consumida.

Aunque todavía no hay competitividad entre los fabricantes en este tipo de producto, se espera una mayor variedad o disponibilidad en el mercado en el futuro cercano. El tubo seleccionado ofrece una vida útil de 60.000 horas y un consumo por lámpara de 25 W., lo que hace que, montado sobre una luminaria de dos tubos con pre-caldeo ofrezca un consumo de tan sólo 50 W./h., que es la cifra utilizada para los cálculos en este estudio.

La gran diferencia, por tanto, respecto a la solución anterior, no es otra que la espectacular vida que ofrece y la reducción de los gastos de mantenimiento.

- N.º 10 Regleta electrónica con pantalla y tubo T5

Solución sencilla y simple para sustituir el tubo T8 en una luminaria con balastos electromagnéticos, por una regleta que equipa un sistema electrónico (EEI=A2) con una pantalla que concentra y aumenta la iluminancia del conjunto (*casi el doble*), con su tubo T5 trifósforo de alta luminosidad.

No es necesario manipular la luminaria, sólo retirar el tubo cebador, que no se necesita, y en todo caso cortar o eliminar el condensador si se desea corregir o mejorar el factor de potencia por encima de  $PF \geq 0,98$ . (*En algunos casos donde un mismo balastro alimenta 2 tubos, es necesario llevar alimentación a los 2 extremos de éstos, es decir, ofrecer 220 V. a los 2 portalámparas de cada tubo*).



**Foto 4.** Regletas electrónicas con pantalla T5 montadas sobre la luminaria de referencia.

El consumo del conjunto, manteniendo los balastos electromagnéticos instalados en origen, es de 56 W./h., en total.

- N.º 11 KIT adaptador electrónico para tubos T5

Equipo especialmente diseñado, a diferencia del resto de las soluciones anteriores, está dirigido a reformas de eficiencia, ya que su objetivo es modernizar la luminaria sin tocarla, con un fácil y simple cambio del tubo fluorescente T8 existente, por otro T5 con adaptador electrónico y dispositivo de seguridad (*que sustituye al cebador*), que moderniza, mejora y reduce los consumos de la luminaria, haciéndola más eficiente y con un mínimo coste, a la par que aumenta la vida de los tubos fluorescentes y reduce, por tanto, los gastos de reposición y mantenimiento.



La mejora en el Índice de Eficiencia Energética, hace que una luminaria como la utilizada de referencia, pase de un nivel EEI = D, C, B2 o B1 a un EEI = A2, que es lo máximo que podemos mejorar una luminaria, hoy en día. (Al no ser regulable, no puede ser EEI=A1).

**Foto 5.** Adaptador electrónico TEHSAsave para tubos T5 y casquillos G13, para uso con balastro.

El bajo coste de estos equipos (*entre 12 y 20 euros*), y la gran reducción de consumo que ofrecen (una media superior al 35%, según el fabricante), lo hacen una de las soluciones más rentables y viables para infinidad de instalaciones. El conjunto utilizado para cálculos, totalizaba 50 W./h. para la optimización de la luminaria de referencia.

- N.º 12 KIT ECO, compuesto de adaptador electrónico y tubo T5 ECO

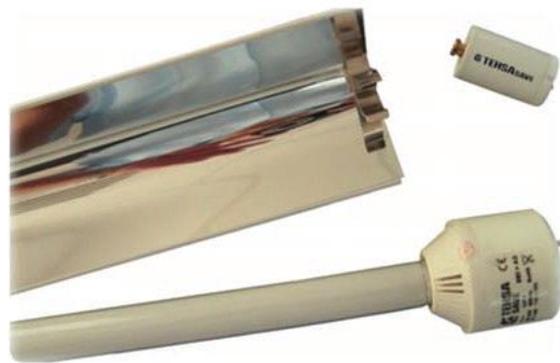
Solución idéntica a la anterior pero con la utilización de un tubo ECO, que consume un 10% menos del consumo estándar de un fluorescente T5 trifósforo tradicional.

En este caso, el conjunto de referencia dotado de estos adaptadores y tubos ECO, tiene un consumo total de 44 W./h., para la suma de los dos balastos electro- magnéticos, los adaptadores electrónicos y los dos tubos T5 de 1.149mm.

- N.º 13 KIT PLUS, adaptador electrónico para tubos T5 con reflector

Al igual que los equipos anteriores, este producto está diseñado especialmente para la optimización y mejora de la eficiencia energética y lumínica de luminarias antiguas que carecen de cualquier tipo de concentrador del flujo luminoso. (*Como el caso N.º 2 antes descrito*).

En este caso, se trata, no sólo de mejorar notablemente la eficiencia energética del conjunto, sino también la de la iluminancia de la misma, pues su pantalla reflectora orientable ofrece más del 200% más de iluminancia por concentración del flujo luminoso, lo que permite utilizar una única lámpara por cada 2 existentes, manteniendo o mejorando la iluminancia media en el plano de trabajo con un sólo tubo T5.



**Foto 6.** Kit adaptador electrónico TEHSAve con reflector para tubos T5 y casquillos G13.

Esto permite reducir drásticamente los consumos del conjunto, con ahorros energéticos espectaculares y equivalentes a una reducción de más del 70% del consumo de energía para la misma cantidad de iluminancia en el plano de trabajo.

Lo que unido a la mejora lumínica, la ausencia de parpadeos y ruidos, su mayor vida y mínimo mantenimiento, hacen de las soluciones que los fabricantes ofrecen con «un adaptador más una pantalla reflectora», una de las soluciones más rentables y eficientes que se puede encontrar. Por lo que se pasa a obtener una eficiencia superior ( $EEl \geq A2$ ), para las antiguas y obsoletas luminarias.

El conjunto utilizado para cálculos totalizaba tan solo 25 W./h. para la optimización de la luminaria de referencia, ya que sólo requiere un tubo para ofrecer el mismo flujo luminoso.

- N.º 14 KIT ECO PLUS, adaptador electrónico para tubos T5 ECO, con reflector

De iguales características técnicas, eficiencia luminosa y composición al anterior, sólo se diferencia en el tubo T5 que incorpora y que es la versión ECO, de cualquiera de los fabricantes antes mencionados, lo que le permite generar un ahorro adicional del 10% y limita su consumo a tan sólo 22 W./h., en total, para el conjunto de la luminaria, incluido (no eliminado) el balastro electromagnético original, y el nuevo adaptador electrónico que lo gobierna.

- N.º 15 TUBO LED T8, de alta eficiencia

En la actualidad los tubos LED son considerados los más eficientes del mercado, aunque tienen muchos detractores por infinidad de conceptos, y algunos de los más utilizados son:

- \* Rápida depreciación del flujo luminoso en equipos de baja calidad.
- \* Unidireccionalidad, que los hace concentrar demasiado el flujo luminoso.
- \* Ofrecen una sensación de sombra a su alrededor.
- \* Fácil deslumbramiento.
- \* Poca variedad de temperaturas de color de luz, dentro de un mismo fabricante.
- \* Elevada inversión inicial para instalaciones de poca utilización.
- \* Problemas técnicos de adaptación, por carencia de variación de sus patillas de conexión.  
y otros muchos argumentos con mayor o menor justificación real y técnica.

Pero es evidentemente que también tienen otros muchos atractivos que los hacen muy demandados para un sinnúmero de utilizaciones, donde no afectan sus limitaciones.

Una de ellas, si no la más importante, es sin lugar a dudas su bajo consumo (*el equivalente de un tubo de 36 W, con el mismo flujo luminoso, puede obtenerse con un consumo de 18 W y si bien es cierto que hay otras posibilidades entre 15 W a 20 W, dependiendo del fabricante, el consumo está en proporción directa al flujo luminoso ofrecido*), pero no es la única o prioritaria argumentación; su larga vida, la ausencia de calentamiento en su iluminación, su funcionamiento a bajas temperaturas, la ausencia de mercurio en sus componentes, la no emisión de rayos ultravioleta (*UV*), etc. lo adecuan como candidato ideal para un sinnúmero de utilizaciones y sobre todo, para elevados tiempos de utilización ininterrumpida.



**Foto 7.** Ejemplos de tubos Led T8 de alta eficiencia con cubierta difusa y rayada.

Hasta ahora, no estaban penalizados o encarecidos con ninguna tasa ECO RAEE (*REAL DECRETO 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos*) como sí lo estaban los fluorescentes tradicionales con contenido en mercurio, pero como elemento electrónico y su dificultad de reciclaje, hace que desde el 1 de Octubre de 2010, la comercialización de estas tecnologías, se vea grabada con una tasa de 0,20€ por unidad como otros equipos de iluminación o electrónica.

En el caso de la comparativa que nos ocupa se ha seleccionado un tubo T8 de alta eficiencia y máximo brillo, con un consumo de 20 W/h por tubo utilizado, garantizando una eficiencia mínima de 105 Lm/W, y un consumo total de replazo por luminaria de 40 W/h.

### 2.3.1. Resumen de tipos, propuestas y soluciones

A través del siguiente cuadro vamos a resumir las distintas variables utilizadas y que nos permitirán, posteriormente, comparar sus resultados.

**Tabla 2.** Resumen esquemático de variables consideradas, consumos y vida.

Nº	Solución Analizada	Solución Existente o Reforma	Índice de Eficiencia Energética	Potencia en Vatios por lámpara	Pérdidas W Reactanc.	Potencia total instalada, en Kw	Total consumo por mes laborable	Vida media útil del equipo en horas
1	Fluorescente T12	Existente	EEI ≤ C	40,0 w	10,0 w	2,0 Kw	501,8 Kw	6.000 h
2	Fluorescente con Tubo T8	Existente	EEI ≤ B2	36,0 w	9,0 w	1,8 Kw	451,6 Kw	8.000 h
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	Existente	EEI = A3	36,0 w	2,0 w	1,5 Kw	381,4 Kw	12.000 h
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	Existente	EEI = B2	32,0 w	7,0 w	1,6 Kw	391,4 Kw	12.000 h
5	T8 Eco Balastro Electrónico	Existente	EEI = A2	32,0 w		1,3 Kw	321,2 Kw	17.000 h
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	Existente	EEI = A2	36,0 w		1,4 Kw	361,3 Kw	84.000 h
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	Existente	EEI = A2	28,0 w		1,1 Kw	281,0 Kw	19.000 h
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	Reforma	EEI = A2	25,0 w		1,0 Kw	250,9 Kw	23.000 h
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	Existente	EEI = A2	25,0 w		1,0 Kw	250,9 Kw	60.000 h
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	Reforma	EEI = A2	28,0 w		1,1 Kw	281,0 Kw	23.000 h
11	Kit Adaptador Electr. para T5	Reforma	EEI = A2	25,0 w		1,0 Kw	250,9 Kw	23.000 h
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	Reforma	EEI = A2	22,0 w		0,9 Kw	220,8 Kw	23.000 h
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	Reforma	EEI = A2	25,0 w		0,5 Kw	125,5 Kw	23.000 h
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	Reforma	EEI = A2	22,0 w		0,4 Kw	110,4 Kw	23.000 h
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	Reforma	EEI = A2	20,0 w		0,8 Kw	200,7 Kw	50.000 h

## 2.4. Resultados de la comparación realizada

Para mostrar los resultados obtenidos, se ha optado por realizar cuadros que nos faciliten un ranking por comparativa, que muestre ordenados los mejores resultados y su posición respecto al resto. Esta fórmula permite tener en mente la solución o equipo, cuando se comparen datos de distintos cuadros o se desee realizar una doble mezcla de los mismos.

En los cuadros realizados, se muestran aquellos de interés general, despreciando algunos factores que pueden ser muy interesantes, pero que no son objetivo de este trabajo.

### 2.4.1. Longevidad de las soluciones

Comparando la vida útil de las lámparas y sin olvidar su afección por el tipo de balastro utilizado o sistema, los resultados son los siguientes:

**Tabla 3.** Ranking de longevidad de lámparas y soluciones.

Nº	Solución Analizada	Potencia en Vatios por lámpara	Vida estimada según su utilización	Vida media útil del equipo en horas
1	Fluorescente T12	40,0 w	26,1 Meses	6.000 h
2	Fluorescente con Tubo T8	36,0 w	34,8 Meses	8.000 h
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	36,0 w	52,2 Meses	12.000 h
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	32,0 w	52,2 Meses	12.000 h
5	T8 Eco Balastro Electrónico	32,0 w	73,9 Meses	17.000 h
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	28,0 w	82,6 Meses	19.000 h
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	25,0 w	100,0 Meses	23.000 h
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	28,0 w	100,0 Meses	23.000 h
11	Kit Adaptador Electr. para T5	25,0 w	100,0 Meses	23.000 h
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	22,0 w	100,0 Meses	23.000 h
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	25,0 w	100,0 Meses	23.000 h
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	22,0 w	100,0 Meses	23.000 h
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	20,0 w	217,4 Meses	50.000 h
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	25,0 w	260,9 Meses	60.000 h
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	36,0 w	365,2 Meses	84.000 h

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, el tubo LED, tiene un gran rival a bajo coste que es el tubo Long Life tanto en las versiones T8, como en la versión T5 ECO, los cuales pueden resultar muy interesantes para soluciones de reposición en zonas, áreas o cubiertas de difícil acceso, o donde la dificultad de su mantenimiento sea importante.

#### 2.4.2. Consumos y costes de energía

El principal factor a la hora de analizar las distintas soluciones y equipos, sin lugar a dudas, es la eficiencia energética de las mismas; motivos como la reducción del consumo, por un punto de vista social, medioambiental, etc. es muy importante, pero no lo es menos, la reducción de costes y ahorros generados con este tipo de medidas donde la gran mayoría de los usuarios indican que es su motivación principal.

**Tabla 4.** Ranking de gastos económicos de energía y ahorros generados según la solución.

Nº	Solución Analizada	Potencia total	Total	Coste	Gastos de	% Ahorro
		instalada, en Kw	consumo por mes laborable	Mensual de Energía	energía al Año	Generado VS T8 - Kwh
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	0,4 Kw	110,4 Kw	14,35 €	157,87 €	76%
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	0,5 Kw	125,5 Kw	16,31 €	179,40 €	72%
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	0,8 Kw	200,7 Kw	26,09 €	287,04 €	56%
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	0,9 Kw	220,8 Kw	28,70 €	315,74 €	51%
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	1,0 Kw	250,9 Kw	32,62 €	358,80 €	44%
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	1,0 Kw	250,9 Kw	32,62 €	358,80 €	44%
11	Kit Adaptador Electr. para T5	1,0 Kw	250,9 Kw	32,62 €	358,80 €	44%
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	1,1 Kw	281,0 Kw	36,53 €	401,86 €	38%
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	1,1 Kw	281,0 Kw	36,53 €	401,86 €	38%
5	T8 Eco Balastro Electrónico	1,3 Kw	321,2 Kw	41,75 €	459,26 €	29%
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	1,4 Kw	361,3 Kw	46,97 €	516,67 €	20%
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	1,5 Kw	381,4 Kw	49,58 €	545,38 €	16%
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	1,6 Kw	391,4 Kw	50,88 €	559,73 €	13%
2	Fluorescente con Tubo T8	1,8 Kw	451,6 Kw	58,71 €	645,84 €	0%
1	Fluorescente T12	2,0 Kw	501,8 Kw	65,24 €	717,60 €	-11%

El tubo LED es el punto de inflexión, donde se empiezan a separar las medidas o equipos más eficientes, con un salto de más del 29% sobre las medidas tradicionales más atractivas (*luminarias T5 con balastro electrónico*), y resultando un 47% más eficaz que éstas.

Por último, es importante ver cómo en el caso de los KIT con adaptador y re- flector los ratios se disparan hasta ahorros de un 72% al 76%, en comparación con el equipo de referencia, que recordemos se trata de una luminaria de dos tubos T8 de 36W con balastro electromagnético.

### 2.4.3. Costes de inversión

Antes o después, a la hora de plantearse un proyecto de eficiencia en iluminación interior, se termina valorando los costes del mismo y las inversiones a realizar, la tasa de retorno de la inversión y los plazos de amortización del mismo.

Con los siguientes datos se pretende ofrecer una visión orientativa de los mismos, a modo de orientación y simplemente para que el lector reflexione y realice sus propios cálculos, valorando si ya ha llegado el momento de acometer este tipo de inversiones que redundan en beneficios de todos y especialmente en su cuenta de resultados.

No hay que olvidar que en este planteamiento de costes se consideran mezclados las soluciones y equipos. Con lo que el lector tendrá que recordar que algunas medidas son de reposición, mientras que otras son de remodelación. (*Ver detalles previos*).

**Tabla 5.** Ranking de costes de equipos y soluciones, inversión inicial y total a 10 años.

Nº	Solución Analizada	Total coste Unid. reposición de equipos	Nº de reposiciones a 10 años uso:	Gasto Total anual cambio de equipos	Inversión Inicial	Inversión Total Realizada en 10 Años
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	19,50 €	0,33 Cambios	25,63 €	908,00 €	298,34 €
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	25,04 €	0,46 Cambios	46,07 €	1.129,60 €	519,62 €
5	T8 Eco Balastro Electrónico	6,54 €	1,62 Cambios	42,47 €	389,60 €	632,53 €
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	9,54 €	1,45 Cambios	55,43 €	509,60 €	740,26 €
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	28,30 €	1,20 Cambios	67,92 €	646,00 €	775,20 €
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	33,30 €	1,20 Cambios	79,92 €	746,00 €	895,20 €
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	6,54 €	2,30 Cambios	60,17 €	389,60 €	896,08 €
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	8,04 €	2,30 Cambios	73,97 €	461,60 €	1.061,68 €
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	24,30 €	1,20 Cambios	116,64 €	1.100,00 €	1.320,00 €
11	Kit Adaptador Electr. para T5	24,30 €	1,20 Cambios	116,64 €	1.120,00 €	1.344,00 €
12	Kit Eco Adapt.+Tubo T5 ECO	29,30 €	1,20 Cambios	140,64 €	1.320,00 €	1.584,00 €
2	Fluorescente con Tubo T8	8,04 €	3,45 Cambios	110,95 €	461,60 €	1.592,52 €
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	79,70 €	0,55 Cambios	175,98 €	3.316,00 €	1.830,43 €
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	38,80 €	1,20 Cambios	186,24 €	1.700,00 €	2.040,00 €
1	Fluorescente T12	8,04 €	4,60 Cambios	147,94 €	461,60 €	2.123,36 €

#### 2.4.4. Costes de propiedad

Se entiende por costes de propiedad la acumulación de gastos necesarios para el uso y disfrute de una medida o equipo, considerando estos, no sólo los costes de compra o adquisición, si no también los de repuestos, accesorios, mantenimiento y mano de obra necesarios para que en computo anual o por horas, se unifiquen y puedan compararse unas medidas con otras.

En el siguiente cuadro, podemos ver los ratios de coste anual y por hora de cada una de las medidas, elemento crucial para la toma de decisiones, ya que refleja el gasto real por su utilización en periodos de actividad similares y con utilizaciones homogeneizadas.

**Tabla 6.** Ranking de gastos de energía y coste de propiedad de cada medida o equipo.

Nº	Solución Analizada	Solución Existente o Reforma	Gastos de energía al Año	Inversión Total Realizada en 10 Años	Gasto Anual de Propiedad o Explotación	Ahorros Generados sobre el equipo de referencia
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	Reforma	157,87 €	895,20 €	247,39 €	69%
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	Reforma	179,40 €	775,20 €	256,92 €	68%
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	Existente	358,80 €	519,62 €	410,76 €	49%
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	Reforma	287,04 €	1.830,43 €	470,08 €	42%
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	Reforma	315,74 €	1.584,00 €	474,14 €	41%
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	Existente	401,86 €	740,26 €	475,88 €	41%
11	Kit Adaptador Electr. para T5	Reforma	358,80 €	1.344,00 €	493,20 €	39%
5	T8 Eco Balastro Electrónico	Existente	459,26 €	632,53 €	522,52 €	35%
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	Reforma	401,86 €	1.320,00 €	533,86 €	34%
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	Existente	516,67 €	298,34 €	546,51 €	32%
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	Reforma	358,80 €	2.040,00 €	562,80 €	30%
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	Existente	545,38 €	896,08 €	634,98 €	21%
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	Existente	559,73 €	1.061,68 €	665,90 €	17%
2	Fluorescente con Tubo T8	Existente	645,84 €	1.592,52 €	805,09 €	0%
1	Fluorescente T12	Existente	717,60 €	2.123,36 €	929,94 €	-16%

Los equipos más ventajosos resultantes de estos cálculos son los kit, en cuanto a su plazo de amortización y ahorros generados (*más del 68%*), y esto es debido, lógicamente, a que los ahorros se generan por necesitar única y exclusivamente la mitad de lámparas para obtener el mismo confort visual en el plano de trabajo.

**Tabla 7.** Cuadro con inversiones, ahorros y plazo de amortización de cada medida o equipo.

Nº	Solución Analizada	Solución Existente o Reforma	Inversión Inicial a realizar	Inversión Total Realizada en 10 Años	Ahorros Año Generados VS Equipo Referencia	Plazo simple de amortización de la inversión realizada
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	Reforma	646,00 €	775,20 €	548,17 €	1,18 Años
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	Reforma	746,00 €	895,20 €	557,70 €	1,34 Años
5	T8 Eco Balastro Electrónico	Existente	389,60 €	632,53 €	282,58 €	1,38 Años
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	Existente	509,60 €	740,26 €	329,21 €	1,55 Años
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	Existente	389,60 €	896,08 €	170,11 €	2,29 Años
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	Existente	1.129,60 €	519,62 €	394,33 €	2,86 Años
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	Existente	461,60 €	1.061,68 €	139,20 €	3,32 Años
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	Existente	908,00 €	298,34 €	258,59 €	3,51 Años
11	Kit Adaptador Electr. para T5	Reforma	1.120,00 €	1.344,00 €	311,89 €	3,59 Años
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	Reforma	1.320,00 €	1.584,00 €	330,95 €	3,99 Años
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	Reforma	1.100,00 €	1.320,00 €	271,24 €	4,05 Años
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	Reforma	1.700,00 €	2.040,00 €	242,29 €	7,02 Años
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	Reforma	3.316,00 €	1.830,43 €	335,01 €	9,90 Años
2	Fluorescente con Tubo T8	Existente	461,60 €	1.592,52 €	0,00 €	
1	Fluorescente T12	Existente	461,60 €	2.123,36 €	-124,84 €	

Como puede apreciarse en los cuadros anteriores los tubos Led, con las salvedades que fueran necesario realizar, no salen muy bien parados en cuanto a costes de propiedad y plazos de retorno de la inversión, lo que no quiere decir que no sean interesantes.

#### 2.4.1.- Consumos energéticos y mejora medioambiental

Analizar una medida como la eficiencia, siempre ha de terminar con un dato vital para el crecimiento sostenible de nuestra sociedad y es el de la incidencia en la demanda de recursos naturales y la incidencia de la medida o la reducción de las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero, de los proyectos que se acometan.

Por este motivo, indicamos en el siguiente cuadro la incidencia en MW/h y tep (*toneladas equivalente de petróleo*), que cada medida o equipo implican en su utilización o disfrute.

**Tabla 8.** Ranking del gasto energético del ejemplo y reducciones de consumo de energía.

Nº	Solución Analizada	Potencia total instalada, en Kw	Consumo de Energía anual del Centro	Consumo Total de energía en 10 años	Consumo equivalente en tep	Ahorros Generados en tep	Disminución del Consumo
1	Fluorescente T12	2,0 Kw	5.520,0 Kw	55,2 MW	4,747 tep	-0,475 tep	-11,11%
2	Fluorescente con Tubo T8	1,8 Kw	4.968,0 Kw	49,7 MW	4,272 tep	0,000 tep	0,00%
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	1,6 Kw	4.305,6 Kw	43,1 MW	3,703 tep	0,570 tep	13,33%
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	1,5 Kw	4.195,2 Kw	42,0 MW	3,608 tep	0,665 tep	15,56%
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	1,4 Kw	3.974,4 Kw	39,7 MW	3,418 tep	0,854 tep	20,00%
5	T8 Eco Balastro Electrónico	1,3 Kw	3.532,8 Kw	35,3 MW	3,038 tep	1,234 tep	28,89%
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	1,1 Kw	3.091,2 Kw	30,9 MW	2,658 tep	1,614 tep	37,78%
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	1,1 Kw	3.091,2 Kw	30,9 MW	2,658 tep	1,614 tep	37,78%
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	1,0 Kw	2.760,0 Kw	27,6 MW	2,374 tep	1,899 tep	44,44%
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	1,0 Kw	2.760,0 Kw	27,6 MW	2,374 tep	1,899 tep	44,44%
11	Kít Adaptador Electr. para T5	1,0 Kw	2.760,0 Kw	27,6 MW	2,374 tep	1,899 tep	44,44%
12	Kít Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	0,9 Kw	2.428,8 Kw	24,3 MW	2,089 tep	2,184 tep	51,11%
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	0,8 Kw	2.208,0 Kw	22,1 MW	1,899 tep	2,374 tep	55,56%
13	Kít Plus (Adaptador + T5 ECO)	0,5 Kw	1.380,0 Kw	13,8 MW	1,187 tep	3,086 tep	72,22%
14	Kít Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	0,4 Kw	1.214,4 Kw	12,1 MW	1,044 tep	3,228 tep	75,56%

En cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub> que implican la utilización de cada medida, considerando las mismas en un ratio de 0,383 Kg, los resultados son los siguientes:

**Tabla 9.** Ranking de consumo de energía y disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.

Nº	Solución Analizada	Consumo de Energía anual del Centro	Emisiones de CO <sub>2</sub> del centro al año	Disminución de las emisiones VS equipo de Referencia
1	Fluorescente T12	5.520,0 Kw	2,114 Tn CO <sub>2</sub>	-0,211 Tn CO <sub>2</sub>
2	Fluorescente con Tubo T8	4.968,0 Kw	1,903 Tn CO <sub>2</sub>	0,000 Tn CO <sub>2</sub>
4	T8 Eco, con Balastro Electromag.	4.305,6 Kw	1,649 Tn CO <sub>2</sub>	0,254 Tn CO <sub>2</sub>
3	Tubo T8, Balastro Electrónico	4.195,2 Kw	1,607 Tn CO <sub>2</sub>	0,296 Tn CO <sub>2</sub>
6	Tubo T8, Long Life Electrónico	3.974,4 Kw	1,522 Tn CO <sub>2</sub>	0,381 Tn CO <sub>2</sub>
5	T8 Eco Balastro Electrónico	3.532,8 Kw	1,353 Tn CO <sub>2</sub>	0,550 Tn CO <sub>2</sub>
7	Tubo T5 con Balastro Electrónico	3.091,2 Kw	1,184 Tn CO <sub>2</sub>	0,719 Tn CO <sub>2</sub>
10	Regleta Electr. con Pantalla T5	3.091,2 Kw	1,184 Tn CO <sub>2</sub>	0,719 Tn CO <sub>2</sub>
8	Tubo T5 ECO + Adapt. + B. Electr.	2.760,0 Kw	1,057 Tn CO <sub>2</sub>	0,846 Tn CO <sub>2</sub>
9	T5 Eco, Tecnología Long Life	2.760,0 Kw	1,057 Tn CO <sub>2</sub>	0,846 Tn CO <sub>2</sub>
11	Kit Adaptador Electr. para T5	2.760,0 Kw	1,057 Tn CO <sub>2</sub>	0,846 Tn CO <sub>2</sub>
12	Kit Eco Adapt.+ Tubo T5 ECO	2.428,8 Kw	0,930 Tn CO <sub>2</sub>	0,973 Tn CO <sub>2</sub>
15	Tubos Led T8 Alta Eficiencia	2.208,0 Kw	0,846 Tn CO <sub>2</sub>	1,057 Tn CO <sub>2</sub>
13	Kit Plus (Adaptador + T5 ECO)	1.380,0 Kw	0,529 Tn CO <sub>2</sub>	1,374 Tn CO <sub>2</sub>
14	Kit Eco Plus (Adap.+Reflec.+T5)	1.214,4 Kw	0,465 Tn CO <sub>2</sub>	1,438 Tn CO <sub>2</sub>

## 2.5. Conclusiones

Cualquiera de las soluciones economizadoras descritas anteriormente merece la pena, y aunque para algunos usos, algunas tecnologías tardan mucho en amortizarse, también ofrecen mucha vida adicional tras su amortización total. Por ejemplo el tubo Led, a parte de sus grandes ahorros económicos y energéticos, ofrece en este ejemplo un plazo de amortización de casi 10 años (9,9 años), todavía tiene una longevidad adicional de otros 8 años más de vida útil, lo que le hacen muy interesante, pues cada vez será más cara la energía. *(En este trabajo no se ha considerado el incremento constante del precio de la energía).*

Otras de las conclusiones reveladoras es que las soluciones de bajo consumo y larga vida (*versiones Long Life y ECO*), aportan ahorros económicos, no sólo por su pequeña reducción de costes energéticos, sino también por la ausencia o eliminación de reposiciones y mantenimiento, que al igual que la energía, la mano de obra será a futuro también más elevada. Resultando especialmente atractiva esta solución en puntos de consumo existentes ya modernizados con balastro electrónico.

- **Soluciones (ejemplo)**

En materia de eficiencia en iluminación interior, se trataba de minimizar los consumos energéticos en las instalaciones de iluminación. Dichas instalaciones estaban basadas principalmente, y casi en un 80%, en fluorescencia, en un 13% en lámparas de filamento, y un 7% para el resto de tecnologías, centrándose lógicamente en estos dos grupos.

Por otra parte el objetivo perseguía el aprovechamiento de las luminarias existentes, sin restricciones en la calidad lumínica de los recintos, mejorando todo lo posible el nivel de eficiencia, ya que predominaban los Índices de Eficiencia Energética: EEI = C y B2 en la gran mayoría de los equipos.

La implantación de balastros electrónicos y el cambio de lámparas por otras más eficientes se descartó, no porque no fueran interesantes esas medidas, sino por la mano de obra tan elevada que exigía el recableado y manipulación de la totalidad de las luminarias, donde casi compensaba en algunos casos, sustituirlas por otras nuevas.

La solución adoptada estaba basada en un adaptador de tecnología «TE- HSAsave» que lo que permite es aprovechar el 100% de la luminaria, actualizando la misma a tubos T5 de alta eficiencia, que junto con el adaptador electrónico, convierten la luminaria en electrónica, generando entre un 35 y un 50% de ahorro en energía (*en función del tamaño de la lámpara*), prolongando la vida de 6.000-8.000 horas a 25.000, eliminando los parpadeos, ruidos y mejorando el factor de potencia de las instalaciones (FPmed>0,95).



**Foto 4.** Tubos fluorescentes T5 con adaptadores TEHSAsave electrónicos.

Los puntos optimizados fueron 1.674 de los cuales 250 fueron sustituciones de lámparas tradicionales de 60-80 y 100 W., por otras de bajo consumo de 15 W., obteniendo los siguientes resultados estadísticos según las mediciones realizadas:

**PotenciaConsumo Total Real**

Lámpara	Previo	Posterior	Ahorros		
20,0 W	28,0 W	14,0 W	50%	1,6 KWh	3.844 KWh
40,0 W	50,0 W	27,0 W	46%	1,8 KWh	4.510 KWh
60,0 W	72,0 W	35,0 W	51%	2,5 KWh	6.167 KWh
18,0 W	22,0 W	14,0 W	36%	3,8 KWh	9.413 KWh
36,0 W	42,0 W	26,0 W	38%	<b>Total Consumo Ahorrado</b> 9,6 KWh 23.611 KWh	
58,0 W	66,0 W	35,0 W	47%	<b>Por Hora</b>	<b>Al Año</b> 2,5 KWh 6.231 KWh

					Numero de Unid.		

- 80
- 68
- 480
- 602
- 822

Los costes de energía ahorrados anualmente superarán los 11.233 € y a lo largo de su vida útil, generarán más de 85.371 €, habiendo dejado de emitir a la atmósfera más de 37,4 Tn de CO<sub>2</sub> al año con un ahorro equivalente de 80,05 Tep al año (Toneladas equivalentes de petróleo)

Los centros optimizados, han pasado de ser centros educativos con muy bajo nivel de eficiencia luminosa, a la máxima eficiencia posible, (sin utilización de equipos de control).

De esta manera los centros educativos optimizados, pueden mejorar su nivel de eficiencia luminosa con el menor coste posible, y alcanzar importantes ahorros económicos y un mayor estándar ambiental al reducir su «huella ecológica».