



UNIÓN DE ASOCIACIONES  
DE INGENIEROS TÉCNICOS  
INDUSTRIALES Y GRADUADOS  
EN INGENIERÍA DE LA  
RAMA INDUSTRIAL DE ESPAÑA

# **UNIÓN DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES Y GRADUADOS EN INGENIERÍA DE LA RAMA INDUSTRIAL DE ESPAÑA (UAIIE)**

**“CONVOCATORIA 2022”**

**VII PREMIO NACIONAL DE INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN  
TECNOLÓGICA**

**Título del Trabajo: Proyecto Innova Edificios  
Sostenibles (IES JIMENA)**

**AUTOR/ES:**

Álvaro Palacios de Pazos  
Hugo Oyón Suárez  
Iván González García  
Sergio Melendi García

**BLOQUE TEMÁTICO:**

Energías Renovables  
Ahorro Energético  
Gestión de Residuos  
Urbanismo Inteligente

**NIVEL EDUCATIVO:**

Bachillerato

**COORDINADOR:**

Susana del Busto González

**MARZO, 2022**



## Resumen

La Asamblea General de la ONU en su Agenda 2030 plantea el objetivo 11, que se refiere a ciudades y comunidades sostenibles. Este es el punto de partida de nuestro proyecto, innovación y eficiencia energética aplicada a los edificios públicos, debido a que estos, son los mayores consumidores de energía de la UE. En este proyecto realizamos una reforma integral. Una medida, es la instalación de un ascensor de hidrógeno, cuya pila de hidrogeno funciona con paneles solares situados en el tejado. También realizamos mejoras en el exterior del edificio, concretamente en el patio del instituto, con la instalación de suelos piezoeléctricos, los cuales generan energía suficiente para cubrir la demanda de luz del gimnasio. Por otro lado, para reducir el consumo de energía realizamos un estudio de iluminación del aula del grupo con el software Dialux, sustituyendo las fluorescentes por LED, además de realizar un análisis DAFO de la calefacción, tomando la decisión de sustituir la caldera de gas por un sistema híbrido con calderas de condensación en cascada y geotermia. Por otra parte, para acceder al instituto, el portón lo sustituimos por uno hidráulico. La reducción de la demanda de calefacción se lleva a cabo con la acción conjunta de una fachada ventilada y de cubiertas vegetales en la azotea del edificio. Debido a la situación actual del COVID-19, tomamos conciencia de la importancia de la calidad del aire, pintamos las aulas con una pintura especial con base de grafeno que absorbe el CO<sub>2</sub>, y mejoramos el aire exterior con un pavimento en las aceras que absorbe CO<sub>2</sub>, y con filtros electrostáticos para la chimenea. También proponemos mejorar el reciclaje de residuos, creando una plataforma de incentivos que ayude a sumarse al reciclaje a los alumnos que todavía no reciclan, y a los que ya reciclan, a alcanzar un retorno tangible a su esfuerzo. Para ello, implementamos una aplicación para el teléfono móvil con el software AppInventor. Con este proyecto reducimos la huella de carbono de nuestro instituto y si el método se extrapola a todos los edificios públicos, conseguiremos cumplir con la Agenda 2030.

## Palabras Clave

Ahorro Energético-Gestión de Residuos-Urbanismo Inteligente-Energías Renovables



# Índice

<b>Resumen.....</b>	<b>2</b>
<b>Palabras Clave .....</b>	<b>2</b>
<b>Índice .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Desarrollo .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Metodología.....</b>	<b>5</b>
<b>4. Resultados .....</b>	<b>6</b>
4.1. <i>Reducción de la demanda de calefacción.....</i>	<i>6</i>
4.2. <i>Reducción del consumo de energía.....</i>	<i>9</i>
4.2.1. Iluminación LED versus fluorescentes.....	10
4.2.2. Calefacción eficiente .....	12
4.2.3. Portón hidráulico .....	13
4.3. <i>Reciclaje de residuos y conciencia social .....</i>	<i>13</i>
4.4. <i>Mejora de la calidad del aire .....</i>	<i>15</i>
4.5. <i>Investigación de tecnologías emergentes .....</i>	<i>16</i>
4.5.1. Ascensor de hidrógeno.....	16
4.5.2. Baldosas piezoeléctricas .....	18
<b>5. Conclusión .....</b>	<b>19</b>
<b>6. Referencias .....</b>	<b>20</b>



## 1. Desarrollo

Los edificios son los mayores consumidores de energía en la UE (42%), seguidos por los sectores del transporte (31%) y la industria (25%), como podemos ver en la figura (1) (Tribunal de Cuentas Europeo, 2020). En los hogares de la UE, solo el consumo en calefacción y agua caliente corresponde al 79 %, con lo que el ahorro de energía derivado de las reformas de los edificios en materia de sostenibilidad se centra en la mejora de los sistemas de aislamiento, calefacción e iluminación (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2022).

La Asamblea General de la ONU en su Agenda 2030, contempla una hoja de ruta para el desarrollo sostenible, donde se establecen 17 objetivos. En concreto, el objetivo 11 se refiere a ciudades y comunidades sostenibles (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, 2022). Este es el punto de partida de nuestro proyecto, innovación y eficiencia energética aplicada a los edificios públicos. Nuestro proyecto piloto busca convertir nuestro instituto, el IES Doña Jimena, en un centro educativo sostenible, y su extrapolación al resto de edificios públicos de nuestra comunidad autónoma. Pero el edificio no puede ni debe ser el único protagonista de este gran cambio, sino también las personas, la conciencia social de nuestra comunidad educativa, a través del reciclaje y el ahorro de energía. Y aún más importante, la actual crisis energética, ha disparado los precios de la luz y el gas, urge un cambio de modelo energético en los edificios público, sobre todo en los colegios, institutos y universidades.

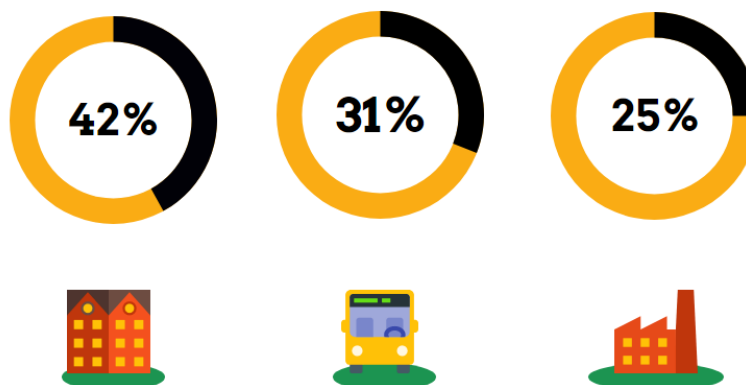


FIGURA 1. PRINCIPALES CONSUMIDORES DE ENERGÍA EN LA UE. IES JIMENA (2022).



## 2. Objetivos

A raíz de la preocupación social por el medioambiente y por la actual crisis energética, y movidos por el espíritu europeo y de la agenda 2030, se propone el presente proyecto, que consiste en el desarrollo y la implementación de un modelo sostenible de aplicación en edificios públicos con los siguientes objetivos:

- I. Reducir la demanda y el consumo de energía.
- II. Generar energía de forma autónoma y utilizarla.
- III. Mejorar el confort
- IV. Reducir la huella ecológica de la organización.

## 3. Metodología



FIGURA 2. FASES DEL PROYECTO. IES JIMENA (2022).

La metodología seguida está basada en el método de proyectos propio de la materia de tecnología existiendo una clara sinergia con el método científico, dado el enfoque experimental del proyecto. En la figura (2) se incluye una infografía de las diferentes fases del proyecto. La innovación es el hilo conductor en cada una de las fases del proyecto. Innovamos en el producto, con soluciones tecnológicas emergentes como el ascensor de hidrógeno, actualmente en fase experimental y con un futuro prometedor, o con la tecnología blockchain aplicada al reciclaje en un centro educativo. Innovamos en el proceso. La sinergia entre sostenibilidad e innovación aplicada a los edificios públicos basada en la experiencia de este edificio piloto es todo un referente en nuestra comunidad.



## 4. Resultados

Con el objetivo de reducir la demanda de calefacción del edificio se plantea la mejora de la envolvente térmica del edificio con la instalación de una fachada ventilada, con lo que vamos a conseguir también mejorar los puentes térmicos, aquellos elementos en la fachada por donde se escapa el calor más fácilmente, consiguiendo confort térmico y evitando la condensación superficial en el interior de la vivienda. En la azotea se instalarán cubiertas vegetales, que además de mejorar la eficiencia energética reducen las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera.

### 4.1. Reducción de la demanda de calefacción

#### ¿Qué es una fachada ventilada y cuál es su utilidad?

La fachada ventilada es un sistema de constructivo que deja una cámara ventilada entre el revestimiento y el aislamiento y elimina los puentes térmicos, así como los problemas de condensación. De esta manera se consigue un comportamiento térmico excelente y se evita la humedad. Por ello, es considerado el sistema más eficaz para solucionar el aislamiento del edificio y cuenta con una gran aceptación.

Debido al calentamiento del aire del espacio intermedio (entre el aislamiento y el revestimiento) con respecto a la temperatura ambiente, se produce el llamado “efecto chimenea”, que genera una ventilación continua en la cámara. De esta forma, se consigue una constante evacuación del vapor de agua proveniente tanto del interior como del exterior del edificio, manteniendo el aislamiento seco y obteniendo un mejor rendimiento de éste y un gran ahorro en el consumo energético (ULMA Architectural Solutions, 2022).

El ahorro de calefacción mínimo es del orden de un 40% y puede llegar al 80%, dependiendo de la eficiencia de la fachada ventilada y de las características constructivas y localización del edificio.



### ¿Cuánto se tarda en amortizar la fachada ventilada?

En la tabla (1), se recogen los precios y el cálculo de la amortización de la fachada ventilada en el edificio objeto. Se ha utilizado la herramienta Google Maps para medir la superficie de la fachada y se ha aplicado el precio según las opciones comerciales disponibles (Cronoshare, 2022).

TABLA 1. PRECIOS Y AMORTIZACIÓN DE LA FACHADA VENTILADA EN NUESTRO INSTITUTO

Parte de la fachada	Precio mínimo	Precio medio	Precio máximo
Revestimiento	91.620,00 €	351.210,00 €	610.800,00 €
Aislamiento	15.270,00 €	25.959,00 €	36.648,00 €
Sistema de anclaje o fijación	24.432,00 €	65.661,00 €	106.890,00 €
TOTAL	131.322,00 €	442.830,00 €	754.338,00 €
Amortización en años	6,32	21,31	36,30

Superficie de la fachada (m <sup>2</sup> )	3.054,00
--	----------

Gasto anual de gas	24.448,00 €
% de ahorro energético	85%



### ¿Qué son y para qué sirven las cubiertas vegetales?

Una cubierta vegetal es un tipo de techo verde, que junto con las cubiertas que incorporan placas de energía solar o las que protegen con materiales de alta reflectancia, mejoran la eficiencia energética de los edificios, ya que colaboran en el ahorro en el consumo de energía. Su función es la de mejorar el comportamiento energético con respecto a su entorno.

Se ha comprobado que la cubierta vegetal colabora en la reducción de la temperatura en las ciudades. Un uso racional de esta tecnología reduce el efecto de isla de calor, causado por la alta densidad de edificios construidos, el tráfico o el uso de los aparatos de aire acondicionado.



### ¿Cuáles son los beneficios económicos de las cubiertas vegetales?

Según la información consultada en (Rj-Energéticos, 2022) los beneficios económicos de las cubiertas vegetales son:

*Mejor aislamiento:* Las cubiertas vegetales son un excelente aislante en invierno y en verano, lo que conlleva a un menor uso de aire acondicionado o calefacción, y por tanto produciendo un ahorro energético. En invierno, el nivel de aislamiento depende del grado de acumulación de humedad en sus diferentes capas. Sin embargo, durante el verano el aislamiento es óptimo debido a que las capas están secas y el calor “rebota”.

*Protección contra agentes meteorológicos:* Los techos están sometidos a agentes externos constantemente, llegando algunos a ser extremos, como cambios de temperatura de 100°C. Hay estudios que demuestran que un techo dura hasta tres veces más si dispone de una cubierta vegetal. A la larga, esto constituye un ahorro económico significativo.

*Retención del agua de la lluvia:* Estudios realizados han demostrado que las cubiertas vegetales permiten reducir la cantidad de agua que se vierte en el alcantarillado, entre un 70% y un 95% menos durante el verano. Las cubiertas acumulan agua en las plantas y el sustrato, y la devuelven a la atmósfera a través de la evaporación. Por tanto, la cantidad de agua que alcanza a acumular una cubierta depende del grosor y tipo del sustrato, el método de drenaje y la vegetación utilizada

*Vida útil más larga:* recuperación de la inversión en 8 a 21 años.



### ¿Cuánto CO<sub>2</sub> absorbe la cubierta vegetal en la azotea del instituto?

En la figura (3) se observa que la superficie de la azotea del edificio es de 1.327 m<sup>2</sup>, lo que corresponde a 6.635 kg de CO<sub>2</sub> absorbido al año, teniendo en cuenta que “Según el National Research Council of Canada, 1m<sup>2</sup> de cubierta vegetal pueden absorber hasta 5 kg de CO<sub>2</sub> al año”.



FIGURA 3. MEDICIÓN DEL ÁREA DE LA AZOTEA CON GOOGLE MAPS. IES JIMENA (2022).

Además, 1m<sup>2</sup> de cubierta vegetal puede absorber la misma cantidad de CO<sub>2</sub> que emitirá un vehículo normal en un recorrido de 80 km. Así que la cubierta vegetal de la azotea del edificio corresponde a la emisión de 1.327 vehículos (Rj-Energéticos, 2022).

## **4.2. Reducción del consumo de energía**

En la etapa de búsqueda de soluciones se ha decidido reducir el consumo de energía en iluminación y calefacción, y en el portón de acceso al instituto. A continuación, se explican en detalle cada una de las actuaciones planteadas.




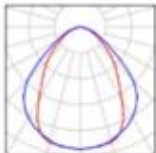


#### 4.2.1. Iluminación LED versus fluorescentes

Reducir el consumo de energía es esencial, para ello se plantea actuar sobre la iluminación de las aulas y la biblioteca. En este caso se realiza el proyecto de iluminación con el software libre DIALUX de un aula objeto donde se imparte clase al grupo B2Q. La iluminación de los pasillos con amplios ventanales y demás espacios de tránsito, con buena iluminación natural, no se incluyen en la propuesta, ya que el tiempo de funcionamiento de las luminarias es limitado.

Actualmente, en el aula están instalados 9 fluorescentes de dos tubos cada uno. En este proyecto proponemos sustituirlos por luces LED que, si bien se necesitan más unidades para conseguir una iluminación adecuada, la eficiencia se mejora en un 35% (también hay que considerar que el 'aula' es una cafetería habilitada para dar clase, con lo cual requiere más iluminación que una clase promedio). Para el cálculo, hemos considerado los valores referidos en la Tabla (2) (de acuerdo con el fabricante):

TABLA 2. DATOS DEL FABRICANTE [AULA B2Q]. IES JIMENA (2022).

Aula B2Q FLUORESCENTE / Lista de luminarias	
9 Pieza	DIAL 26 USH-ID 2/54W T16 EVG ASQ500 Nº de artículo: 26 Flujo luminoso (Luminaria): 6188 lm Flujo luminoso (Lámparas): 8840 lm Potencia de las luminarias: 118,0 W Clasificación luminarias según CIE: 24 Código CIE Flux: 67 91 98 24 70 Lámpara: 2 x T16 54W (Factor de corrección 1 000)
	
Aula B2Q LED / Lista de luminarias	
17 Pieza	DELTA-LIGHT 389 610 36 ED1 SRL - LED ARRAY 1 x 36W DOWN DIM1 Nº de artículo: 389 610 36 ED1 Flujo luminoso (Luminaria): 4569 lm Flujo luminoso (Lámparas): 5090 lm Potencia de las luminarias: 41,0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 63 89 98 100 75 Lámpara: 1 x 389 610 36 ED1 SRL - LED ARRAY 1 x 36W DOWN DIM1 + PC PRISMATIC PROFILE (Factor de corrección 1 000)
	

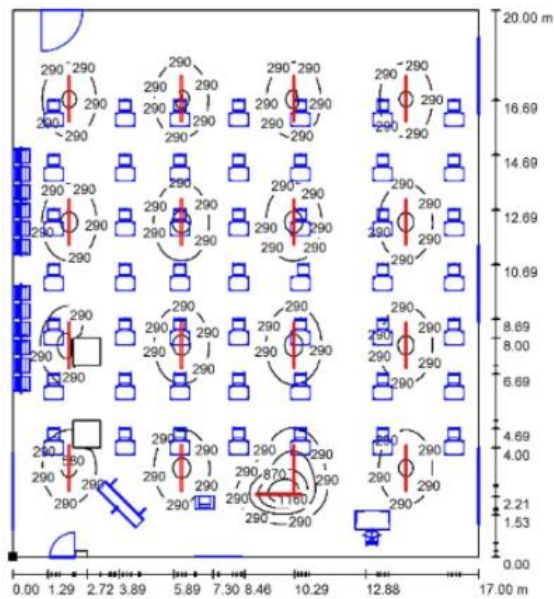
**Aula B2Q (Fluorescentes)**  
-9 piezas (dos tubos cada una)  
-Potencia de 118W cada una (potencia total: 118x9= 1062W)  
-Eficiencia energética de 3,12 W/m<sup>2</sup>

**Aula B2Q (LEDs)**  
-17 piezas (1 tubo cada una)  
-Potencia de 41W cada una (potencia total: 41x17= 697W)  
-Eficiencia energética de 2,05 W/m<sup>2</sup>

La iluminación media para un aula de enseñanza se establece en 300 Lux (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, marzo de 2021). Como podemos apreciar en el esquema de isolíneas con iluminación LED, la normativa se cumple con creces, mientras que, en el montaje con fluorescentes no se cumple, ver figura (4).



Aula B2Q LED / Luz artificial / Plano útil / Isolíneas (E)



Aula B2Q FLUORESCENTE / Luz artificial / Plano útil / Isolíneas (E)

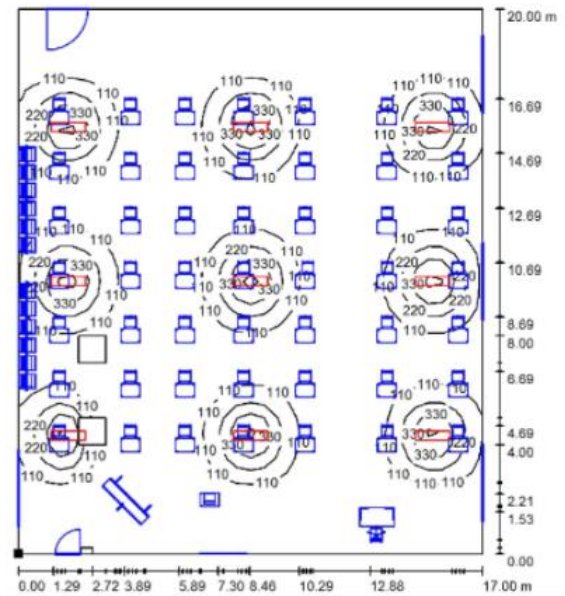


FIGURA 4. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA [AULA B2Q]. IES JIMENA (2022).

En la Figura (5) se puede ver el plano de distribución en planta de las nuevas luminarias LED, y la visualización fotorrealista de los resultados del proyecto de iluminación con luminarias LED.

Aula B2Q LED / Luz artificial / Plano útil / Isolíneas (E)

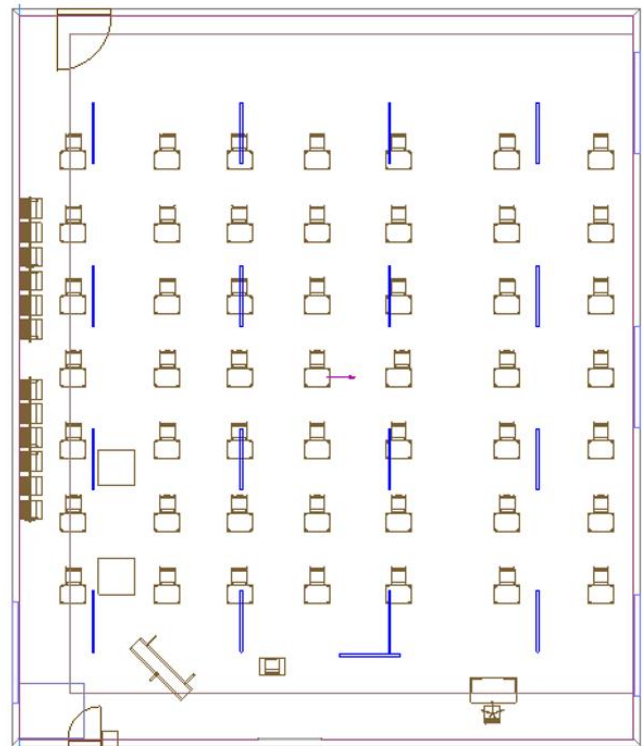
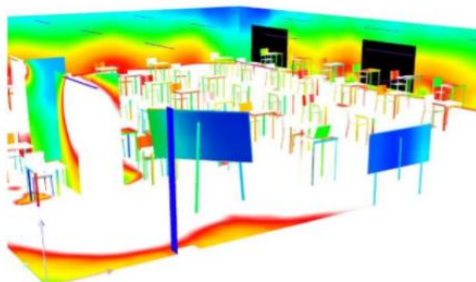


FIGURA 5. PLANO LOCALIZACIÓN DE LUMINARIAS LED Y RENDERIZADO 3D [AULA B2Q]. IES JIMENA (2022).



## 4.2.2. Calefacción eficiente

La caldera del instituto es de gas natural, con lo que se ha pensado en sustituirla por una más eficiente, con el objetivo de optimizar el consumo y reducir las emisiones de dióxido de carbono. Para ello se han estudiado diferentes opciones disponibles en el mercado. A corto plazo, se propone la instalación de una caldera híbrida de condensación y geotérmica con un sistema de captación horizontal, de fácil instalación en el patio del instituto. La caldera de hidrógeno y el sistema de calefacción por energía nuclear son opciones para tener en cuenta en futuros proyectos. Un hecho curioso es que la utilización de la energía nuclear en los edificios ya ha sido estudiada hace ya varias décadas (Losev, V.L. et al, 1989), y en la actualidad está funcionando en Siberia (Magnet, 2021). Sin embargo, la tecnología del hidrógeno tiene una mejor aceptación social en la actualidad, y se perfila como la energía del futuro. En la figura (6) se incluye el análisis DAFO que se ha empleado en la toma de decisiones del proyecto.

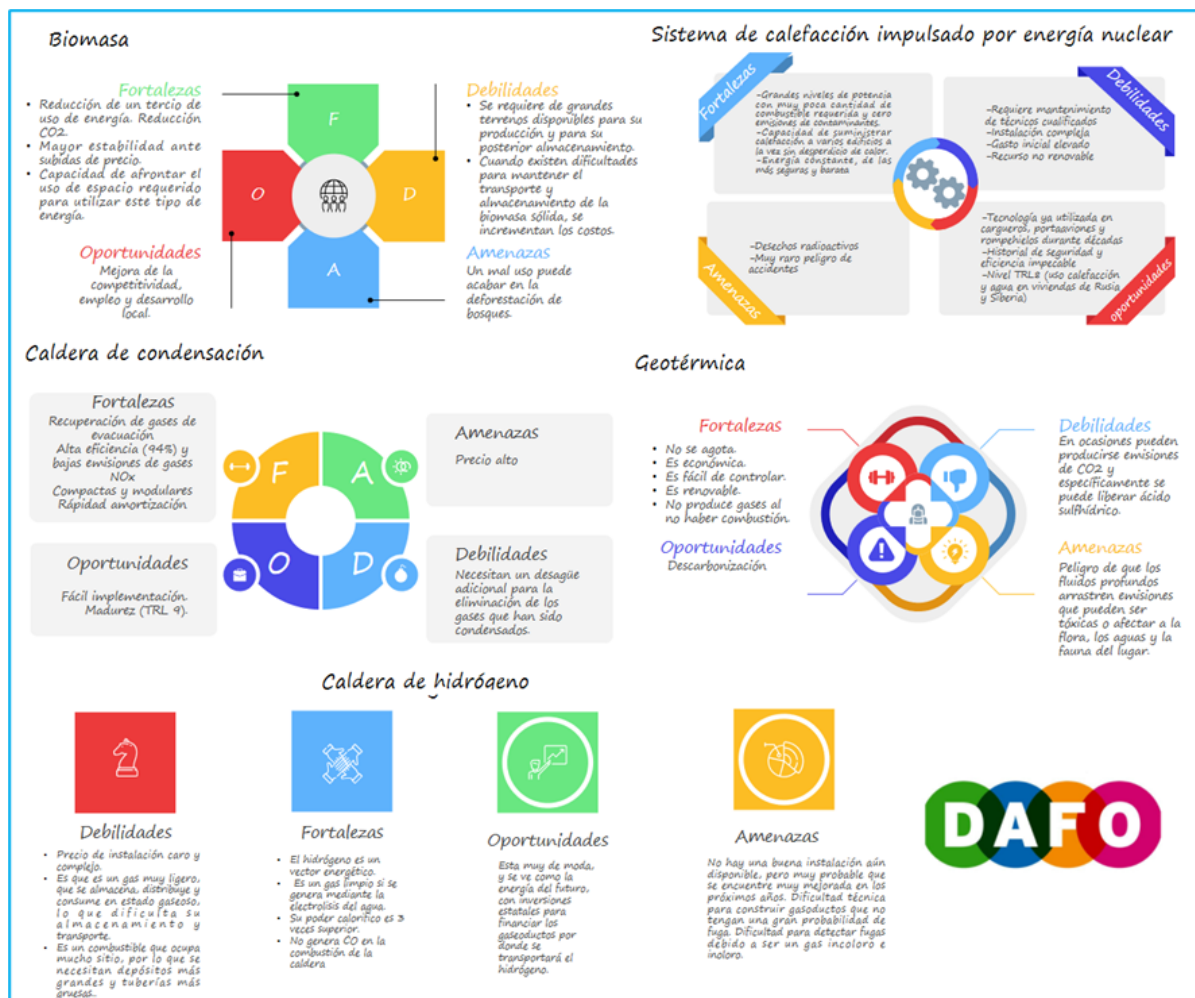


FIGURA 6. ANÁLISIS DAFO DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN. IES JIMENA (2022).



### 4.2.3. Portón hidráulico

En la situación pandémica actual, para cumplir con el protocolo COVID establecido por la Consejería de Educación relativo a las entradas escalonadas del alumnado, el portón del instituto ha ganado especial protagonismo. Queremos reducir su consumo mediante un sistema de accionamiento mediante un pistón oleodinámico de uso muy intensivo. Este es adecuado para cualquier tipo de aplicación: residencial, industrial o comunitaria. Compacto y robusto, puede automatizar hojas de cancelas batientes de hasta 5 metros de ancho y, como máximo, 800 kg de peso, adaptándose a las medidas del portón del instituto. Además, garantiza la máxima seguridad antiplastamiento gracias al exclusivo sistema D-Track, según datos del fabricante (BFt, 2022).

### 4.3. Reciclaje de residuos y conciencia social

#### ¿Qué es la Aplicación móvil RECICLA+?

RECICLA propone al ciudadano seguir colaborando con la protección del medio ambiente a través del reciclaje y, a la vez, mejorar su entorno más cercano. Nuestro sistema de recompensa premia el comportamiento medioambiental responsable. El reciclaje en este siglo requiere de la tecnología para poder avanzar, compatibilizando los contenedores del colegio con nuestra app, y dando al alumnado la opción de participar en este proceso de reciclaje.

El beneficio medioambiental final del reciclaje es: la circularidad de los envases y la infinita vida de estos, junto con el ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub>, agua y energía. Respondemos a la demanda social de gran parte de la población, creando una plataforma de incentivos que ayude a sumarse al reciclaje a los alumnos que todavía no reciclan, y a los que ya reciclan, a alcanzar un retorno tangible a su esfuerzo. Consideramos que esto es una gran oportunidad para crear una comunidad de jóvenes recicladores para crear un futuro verde y sostenible.



## ¿Cómo funciona el sistema de recompensas?

El funcionamiento de la aplicación se define en 4 pasos. La interfaz de la aplicación se puede ver en la Figura (7):

1. Iniciar sesión en la aplicación y seleccionar que a qué curso escolar perteneces.
2. Escanear código de barras del desecho (botella, brick...)
3. Escanear el código QR del contenedor utilizado. Los puntos se almacenan en el contenedor digital de RECICLA.
4. Canjea los puntos conseguidos por una gran variedad de recompensas.



FIGURA 7. APLICACIÓN MÓVIL DEL SISTEMA DE RECOMPENSA POR RECICLAJE BASADO EN LA RECNOLÓGÍA BLOCK-CHAIN. IES JIMENA (2022)

La implementación de la aplicación se realiza con el software libre AppInventor. En la figura (8) se puede ver la interfaz de la aplicación, y el diagrama de bloques correspondiente a la programación del lector de código QR.

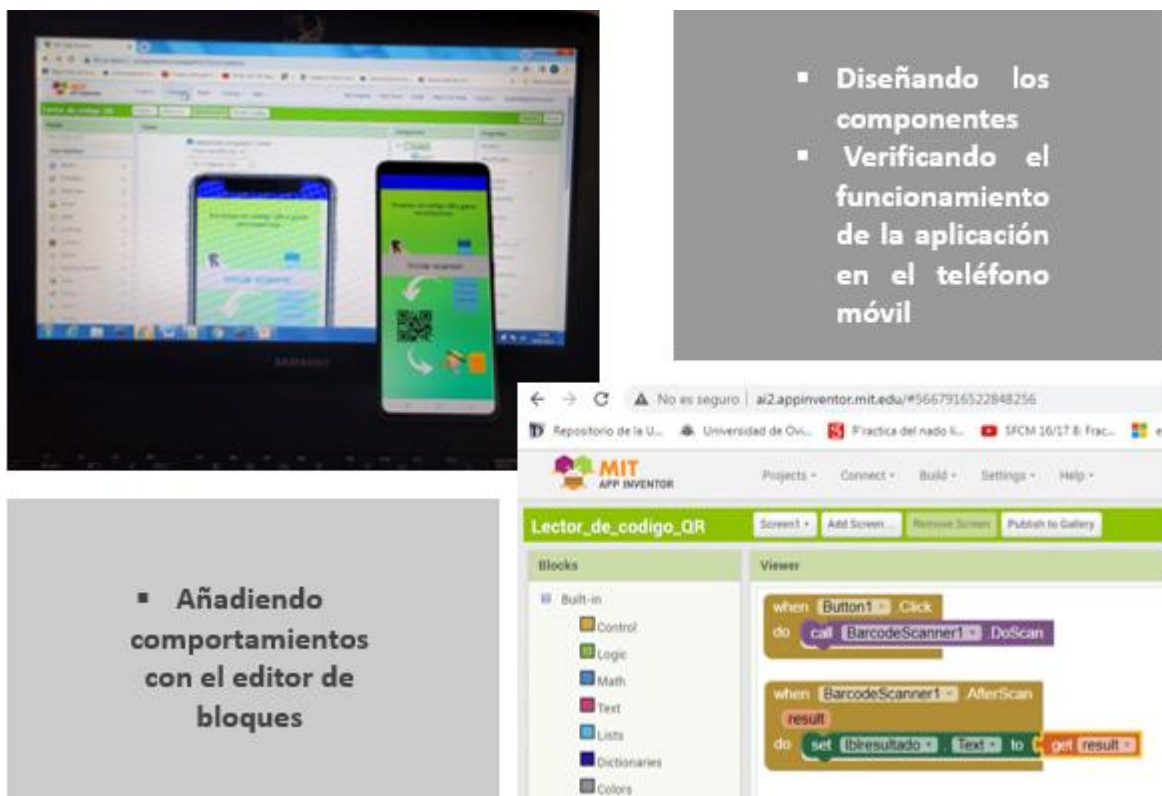


FIGURA 8. IMPLEMENTACIÓN LECTOR DE CÓDIGO QR CON APPINVENTOR. IES JIMENA (2022)

#### 4.4. Mejora de la calidad del aire

¿Cómo mejoramos la calidad del aire interior?

En la situación pandémica actual, nuestro instituto ha instalado medidores de CO<sub>2</sub> en todas las aulas, y ahora somos conscientes de la necesidad de mejorar la calidad del aire interior. Hemos pensado en pintar las aulas con una pintura que absorba el CO<sub>2</sub>, con la pintura ecológica Graphenstone, elaborada a base de cal y grafeno, nos ha parecido la mejor opción. Las pinturas de Graphenstone no solo evitan contaminar, sino que contribuyen a purificar el ambiente, mejorando la calidad del aire interior (Graphenstone,2022).

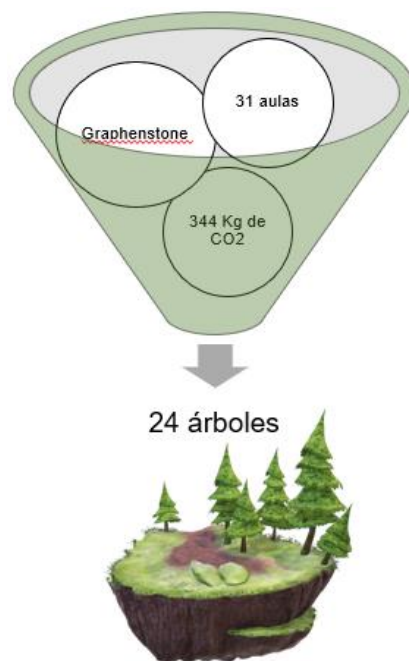


FIGURA 9. EQUIVALENCIA EN ÁRBOLES PINTURA AULAS. IES JIMENA (2022).



Según el fabricante, tres botes de 15 litros de una de nuestras pinturas eliminan más de 14,4 kilogramos de dióxido de carbono al año, lo mismo que un árbol adulto. Si pintamos con esta pintura las 31 aulas del instituto, conseguiríamos limpiar 344 kg de CO<sub>2</sub> anuales, ver figura (9).

### ¿Cómo mejoramos la calidad del aire exterior?

Inspirados en un proyecto pionero del Ayuntamiento de Bilbao, que ha colocado baldosas que absorben el CO<sub>2</sub> en zonas peatonales, nuestra propuesta es que el Ayuntamiento de Gijón, coloque estas baldosas en las aceras que dan acceso a los centros escolares urbanos. Cada metro cuadrado de pavimento GeoSilex limpia 5000 metros cúbicos de aire, como si las aceras fueran inmenso manto vegetal (Plataforma digital de la construcción, 2011).

Hay diversas tecnologías que pueden usarse para eliminar los contaminantes de las emisiones de las chimeneas, los cuales capturan a los contaminantes antes de que se emitan a través de esta. Después de estudiar varias opciones, nos decantamos por la instalación de precipitadores electrostáticos en la chimenea del instituto, estos utilizan la atracción magnética para extraer los contaminantes de menor tamaño. Son por lo tanto muy eficientes para recoger pequeñas partículas contaminantes en suspensión (eficiencia del 99%).

## **4.5. Investigación de tecnologías emergentes**

En este apartado recogemos las investigaciones que hemos realizado para generar energía.

### **4.5.1. Ascensor de hidrógeno**

Un ascensor, mientras no está funcionando, está en estado durmiente y al llamarlo despierta de repente. Al arrancar consume mucha energía, como en un coche. Necesitamos almacenar la energía y usarla en el momento más adecuado. Nuestro ascensor de hidrógeno híbrido con una pila de combustible reversible y paneles



solares situados en el tejado y en la azotea del instituto, es solo un prototipo, pero podría ser el futuro de los ascensores. En el aula de tecnología, hemos experimentado con la maqueta de un coche de hidrógeno suministrado por VENTUS Ciencia Experimental, adaptándolo para su uso como ascensor. A continuación, se explica el funcionamiento de la pila de combustible reversible (Heliocentris Energy Solutions, 2022):

- Un sistema de pila de combustible y electrolizador almacena energía a partir de fuentes renovables, en nuestro caso una célula solar. El hidrógeno combustible producido en el electrolizador se almacena y se utiliza posteriormente en una pila de combustible cuando se necesite la electricidad.
- Comportándose como electrolizador, la pila de combustible separa una pequeña cantidad de agua en hidrógeno y oxígeno gaseosos (carga). Los gases se recogen en el dispositivo desplazando agua en sus depósitos.
- La pila de combustible consume el hidrógeno y el oxígeno para producir agua y energía para el motor del ascensor (descarga), ver figura (10).

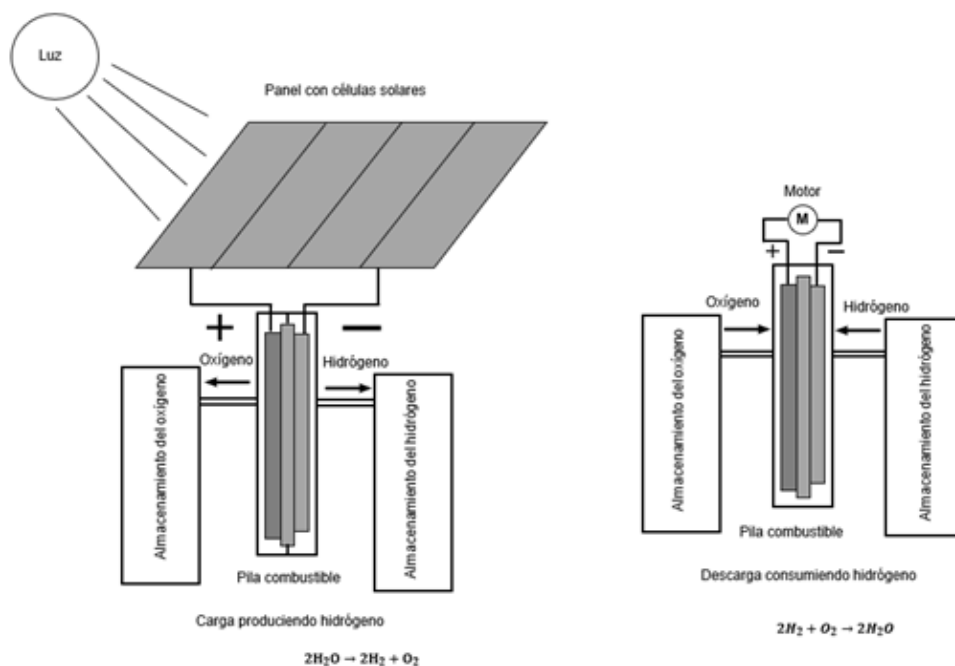


FIGURA 10. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PILA DE COMBUSTIBLE REVERSIBLE [ADAPTADO DEL MANUAL VENTUS CIENCIA EXPERIMENTAL]. IES JIMENA (2022).



#### 4.5.2. Baldosas piezoeléctricas

Una baldosa piezoeléctrica basa su funcionamiento en el aprovechamiento de la energía cinética de la pisada, la cual convierte en energía eléctrica, utilizable por ejemplo para la iluminación. Las baldosas están formadas por unos cristales naturales que al someterse a presión (en este caso la presión de la pisada), generan un voltaje. La baldosa se hunde unos milímetros, siendo imperceptible para la persona que lo pisa. Como cabe esperar, cuanto mayor fuerza de pisada, mayor energía cinética y por tanto mayor energía eléctrica generada. Debido a esto, una persona que pese poco, por ejemplo, un niño, no generaría suficiente energía. En la figura (11) se puede ver nuestro virtual de la baldosa piezoeléctrica realizado con el software libre TinkerCAD.

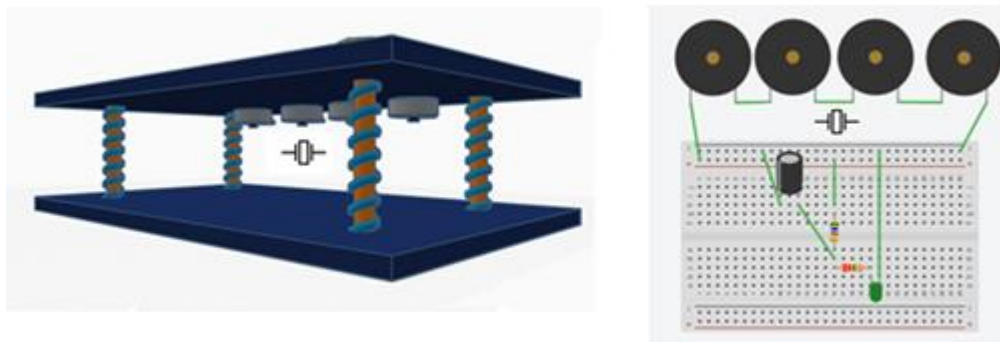


FIGURA 11. MAQUETA DE BALDOSA PIEZOELÉCTRICA [MODELO TINKERCAD]. IES JIMENA (2022).

Esta tecnología, en nuestro caso, va a ser utilizada para que, con la pisada de los alumnos y profesores durante los recreos y entrada/salida de clases, se genere energía suficiente para poder iluminar el pabellón del gimnasio de nuestro instituto. Todo el patio estará recubierto de baldosas piezoeléctricas, generando suficiente potencia con las pisadas como para poder mantener iluminado el pabellón durante toda la jornada. Aproximadamente el patio tiene una superficie de  $1.300 \text{ m}^2$  y debido al tamaño del patio, y de que aproximadamente una baldosa tiene una superficie de  $0,25 \text{ m}^2$  ( $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ ), habría que poner unas 5.200 baldosas en todo el patio. Cada baldosa puede generar una potencia de  $6\text{W}$  según datos del fabricante (Pavegen, 2022), por lo que todas activadas simultáneamente (teniendo en cuenta de que se llene el recreo), puede generar una potencia de  $31.200 \text{ W}$ . Sin embargo, pongamos que se activan unas 3.000 baldosas durante 1 hora (suma de todos los recreos), lo



que nos daría una potencia de 18.000 W. Aproximadamente, una baldosa de 0,25 m<sup>2</sup> cuesta unos 100 euros, por lo que habría que gastar una cantidad aproximada de 520.000 euros.

El gimnasio tiene una superficie de 234 m<sup>2</sup>, por tanto, para iluminar solamente el gimnasio necesitamos 4.680 W, ya que aproximadamente son 20W/m<sup>2</sup> para un gimnasio, ver Guía de Ahorro Energético en Gimnasio (Comunidad de Madrid, 2005). Por ello, para iluminar el gimnasio no necesitamos que se activen todas las baldosas, si no que con 780 baldosas activadas nos daría de sobra. Esto significaría una reducción considerable del coste ya que costarían 78.000 euros.

## 5. Conclusión

Reducimos la huella del carbono del instituto IES Doña Jimena de Gijón, comprometidos con la Agenda 2030, y gracias a la aplicación móvil promovemos el reciclaje entre los más jóvenes. Esta conclusión global engloba los siguientes subdimensiones:

I. Con la fachada ventilada conseguimos un ahorro inicial de 9.600€, mientras que con la iluminación LED reducimos el consumo en un 35%. Por otro lado, gracias a la caldera mixta de condensación y geotérmica, obtenemos una calefacción eficiente y sostenible.

II. Conseguimos la generación autónoma de energía extra a partir de paneles solares para el ascensor de hidrogeno, y mediante el suelo piezoeléctrico del patio para el alumbrado del gimnasio.

III. Mejoramos el confort térmico con un óptimo aislamiento del edificio y la calidad del aire interior con pintura de base de grafeno en las aulas. La calidad del aire exterior mejora con un filtro más eficiente para la chimenea y con aceras que absorben el CO<sub>2</sub>.



## 6. Referencias

- Tribunal de Cuentas Europeo. (noviembre de 2020). Eficiencia energética en los edificios. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/energy-efficiency-11-2020/es/index.html>
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (2022). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- ULMA Architectural Solutions. (2022). *Te contamos qué es una fachada ventilada: definición y ventajas*. <https://www.ulmaarchitectural.com/es-es/fachadas-ventiladas/noticias/que-es-una-fachada-ventilada>
- Cronoshare (2022). *¿Cuánto cuesta una fachada ventilada?*. <https://www.cronoshare.com>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (marzo de 2021). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación*. <https://www.idae.es>
- Losev, V.L. et al., (1989). Calefacción urbana nuclear en los países miembros del CAME. Boletín del OIEA, Volumen (3), 46-49.
- Magnet. (noviembre de 2021). Ducharse con energía nuclear: la solución rusa a los costes de la electricidad pasa por minireactores. <https://magnet.xataka.com>
- B Ft. (2022). Automatismos hidráulicos para cancelas batientes. [https://www.bft-automation.com/es\\_ES/](https://www.bft-automation.com/es_ES/)
- Graphenstone. (2022). Pinturas ecológicas con base de grafeno. <https://graphenstone.com/es/>
- Plataforma digital de la construcción (julio de 2011). GeoSilex: reductor del CO2 ambiental. <https://www.construnario.com/notiweb/29166/geosilex-reductor-del-co2-ambiental>
- Heliocentris Energy Solutions (2022). Manual de instrucciones. España, D.F.: Editorial Ventus Ciencia Experimental
- Plataforma digital de la construcción (julio de 2011). GeoSilex: reductor del CO2 ambiental.
- Pavegen (2022). Baldosas piezoeléctricas. <https://www.pavegen.com/en/case-studies>
- Comunidad de Madrid (2005). Guía de ahorro energético en gimnasios. <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005515.pdf>