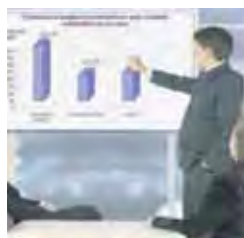


# Casos prácticos de eficiencia energética en España

Guía técnica



**Aleksandar Ivančić**  
**Joan A. Pérez Rodríguez**

medio ambiente

# Casos prácticos de eficiencia energética en España



## Guías técnicas de energía y medio ambiente

---

### 20. Casos prácticos de eficiencia energética en España

#### **Autores**

---

Aleksandar Ivančić

Joan A. Pérez Rodríguez

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquier otro, sin la autorización por escrito de la Fundación Gas Natural.

#### **Edita**

---

### **Fundación Gas Natural**

Plaça del Gas, 1

Edificio C, 3.<sup>a</sup> planta

08003 Barcelona, España

Teléfono: 93 402 59 00 Fax: 93 402 59 18

[www.fundaciongasnatural.org](http://www.fundaciongasnatural.org)

2<sup>a</sup> edición, 2011

ISBN: 978-84-614-4125-9

Depósito legal: Z-366-2011

Impreso en España



# Índice

<b>Prólogo</b> de Pedro-A. Fábregas .....	5
<b>Agradecimientos</b> .....	9
<b>Introducción</b> .....	11
<b>I. Edificios de viviendas</b> .....	29
<b>Caso 1</b> Casa Kyoto (Torre-serona, Lleida) .....	31
<b>Caso 2</b> Barrio San Cristóbal de Los Ángeles (Madrid) .....	37
<b>Caso 3</b> Ecociudad de Sarriguren (Valle de Egüés, Navarra) .....	43
<b>Caso 4</b> Urbanización Ciudadcampo (Madrid) .....	51
<b>Caso 5</b> Alokabide (San Sebastián, Guipúzcoa) .....	57
<b>II. Edificios de oficinas</b> .....	63
<b>Caso 6</b> Consorcio de la Zona Franca (Barcelona) .....	65
<b>Caso 7</b> Centro de Ciencias Pedro Pascual (Benasque, Huesca) .....	75
<b>Caso 8</b> Junta de Andalucía (Andalucía) .....	81
<b>III. Centros comerciales y tiendas</b> .....	87
<b>Caso 9</b> Centro comercial Los Arcos (Sevilla) .....	89
<b>Caso 10</b> Zara (Barcelona) .....	95
<b>IV. Hospitales</b> .....	105
<b>Caso 11</b> Hospital Vigil de Quiñones (Sevilla) .....	107
<b>Caso 12</b> CAP Roger de Flor (Barcelona) .....	113
<b>V. Hoteles</b> .....	119
<b>Caso 13</b> Hotel Playa Gaviotas (Fuerteventura, Canarias) .....	121
<b>Caso 14</b> Hotel A Quinta da Auga (Santiago de Compostela, La Coruña) .....	127
<b>VI. Edificios educativos</b> .....	133
<b>Caso 15</b> Parque tecnológico PCiTAL (Gardeny, Lleida) .....	135
<b>Caso 16</b> Escuela Técnica Superior de Arquitectura del Vallès (Sant Cugat del Vallès, Barcelona) .....	141
<b>Caso 17</b> Chillida Lantoki (Legazpi, Guipúzcoa) .....	149

<b>VII. Industria alimentaria</b> .....	157
<b>Caso 18</b> Grupo Nestlé (La Penilla de Cayón, Cantabria) .....	159
<b>Caso 19</b> Agralco (Estella, Navarra) .....	165
<b>Caso 20</b> Sánchez Romero Carvajal Jabugo (Jabugo, Huelva) .....	173
<b>Caso 21</b> Nestlé Waters (Herrera del Duque, Badajoz) .....	181
<b>VIII. Otras industrias</b> .....	189
<b>Caso 22</b> Holmen (Fuenlabrada, Madrid) .....	191
<b>Caso 23</b> Hidrocolor (Llinars del Vallès, Barcelona) .....	199
<b>Caso 24</b> BSH Electrodomésticos (Zaragoza, Estella, Esquíroz, Santander y Vitoria) .....	205
<b>Caso 25</b> Novartis (Barberà del Vallès, Barcelona) .....	215
<b>Caso 26</b> Tau Cerámica (Castellón de la Plana) .....	223
<b>IX. Transporte y logística</b> .....	235
<b>Caso 27</b> Ferrocarrils de la Generalitat (Barcelona) .....	237
<b>Caso 28</b> Maersk España (Algeciras, Cádiz) .....	247
<b>Caso 29</b> Bicing (Barcelona) .....	253
<b>X. Procesos de urbanización</b> .....	261
<b>Caso 30</b> Ayuntamiento de Alicante (Alicante) .....	263
<b>Caso 31</b> Ciudad Agroalimentaria (Tudela, Navarra) .....	271
<b>Caso 32</b> Districlima (Barcelona y Sant Adrià de Besòs) .....	279
<b>Anexo I. Glosario</b> .....	287
<b>Anexo II. Tabla de conversión de unidades energéticas</b> .....	291



## Prólogo

La satisfacción de las necesidades energéticas de la sociedad, plantean una serie de problemáticas, que por su dimensión e importancia son relevantes desde cualquier perspectiva y de una forma continuada.

Durante muchos años la sociedad ha crecido, avanzado y construido nuevos elementos en su progresivo desarrollo, y para ello ha requerido de la utilización de cantidades crecientes de energía, sin lo cual, la revolución industrial no habría sido posible, ni tampoco el actual nivel de vida de la humanidad en su conjunto.

Con el tiempo, la propia sociedad se ha ido volviendo más exigente, postulando la utilización de energías progresivamente más respetuosas con el medio ambiente, y así, se ha pasado a una utilización más intensiva del gas natural como energía fósil menos contaminante, y a la progresiva aparición de las energías renovables, sin olvidar el posible desarrollo de la energía de fusión nuclear sin residuos radioactivos, esta última, a pesar de todo, aún lejana en el tiempo.

La popularización de los conceptos relacionados con el cambio climático ha añadido más presión e interés a las reflexiones, alertando de las consecuencias de un posible calentamiento del planeta por las emisiones masivas de un gas como el CO<sub>2</sub>, que no contamina pero produce unos efectos más complejos.

Por otra parte, a pesar de la permanente preocupación por el agotamiento de recursos, por ejemplo, de petróleo, realmente parece que siempre quedan reservas para unos treinta años, aunque algunos ven en la teoría del *peak oil* un posible, y grave, cambio de tendencia.

La llegada al desarrollo de nuevos países, como China, India y otros, obviamente produce unos requerimientos adicionales de energía que inciden negativamente en el conjunto global, ya de por sí, no totalmente equilibrado.

La Agencia Internacional de la Energía, en su informe *World Energy Outlook 2009* indicaba que debería conseguirse que la temperatura del planeta no aumentase más de dos grados, lo cual implicaba que la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera no pasase de 450 ppm, con lo cual la situación de deterioro aún sería reversible y no se entraría en una espiral climática no controlable.

Pero, para conseguirlo en el horizonte de 2030, deben realizarse una serie de actuaciones que permitan mejorar claramente la situación sobre el escenario tendencial, el del *business as usual*, reduciendo claramente las emisiones de gases de efecto invernadero para el conjunto de países del mundo.

La Agencia Internacional de la Energía indicaba que la reducción debería conseguirse básicamente de la siguiente forma:

- 60% eficiencia en el uso final de la energía
- 20% energías renovables
- 10% energía nuclear
- 10% captura y secuestro de carbono

En definitiva, la parte más importante debería provenir de no generar CO<sub>2</sub> por el hecho de consumir menos energía, consiguiendo procesos claramente más eficaces; otra forma de consumir energía pero no generar CO<sub>2</sub> es con energías renovables y nuclear; y finalmente, una parte pequeña, pero relevante a nivel mundial, debería provenir de generar el CO<sub>2</sub> pero capturarlo y evitar que vaya a la atmósfera aumentando el efecto invernadero.

Por tanto, antes de las clásicas discusiones y planteamientos, sobre que energías deben utilizarse, y sus ventajas e inconvenientes, aparece un objetivo primario que es el del uso eficiente de la energía.

A nivel elemental esto quiere decir, que podemos utilizar una lámpara de alto rendimiento en lugar de la clásica bombilla de incandescencia con un ahorro del 80% de la electricidad necesaria para el mismo rendimiento lumínico; o un ciclo combinado a gas natural para producir electricidad en lugar de una central térmica convencional que nos permite ahorrar un 40% de la materia prima energética necesaria; o pensar que si lo que queremos es mover una persona, de digamos 70 kg, debemos cuestionarnos por qué movemos un automóvil de 1.000 kg, con una evidente falta de eficiencia energética, no ya del motor sino del concepto que utilizamos.

Por todo ello, la Fundación decidió realizar un libro que permitiese describir de forma clara y concisa diferentes casos de soluciones aplicadas de eficiencia energética en España, en diferentes sectores de actividad, tanto en edificios de viviendas, como en oficinas, o centros comerciales; pero también en hoteles, hospitales, diferentes tipos de industrias, en el sector transporte o en actividades de la Administración pública.

Un elemento fundamental del proyecto era encontrar casos relevantes y fuertemente pedagógicos, pero no en proyecto, sino efectivamente realizados, que permitiesen aportar algo más que la mera discusión teórica de ventajas e inconvenientes.

Todo ello comportaba además la necesidad de encontrar unos empresarios, profesionales e industriales, que autorizaran la publicación de sus casos y se implicaran positivamente en el proyecto. A todos los que han participado, les hemos de agradecer sinceramente y con profundidad su amable colaboración, sin la que no habría podido llevarse a término el trabajo.

Los autores del libro Aleksandar Ivančić y Joan A. Pérez Rodríguez, son reconocidos profesionales con una amplísima experiencia en el siempre complejo ámbito de la eficiencia energética, lo que les ha permitido desarrollar con eficacia un trabajo difícil y laborioso, por la multiplicidad de situaciones, perspectivas, tecnologías, e interlocutores, que han podido engranar en una aportación realmente novedosa en la temática.

La mejora de la eficiencia energética permite mejorar la intensidad energética de la economía, y por tanto, aparte de ahorrar energía, permite modelar economías más competitivas en el contexto internacional, utilizando menos energía para la generación de PIB. Pero también son técnicas que permiten realizar inversiones desagregadas sobre el territorio y favorecer la creación de empleo, reduciendo los impactos negativos sobre el medio ambiente de la actividad humana.

La complejidad de las técnicas y la importancia de la actividad han llevado a Europa y a España a avanzar en la creación y difusión de las Empresas de Servicios Energéticos (ESCO), auténticas especialistas en este crucial sector de actividad.

Esperamos que la publicación de este libro, estimule el avance de las mejores prácticas sostenibles en la industria española, con elementos de modernidad, desarrollo e innovación tecnológica, permitiendo avanzar en el nivel de competitividad y ajuste necesario en un contexto cada vez más global.

Pedro-A. Fábregas

Director General

Fundación Gas Natural







## Agradecimientos

Este proyecto, siendo un cúmulo de experiencias prácticas y reales, ha implicado a muchísima gente y por este motivo ha sido un ejercicio de paciencia, entendimiento y colaboración por parte de todos los que hemos participado.

En primer lugar, los autores agradecemos muy sinceramente a la Fundación Gas Natural y a su director general, Pedro-A. Fábregas, la oportunidad de desarrollar este estudio, que nos ha permitido profundizar en un tema apasionante para aquellos que llevamos años trabajando en el campo de la energía. Agradecemos muy especialmente a Manuel Ludevid y a Núria Velasco, que han vivido este proyecto en primera persona, su ayuda inestimable para que el trabajo llegara a buen puerto. A José Javier Guerra Román, David Vázquez Lozano, Juan Rentero Rentero, Manuel Pisonero Fernández, Eduardo Mateo Ansón, Rosa M. Sánchez Gracia y Mario Bonaut Prieto de Gas Natural Fenosa, por sus valiosas sugerencias y aportaciones críticas, siempre constructivas, que nos han permitido mejorar los contenidos.

Muchos profesionales, expertos y amigos han aportado ideas y conocimientos en forma de sugerencias que han permitido identificar las experiencias que se recogen en esta publicación y muchas otras de ellas que finalmente no se han incluido: Josep Codorniu, Montse Beltrán, Josep Martínez Baldó, Carles Mata, Ilda Martel y Eduardo Laguna de Gas Natural Fenosa; Dídac Ferrer y Joan Puigdomènech de la UPC; Jordi Pascal, Oriol Gavaldà, Raúl Gracia y Dani González de Aiguasol Enginyeria; Antoni Roig, Redha Zetchi y Raul Ganzinelli Aguilera de Barcelona de Serveis Municipals; Olga Macià de EnergyLab; Joaquín Villar y Jorge Juan Jiménez Luna de la Agencia Andaluza de la Energía; Jordi Cipriano y Xavi Cipriano de Beegroup-Cimne; Ferrán González de Buderus, Xavier Blanch y Oscar Ibáñez de Siemens; Sergio Carrascón de IECA; Jaume Salom de IREC; Luis Gordo de Acciona; Ramon Ribas de Vodafone; Ramiro Reyes de IDOM; Florence Nieto de Novartis; Alejandra Miralles de ASCER; Xavier Rosselló de ATM; Carlos Expósito y Emilio Miguel Mitre de Alia Arquitectura; David Vilar de SADESA; Julio Lumbreras de la UPM; Coralía Pino López del Instituto Tecnológico Hotelero; Manuel Bermúdez y Tatiana Diego Prada del Puerto Pesquero Celeiro; Carlos López Jimeno y Yolanda Izquierdo Mena de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid; Ricardo Vargas López e Irene Aguiló de la Dirección General del Medio Ambiente, Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid;

Helena Granados y Jaume Carné, arquitectos; Eva Santana y Stefan Ivančić. A todos ellos, muchas gracias. También agradecemos a Josep Lluís Arques, Director de Tecnología i Gestión de Ferrocarrils de la Generalitat, por haber cedido su texto que recoge la experiencia de esta empresa y a Aiguasol Enginyeria por haber colaborado en la recopilación de la información para algunos de los casos.

Finalmente, queremos también trasladar nuestro agradecimiento a todas las personas que han aportado la información técnica de cada uno de los proyectos y cuyos nombres se mencionan al final de cada caso correspondiente, ya que sin todos y cada uno de ellos esta publicación no hubiera sido posible.



# Introducción

“El mundo se enfrenta a una combinación muy desalentadora: por un lado una creciente demanda energética y cada vez más emisiones de gases de efecto invernadero y, por el otro, un agotamiento de los recursos. Una revolución tecnológica global en materia energética es necesaria y puede llegar a conseguirse; pero es un desafío enorme”.

**Nobuo Tanaka**, *Director Ejecutivo de la Agencia Internacional de la Energía*

Ante una gran demanda de recursos energéticos y el impacto ambiental que su uso provoca, es cada vez más generalizada la opinión de que existe una necesidad de importantes cambios en los sistemas energéticos. Hoy en día incluso los organismos internacionales de referencia, como es la Agencia Internacional de la Energía, hablan de la necesidad de una revolución en el modelo energético. Sin embargo, los sectores energéticos se caracterizan por unos ciclos de inversión en infraestructuras energéticas largos en tiempo e intensos en capital. Por todo ello sería más adecuado hablar de una (r)evolución del modelo energético.

El cambio del paradigma energético será, probablemente, el mayor reto de la humanidad a lo largo de, como mínimo, la primera mitad del siglo XXI. Aparentemente, es un reto tecnológico, pero en realidad es más un reto social e intelectual. Un proceso que precisa profundos cambios en los hábitos de los ciudadanos y en la práctica profesional de las distintas disciplinas. La urgencia del cambio de modelo viene dada por el impacto ambiental resultante del uso masivo del petróleo y del carbón, que se traduce en el cambio climático mundial y una fluctuación en los precios de la energía en origen que terminan repercutiendo en los consumidores finales.

En este sentido, el mundo empresarial tiene un papel especialmente relevante ya que la optimización del consumo energético es de interés intrínseco para un proceso productivo o de prestación de un servicio. El uso racional y la eficiencia energética son instrumentos esenciales para la reducción de costes de la empresa, lo que abre camino a una mayor competitividad en un entorno de los costes crecientes asociados a la factura energética. La adopción de políticas relacionadas con la eficiencia energética, y su implementación efectiva en una empresa o en una institución, es cada vez más determinante para seguir siendo competitivas.

Asimismo, en el actual panorama económico, para muchas empresas la reducción del gasto relacionado con el consumo energético es un factor clave para posicionarse en un entorno cada vez más complejo. En este sentido, una buena gestión energética es una de las premisas para mejorar la competitividad y orientar el rumbo de la empresa, y de la economía en general, hacia la superación de la presente crisis económica.

Por otro lado, como es bien sabido, para conseguir frenar el cambio climático es necesario reducir las emisiones de los gases que producen el efecto invernadero y estabilizar su concentración en la atmósfera. En este sentido, la evolución del mix energético primario, cada vez con más presencia de gas natural y de energía de procedencia renovable, tiende a la “descarbonización”. En los últimos 150 años este efecto se produce a un ritmo promedio de un 0,3% anual. Sin embargo, un desarrollo sostenible requiere una “descarbonización” tres veces más rápida, del orden de un 1% al año. Es una incógnita si será posible alcanzar este ritmo, pero lo que está claro es que es absolutamente necesario. Por esto, muchos esfuerzos políticos a nivel mundial actualmente se centran en temas de protección del clima e incorporan las cuestiones de la eficiencia energética.

## **1. ¿Qué es la eficiencia energética?**

La eficiencia energética es un concepto muy amplio que admite diferentes definiciones. El concepto de la eficiencia en la física relaciona la energía útil y la energía invertida en un proceso. De forma general, podemos decir que la eficiencia energética representa la relación entre el resultado de un proceso (producción de bienes y/o servicios, transformación de la energía) y la energía utilizada para realizar el proceso en cuestión. Conviene fijarse en que el concepto de la eficiencia siempre va ligado a una acción: un proceso de transformación. En el lenguaje común la mejora de la eficiencia energética a menudo se define como “hacer más con menos”<sup>1</sup>.

La eficiencia puede ser “alta” o “baja”, por lo que en realidad nuestro objetivo es mejorar la eficiencia energética de diferentes procesos. Esta mejora en ningún caso va en detrimento del resultado final del proceso, sea este un producto o un servicio, trátase de una actividad económica o de la calidad de vida de los ciudadanos. Por lo tanto, la mejora de la eficiencia no se reduce simplemente al descenso del consumo, sino a una auténtica mejora del proceso que se pretende optimizar. Asimismo, la mejora en

---

<sup>1</sup> Este lema lo utilizó la Comisión Europea para titular su Libro Verde sobre la eficiencia energética publicado el año 2005, COM(2005) 265 final de 22 junio de 2005.

la eficiencia energética repercute directamente en una mejora de la productividad y de la competitividad de las empresas que apuesten por ella.

La eficiencia energética puede mejorarse independientemente de la fuente energética que se utiliza, sea ésta renovable o no. Estrictamente hablando, el uso de energía de fuentes renovables no conlleva intrínsecamente una alta eficiencia. Por lo tanto, los sistemas que utilizan estas fuentes también son susceptibles de ser mejorados en términos de eficiencia.

Los efectos de mejora de la eficiencia energética frecuentemente se relacionan solamente con la tecnología. Sin embargo, la capacidad de cambio no se reduce únicamente a las mejoras tecnológicas. La eficiencia se puede incrementar mediante mejoras de gestión u organizativas o mediante cambios de hábitos o de comportamiento individual o social (del grupo).

En términos económicos, la eficiencia energética se vincula a la producción del valor monetario, como puede ser el PIB, o el valor añadido del producto. De esta forma, la eficiencia energética se vincula a la eficiencia económica. Además de este enfoque, la eficiencia energética está estrechamente relacionada con el impacto ambiental de los procesos en cuestión. Como la mejora de la eficiencia significa una menor demanda y un mejor uso de los recursos energéticos, conlleva un menor impacto ambiental, que finalmente repercute en toda la cadena de extracción o captación, transformación, transporte y consumo de la energía.

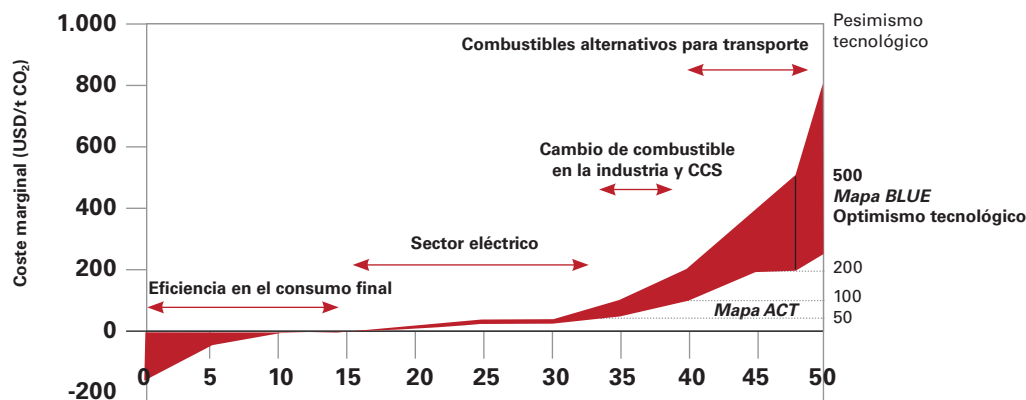
La eficiencia energética, junto a la contención del consumismo son las vías con posibilidades de acción más inmediatas para reducir el impacto ambiental y, sobre todo, las emisiones de los gases de efecto invernadero. Los estudios de la Agencia Internacional de Energía indican que los costes de la reducción de emisiones mediante la eficiencia son de los más bajos y, para algunas tecnologías relacionadas con la eficiencia en consumo final, incluso pueden ser negativos. Esto significa que este tipo de medidas son de por sí económicamente viables, resultando en una disminución del consumo energético y una reducción de las emisiones. El aumento de la eficiencia también influye en la reducción de emisión de gases contaminantes de ámbito local, como los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>), o las partículas sólidas en suspensión. Este tipo de mejora es muy significativa ya que reduce el impacto negativo de estos contaminantes en la salud humana.

Por otro lado, el uso masivo de los sistemas eficientes puede reducir, o como mínimo ralentizar, la necesidad de construir nuevas infraestructuras de transformación y de transporte de energía. Un estudio realizado por Capgemini, VaasaETT y Enerdata<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Capgemini, VaasaETT y Enerdata, *Demand Response: a decisive breakthrough for Europe*, Junio 2008.

concluye que, en la Europa de los 15, mediante las medidas de eficiencia se podría evitar la construcción de unas 150 plantas de generación eléctrica de tamaño medio. De la misma forma, se evitaría tener que ampliar la capacidad de la infraestructura de transporte eléctrico. Teniendo en cuenta la ya habitual oposición social que se da en algunos lugares a la hora de plantear una nueva infraestructura energética, una sistemática mejora de la eficiencia puede contribuir a paliar este tipo de conflicto. Además, debido a la gran inversión exigida para las centrales de generación de energía, el coste total de producción de 1 kWh de electricidad representa alrededor del doble del coste para ahorrar (a través de la eficiencia) ese kWh<sup>3</sup>.



**Figura 1. Reducción de emisiones CO<sub>2</sub> en 2050 (Gt CO<sub>2</sub>/año).**

Fuente: *Perspectivas sobre tecnología energética 2008*, Agencia Internacional de la Energía.

La actividad relacionada con la implementación de medidas de eficiencia energética también es un motor de creación de empleo. Un estudio de las Naciones Unidas revela que en los Estados Unidos de América en el año 2006 había unos 3,5 millones de puestos de trabajo directos y otros 4,5 millones de empleos indirectos relacionados con la eficiencia energética<sup>4</sup>. Así mismo, las inversiones en eficiencia suelen tener un efecto mayor en la creación de empleo respecto a otras alternativas de intervención en la cadena de generación y transformación de la energía (extracción, transformación y distribución de la energía). Varios estudios corroboran esta conclusión. Por ejemplo, el estudio *Employment Effects of Electric Energy Conservation* constata

<sup>3</sup> Comisión Europea, *Cómo hacer más con menos. Libro Verde sobre la eficiencia energética*, COM (2005) 265 final, Bruselas, Junio de 2005.

<sup>4</sup> UNEP, *Empleos verdes: Hacia el trabajo decente en un mundo sostenible y con bajas emisiones de carbono*, Septiembre 2008.

que se crean entre 12 y 16 puestos de trabajo al año por cada millón de dólares invertido en el caso de la eficiencia energética, frente a 4,1 o 4,5 que se dan en el caso de una central térmica de carbón o una central nuclear. Así mismo, el Libro Verde de la CE “Hacer más con menos”, estima que las inversiones, necesarias para cumplir con el objetivo de mejorar la eficiencia en un 20% hasta el año 2020, pueden crear un millón de puestos de trabajo en Europa.

Además del enfoque a macroescala, es importante contemplar la eficiencia energética en el marco de un proceso productivo o, en general, de una actividad económica. Tanto si se trata de una actividad industrial como de servicios, la apuesta por la eficiencia significa una reducción del gasto corriente, lo que supone el descenso del coste de producción o de servicio y, de esta forma, el aumento en la **competitividad** de la empresa. El hecho de posicionarse a tiempo en cuanto a la optimización de los procesos productivos, para que demanden menos energía, significa una ventaja desde el primer día de implementar las medidas de ahorro, pero sobre todo suponen una mayor **resiliencia** de la empresa ante la volatilidad de los precios de la energía en el futuro.

## 2. Evolución de la intensidad energética en el mundo

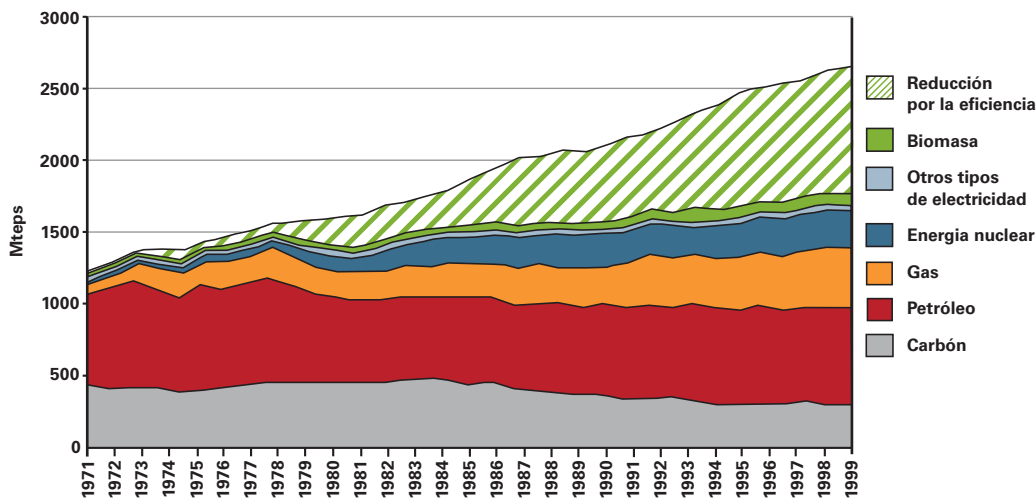
La intensidad energética relaciona el consumo energético con la unidad de producto, es decir kilovatios hora por unidad de Producto Interior Bruto (a nivel nacional) o por pieza fabricada (a nivel de empresa). La tendencia general en el mundo se dirige a mejorar la intensidad energética, es decir, a utilizar menos energía para un crecimiento económico mayor. Esto significa que la demanda de energía aumenta en un ratio menor que el crecimiento de la actividad económica. Evidentemente, esta tendencia no se repite exactamente en todos los países. Se estima que, a nivel mundial, la intensidad energética ha disminuido en un 26% en el período 1990-2005<sup>5</sup>. Esto revela un progreso en la desvinculación del crecimiento económico respecto al aumento en la demanda energética.

La Agencia Internacional de Energía estima que las mejoras en eficiencia acometidas entre el 1973 y 2005 en todo el mundo han contribuido a la reducción acumulada de la demanda de energía en un 50%. Una evaluación similar, referente a la Unión Europea, adjudica una disminución de la demanda en un 51%, gracias a la implementación de medidas de eficiencia energética entre el 1973 y el 2006.

---

<sup>5</sup> IEA, *Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency - Key Insights from IEA Indicator Analysis*, Paris, 2008.





**Figura 2. Evolución de la demanda de energía primaria en la UE de los 27 incluyendo la reducción de la demanda por la eficiencia.**

*Fuente: Enerdata 2006.*

Sin embargo, esto son unas estimaciones orientativas, ya que la calidad de la información de la que se dispone para las décadas de los años setenta y ochenta por lo general no es tan buena como de la que se dispone actualmente. Para los periodos más recientes, la recopilación de datos y su procesado se hace de forma más escrupulosa. Así, en el período 1990-2006, en la Unión Europea se detectan claras tendencias en la mejora de la eficiencia energética, con una variación de un 22% o un 1,3% anual de promedio<sup>6</sup>. El progreso más relevante se detecta en el sector industrial, con una mejora media anual de un 2,1%, mientras que la mejora del sector vivienda y el transporte se sitúa en un 1,1% y un 0,8%, respectivamente.

La intensidad energética es un indicador clave para la competitividad de una economía. En el período ya mencionado, en la Unión Europea la intensidad energética ha disminuido en un 18%, situándose en un valor de 177 toneladas equivalentes de petróleo (tep) por cada millón de euros de PIB<sup>7</sup>. La intensidad energética de la Unión Europea es considerablemente mejor que la de los Estados Unidos, situado en 269 tep/M€, y peor que la de Japón, que se sitúa en 136 tep/M€. Por otro lado, además del valor absoluto de la intensidad, es muy importante también su evolución, ya que revela si un país está progresando en la eficiencia energética.

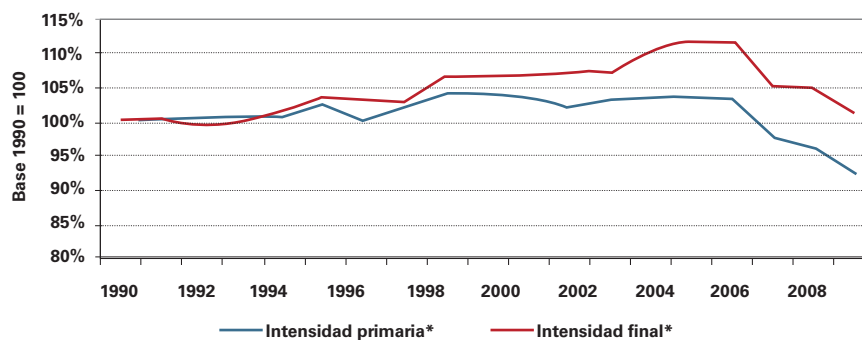
<sup>6</sup> Odyssee, *Energy Efficiency Profile: EU27*, Enero 2009.

<sup>7</sup> PIB a precios constantes del año 2000.

### 3. Evolución de la intensidad energética en España

La mejora de la intensidad energética en España ha sido durante muchos años una tarea pendiente. En el período de 1990-2004 entre los países de la Unión Europea la intensidad energética aumentó únicamente en España y Portugal, mientras que los otros países comunitarios experimentaban una reducción.

Sin embargo, esta tendencia negativa se invierte a partir del año 2005, cuando este indicador empieza a experimentar un descenso por primera vez. En el último quinquenio, la intensidad energética en España acumula un descenso del 11,9%, una tendencia que contribuye a mejorar la competitividad de la economía española.



**Figura 3. Intensidad primaria y final para España, 1990-2008.**

*Fuente: MITYC/IDAE.*

El cambio en la tendencia de este indicador empieza antes de la actual crisis económica y financiera de carácter mundial, por lo que presumiblemente no es un mero resultado del descenso de la actividad económica. La crisis seguramente tendrá una influencia en la intensidad energética, así como en otros indicadores, pero el descenso en la demanda de energía es mucho más pronunciado que el descenso en el crecimiento económico. Así que cabe confiar en que existen factores positivos, ajenos a la crisis, que determinan la mejora de la intensidad energética de España.

Además de los resultados generales medidos a través del macroindicador de la intensidad energética, es oportuno adentrarse en un análisis sectorial, ya que este puede proporcionar la información algo más detallada sobre el estado de la cuestión en cuanto a la eficiencia en nuestro país.

\* La intensidad energética relaciona el consumo energético con la unidad de producto por unidad de Producto Interior Bruto; el consumo energético se puede expresar en términos de la energía primaria adquirida, obteniéndose así la intensidad energética primaria o, en términos de la energía final consumida por los usuarios, obteniéndose así la intensidad energética final.

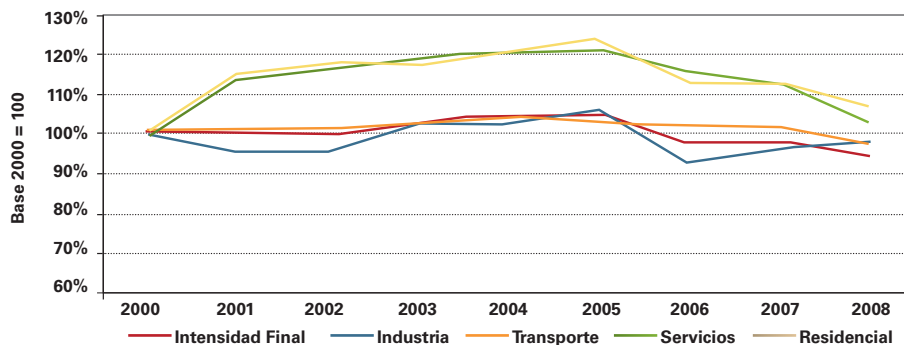


Figura 4. Evolución de la intensidad energética final por sectores respecto al año 2000.

Fuente: MITYC/IDAE.

Después de una reducción importante de la intensidad energética del sector industrial en el año 2006, la intensidad vuelve a subir en los años 2007 y 2008. Esta variación, tanto la positiva del año 2006 como la negativa de los años posteriores, se debe sobre todo a la variación de la intensidad térmica<sup>8</sup>. La comparación de la evolución de este indicador en el contexto europeo revela unos valores superiores a la media comunitaria y una tendencia contraria al resto de los países.

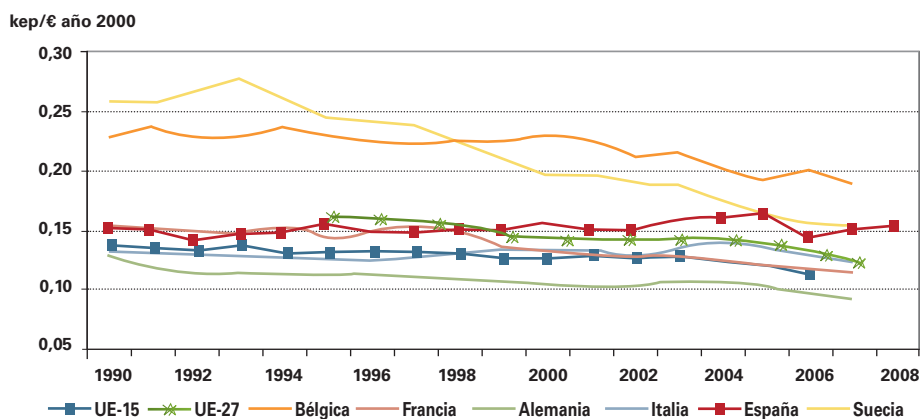


Figura 5. Comparación de la intensidad del sector industrial.

Fuente: MITYC/IDAE.

<sup>8</sup> La intensidad térmica es la que contempla exclusivamente el uso de combustibles y excluye el consumo eléctrico.

Los sectores intensivos en consumo de energía, como industrias del cemento, siderurgia, y papelera, que, por lo general, muestran un consumo energético por unidad de producto estable y, en algunos casos, reducido respecto a las referencias internacionales, han experimentado una menor actividad como consecuencia de la crisis económica. Esta variación en la composición del conjunto del sector industrial seguramente ha influido negativamente en el indicador energético sectorial.

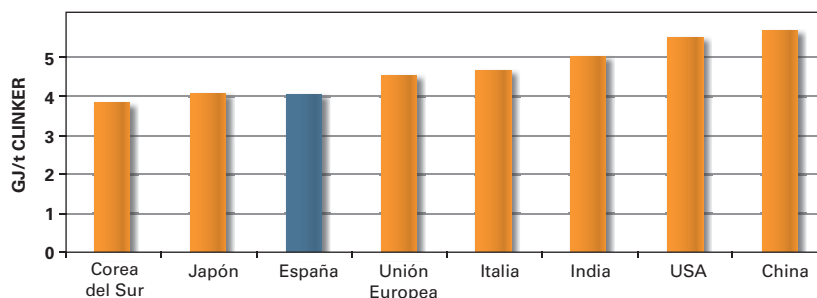


Figura 6. Consumo energético por la unidad del producto de la industria del cemento.

Fuente: OFICEMEN.

La intensidad energética del sector transporte sigue la tendencia de la intensidad global de la economía española de los últimos años. Aún así, queda bastante más alta que la media europea. Esto se debe a un uso muy importante del turismo, o sea, un uso inferior del transporte público para la movilidad de personas y del ferrocarril para transporte de mercancías respecto a otros países europeos.

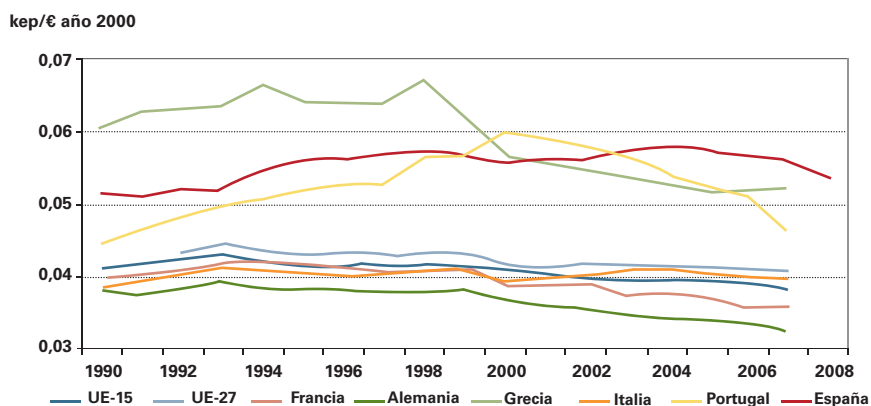


Figura 7. Comparación de la intensidad del sector transporte.

Fuente: INE/IDAE/EnR.

En lo que se refiere al sector residencial, su comportamiento se mide a través del uso medio anual por hogar. Este experimenta un descenso continuo desde el año 2006. El consumo energético en los hogares españoles se sitúa en aproximadamente 1 tep al año. Es el valor más bajo dentro de los países de la Unión Europea, siendo, aproximadamente, un 40% más bajo que la media europea. Evidentemente, el factor climático tiene mucha influencia en este indicador, así que la climatología benigna de la península favorece a España.

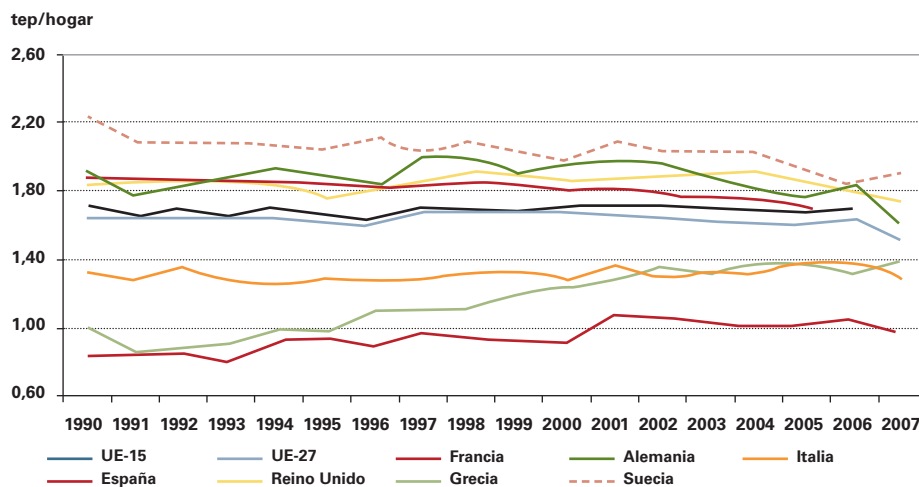


Figura 8. Intensidad energética sector residencial con correcciones climáticas en España y UE.

Fuente: INE/IDAE/EnR.

La intensidad eléctrica del sector residencial español también es inferior a la media europea y con una importante tendencia a la baja a partir del año 2006, probablemente porque el nivel de equipamiento de los hogares sigue siendo inferior en nuestro país.

En los últimos años, la intensidad energética del sector servicios tiende a la baja, como es deseable. Es un sector que experimenta un continuo crecimiento económico con un reducido aumento (o, incluso, disminución) del consumo energético. En el contexto europeo, este indicador es muy similar a la media de la Unión Europea de los 15 en los últimos diez años, e inferior a la media del conjunto de la Unión Europea.

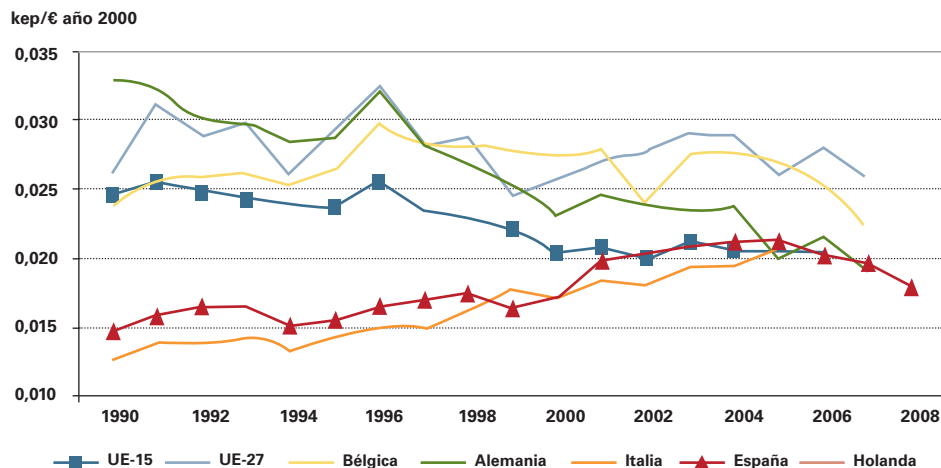


Figura 9. Intensidad energética sector servicios en España y UE.

Fuente MITYC/IDAE.

## 4. Potencial de ahorro mediante la eficiencia energética

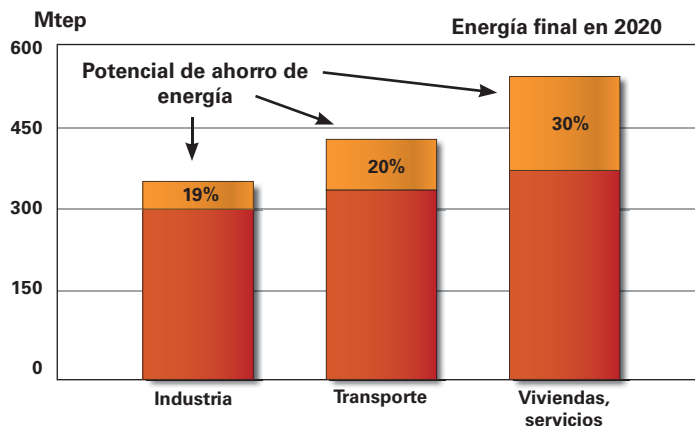
Diversos organismos de referencia y expertos en energía coinciden en constatar que el potencial de reducción de la demanda mediante la implementación de medidas de eficiencia energética es enorme. La Agencia Internacional de Energía sostiene que se podrían realizar muchas mejoras energéticas aplicando las tecnologías existentes y prácticas conocidas, siendo muchas de ellas económicamente rentables. De desplegar este potencial, la demanda energética para el año 2030 se reduciría entre 1.163 y 1.908 Mtep al año<sup>9</sup>.

Un estudio reciente<sup>10</sup> realizado para la Comisión Europea desarrolla diferentes escenarios, esencialmente en función de las políticas energéticas, y sitúa el potencial técnico de diferentes medidas de eficiencia aplicadas en los diferentes sectores (industria, residencia, terciario y transporte) en unos 565 millones de tep para el año 2030. Según este estudio, el mayor potencial a corto plazo reside en el transporte, electrodomésticos, aparatos de ofimática y sistemas motrices en la industria. A medio plazo el potencial más grande estaría en los edificios, tanto residenciales como terciarios.

<sup>9</sup> IEA, *IEA Energy Efficiency Policy Recommendations to the G8 2007 Summit*, Heiligendamm, Paris, Junio 2007.

<sup>10</sup> Fraunhofer-Institute for Systems and Innovation Research et al, *Study on the Energy Savings Potentials in EU Member States, Candidate Countries and EEA Countries. Final report*, Marzo 2009.

Además de los documentos que evalúan el potencial global de distintas tecnologías aplicadas en diferentes sectores, existen estudios que se centran en un determinado sector o en el potencial de una solución tecnológica concreta.



**Figura 10. Potencial estimado de reducción del consumo de energía en 2020 en la UE.**

*Fuente: Estudio sobre potenciales de ahorro energético en los Estados miembros de la UE, países candidatos y países del EEE. Fraunhofer ISI et al; resultados preliminares.*

Así, el estudio *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions* de la Agencia Internacional de Energía, evalúa el potencial de la reducción de la demanda en el sector industrial entre 600 y 900 millones de tep al año, cantidad que supera la demanda energética de Japón. En cuanto al potencial de ahorro, destacan los sectores químico y petroquímico, siderúrgico y del cemento. Por otro lado, en cuanto a los sistemas, el estudio también destaca el potencial de ahorro de los sistemas motrices. De hecho, Siemens<sup>11</sup> sostiene que entre un 65 y un 70% de la electricidad dedicada al sector industrial se utiliza en motores eléctricos cuyo potencial de mejora de la eficiencia está en torno a un 30%, con lo cual sitúa el potencial de ahorro en unos 180 TWh al año, con el consiguiente ahorro económico asociado.

El potencial técnico de la mejora en el sector de la generación eléctrica, según *World-wide Trends in Energy Use and Efficiency* de la Agencia Internacional de Energía, se evalúa entre 590-880 millones de tep al año, en el caso de aplicar de forma generalizada las mejores tecnologías comercialmente disponibles. Esta cantidad equivale al doble de la demanda primaria de Alemania.

<sup>11</sup> Siemens, *Energy Saving Drivers*, comunicación personal.

## 5. Los factores que influyen en la eficiencia energética

Se pueden identificar diferentes factores que influyen en la eficiencia energética: los factores tecnológicos, los factores económicos y los factores sociales y organizativos. Según el tipo de uso de la energía, actividad o sector, algunos pueden tener más importancia que otros, aunque, por lo general, los tres grupos son importantes y solo una óptima constelación de los tres lleva a la excelencia.

A veces se deposita una excesiva confianza en la tecnología, de forma que este tipo de factores prevalece a la hora de analizar el potencial de cambio. A menudo los factores socio-organizativos no se tienen en cuenta, pero no podemos perder de vista que el factor humano es decisivo en todo proceso de cambio.

Los factores tecnológicos que se pueden destacar a la hora de evaluar o plantear una mejora de la eficiencia energética en un sistema energético o de transporte, un proceso productivo o en un edificio son los siguientes:

- Disponibilidad de tecnología.
- Viabilidad y/o madurez de la tecnología.
- Masa crítica para poder optar por una solución tecnológica.
- Grado de dificultad de operación y mantenimiento.
- Grado de dificultad de implementación.

Tanto en el caso de un proyecto nuevo como en uno de mejora es muy importante prestar especial atención a una correcta puesta en marcha. Este último factor, especialmente cuando se trata de edificios y sus instalaciones asociadas, queda en un segundo plano sin que se preste una atención adecuada.

Entre los factores económicos, se pueden citar los siguientes:

- Precio de la energía.
- Coste de la tecnología.
- Coste de la implantación.
- Tiempo del retorno de la inversión.
- Ciclo de la inversión, amortización de los equipos.



- Costes de operación y mantenimiento.
- Coste del proyecto.

Pero, además de estos, pueden ser determinantes factores como el trato fiscal de las inversiones realizadas en la mejora de la eficiencia y la disponibilidad de ayudas públicas. En el caso de actividades industriales, infraestructuras o grandes edificios, otro factor económico importante puede ser el período de amortización de los equipos ya existentes o el ciclo de inversiones en el caso de grandes infraestructuras energéticas.

Entre los factores socio-organizativos es posible distinguir dos grupos: los que recaen en el ámbito laboral/profesional y los que se refieren a la actitud ciudadana. En el ámbito laboral/profesional destaca la voluntad de dar más prioridad a la eficiencia dentro de la agenda de responsabilidad corporativa social o la política medioambiental, u otros planes estratégicos de una empresa, así como la motivación de los empleados. Asimismo, son importantes otros factores, como:

- Proceso de toma de decisiones.
- Conocimiento y/o sensibilidad del proyectista.
- Desconfianza en el uso de los equipos no convencionales.
- Adaptabilidad a los cambios exógenos y la capacidad de autoaprendizaje.

Por otro lado, la actitud ciudadana está determinada por las normas sociales, que a su vez están estrechamente ligadas a la conciencia medioambiental individual y del grupo.

## **6. Las políticas de fomento de la eficiencia energética**

Desde la primera crisis del petróleo, en el año 1973, empiezan a surgir políticas encaminadas al fomento de la eficiencia y ahorro de energía. Hasta la segunda mitad de la década de los años noventa el objetivo era esencialmente reducir la dependencia de los recursos importados, sobre todo del petróleo, y mejorar la competitividad de las economías nacionales. A partir de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro y el posterior protocolo de Kyoto se añade el objetivo de disminuir el impacto ambiental producido por la transformación y uso de la energía. Concretamente, la eficiencia ha sido el objeto de discusión de las últimas cumbres del G8 y también ha pasado a ser prioritaria en las políticas energéticas de la Unión Europea y de los Estados Unidos.

## 6.1. Unión Europea

En este momento, el leitmotiv de la política energética europea son los objetivos llamados «20-20-20» lo que significa: reducción en un 20% del consumo de energía primaria, disminución vinculante del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero y presencia de un 20% de energías renovables en el mix energético para el año 2020. Por otro lado, la Unión Europea identifica el ahorro y la eficiencia como la forma más inmediata y rentable de tratar las cuestiones energéticas en clave de sostenibilidad, seguridad del abastecimiento y competitividad. La política europea referente a la eficiencia se define a través de varios documentos que comentamos brevemente a continuación.

El *Libro Verde sobre la eficiencia energética* o *Cómo hacer más con menos*, tiene por objetivo reactivar la actividad de la Unión en materia de ahorro energético, teniendo en cuenta los numerosos retos relacionados con el abastecimiento, el crecimiento y el medio ambiente. Constata que la Unión Europea depende de las importaciones de energía en un 50% de su consumo y que este porcentaje podría aumentar al 70% para el año 2030 si no se actúa. El documento señala que se puede reducir su consumo energético en un 20% hasta el año 2020, lo que equivale a unos 60.000 millones de euros anualmente.

A partir del Libro Verde, el *Plan de acción para la eficiencia energética: realizar el potencial*<sup>12</sup>, se define el marco de las políticas y medidas dirigidas a acelerar el ahorro del 20% en el consumo anual de energía primaria en la Unión Europea para 2020. El plan incluye medidas destinadas a mejorar el rendimiento energético de los productos, los edificios y los servicios, mejorar la eficiencia del sector de la producción y la distribución de energía, reducir el impacto de los transportes en el consumo energético, facilitar la financiación e inversiones en este ámbito.

El documento *Eficiencia energética: alcanzar el objetivo del 20%*<sup>13</sup>, insiste en que la eficiencia energética es la forma más rentable de reducir el consumo de energía, manteniendo a la vez el nivel de actividad económica, y propone reforzar el núcleo de la legislación sobre eficiencia energética en relación con los edificios y los productos consumidores de energía.

Asimismo, la política europea se concreta en diferentes directivas que regulan distintos ámbitos. Por su alcance podemos destacar la Directiva 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2006/32/CE sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos.

<sup>12</sup> Comisión Europea, *Plan de acción para la eficiencia energética: realizar el potencial*, COM(2006)545 final, Bruselas, Octubre 2006.

<sup>13</sup> Comisión Europea, *Eficiencia energética: alcanzar el objetivo del 20%*, COM(2008) 772 final, Bruselas, Noviembre 2008.

A consecuencia de las políticas proactivas, se ha visto un gran progreso en cuanto a las normativas técnicas, estandarización y etiquetado energético. El etiquetado de dispositivos en función de su eficiencia energética ha dado un importante impulso al acercamiento de los criterios de eficiencia al consumidor final y ha estimulado a los fabricantes a implementar mejoras tecnológicas para producir aparatos más eficientes. La Comisión Europea estima que el etiquetado de electrodomésticos ha contribuido a que un 75% de los productos vendidos sea de la clase A<sup>14</sup>. Una tendencia similar ha ocurrido con los dispositivos industriales gracias a, por ejemplo, programas de certificación voluntarios, como el de los equipos de aire acondicionado y la refrigeración promovida por Eurovent, o la estandarización de la clasificación de motores eléctricos industriales promovida por la Comisión Electrotécnica Internacional.

## 6.2. España

El principal documento que define la política de eficiencia energética del Estado español es la *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012*, también conocida bajo el acrónimo E4. El documento establece un escenario energético de tendencias y estima las posibilidades de ahorro existentes. Las medidas e instrumentos concretos definidos para impulsar el cambio de dirección en materia energética, con el objetivo básico de mejorar la intensidad energética nacional, se definieron en un primer Plan de Acción que comprendía el período 2005-2007. Dicho Plan resultó en un ahorro anual de energía primaria de aproximadamente 3,5 Mtep, que supone una mejora anual del 3% en la intensidad energética.

Actualmente está vigente un segundo *Plan de Acción 2008-2012* (PAE4+), que se presenta como una continuación más ambiciosa del anterior y que toma los objetivos de la Unión Europea como referente: alcanzar un 9% de ahorro energético en el año 2016 y reducir el consumo de energía final en un 20% hasta el año 2020, el gran objetivo energético actual de la Unión Europea.

PAE4+ cuantifica el objetivo de la reducción en 6 Mtep anuales de energía primaria. Asimismo, la administración calcula que en 2012, gracias al Plan, la intensidad energética mejorará en un 2% anual. El esfuerzo se focaliza en especial en los sectores difusos: el transporte y la edificación, que alcanzan un público muy amplio, diverso y fragmentado, aunque lógicamente también contempla los sectores industrial, energético, agrícola y terciario.

---

<sup>14</sup> Comisión Europea, *Dos veces 20 para el 2020. El cambio climático, una oportunidad para Europa*, COM(2008) 30 final, Bruselas, Enero 2008.

Los Planes de Acción E4 desarrollan, en colaboración con las Comunidades Autónomas, diferentes ayudas para la realización de proyectos encaminados a la consecución de los objetivos descritos. La cuantía de estas ayudas varía en función de actuaciones que se pretenden implementar. Sin embargo, muchas actuaciones en mejora de la eficiencia energética son económicamente rentables sin ayudas públicas y, en muchos casos, en un plazo medio, e incluso corto, rentabilizan la inversión y mejoran la competitividad de las empresas que las hayan implementado.

En cuanto al desarrollo normativo, en los últimos años se ha dado un importante avance con la adopción del Documento Básico DB-HE de ahorro de energía del *Código Técnico de la Edificación* y del nuevo *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*. El nuevo Código Técnico persigue una reducción media de la demanda de calefacción de un 25% en relación con la situación anterior a su adopción. Adicionalmente, la norma también trata sobre la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación y sobre el aprovechamiento de la luz natural.

El *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios* (RITE-07) tiene por objetivo reducir el consumo de energía convencional de las instalaciones de calefacción, climatización y producción de agua caliente sanitaria en edificios.

Finalmente, cabe mencionar el proceso de certificación de eficiencia energética de los edificios, que es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CE. En España la transposición de esta directiva viene a través del Real Decreto 47/2007, que define el procedimiento básico para la certificación obligatoria de la eficiencia energética de edificios de nueva construcción. La ley define una escala de clases energéticas que varía desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

Para la materia que aquí nos ocupa, que es el fomento de ejecución de proyectos y medidas concretas de la eficiencia energética, además de la política energética nacional, es sumamente importante su implementación por la Administración Local: los ayuntamientos. La voluntad política existe, esto lo demuestra la masiva adhesión de los ayuntamientos españoles al Pacto de Alcaldes Contra el Cambio Climático, pues más de 450 alcaldes de localidades españolas lo firmaron. Esta es una ambiciosa iniciativa promovida por la Comisión Europea que reúne a los alcaldes en una red permanente de intercambio de buenas prácticas y su difusión y réplica para mejorar la eficiencia energética en el entorno urbano. Será importante aunar esta voluntad política con la capacidad técnica del sector profesional dedicado a la eficiencia energética y con una amplia divulgación para fomentar una nueva conciencia ciudadana respecto a las cuestiones energéticas y ambientales.

## **7. Casos prácticos de eficiencia energética en España**

El objetivo de esta publicación ha sido identificar casos concretos de proyectos, ya implementados y de resultados tangibles, que permitan mostrar el amplio espectro de oportunidades de mejora en el campo de la eficiencia energética. El ámbito del estudio se centra exclusivamente en España, ya que cualquier proyecto de eficiencia viene siempre condicionado por el marco legal, la cultura empresarial, los hábitos de consumo y las oportunidades tecnológicas de cada país. Los casos seleccionados provienen de once comunidades autónomas.

Se incluyen ejemplos que abarcan diferentes sectores. Se abordan tanto los edificios de viviendas como los del terciario. Dentro del terciario se distinguen los siguientes subsectores: oficinas, hospitalario, comercial, hotelero y educativo. Algunos casos se centran en una intervención sobre edificios existentes mientras que otros analizan una obra nueva. También varía la escala de la intervención de un caso a otro, habiéndose analizado desde una casa unifamiliar hasta un barrio entero.

Los casos representativos del sector industrial provienen de diferentes ramas de actividad: agroalimentaria, papelera, cerámica, farmacéutica, textil y fabricación de electrodomésticos.

El sector de transporte y logística también engloba casos de diferente escala y diversas aplicaciones.

Por último, se han seleccionado algunos casos vinculados a los procesos de urbanización, uno de ellos relativo al alumbrado de la vía pública y otros dos relacionados a la promoción de importantes infraestructuras energéticas de ámbito local.

En la redacción del texto se ha procurado seguir un esquema homogéneo para todos los casos con el objetivo de facilitar la lectura. Aun así, la estructura varía ligeramente entre los casos relativos a edificios y el resto de sectores.

Los casos referentes a edificios se dividen en cuatro apartados: introducción, la envolvente, las instalaciones y los resultados. En cambio, los otros casos siguen la secuencia: introducción, el proceso productivo, las instalaciones y los resultados. Puntualmente, en algunos casos, se omite alguno de los apartados si el proyecto en cuestión no lo contempla.



# I. Edificios de viviendas

**CASO 1** Casa Kyoto (Torre-serona, Lleida)

**CASO 2** Barrio San Cristóbal de Los Ángeles  
(Madrid)

**CASO 3** Ecociudad de Sarriguren  
(Valle de Egüés, Navarra)

**CASO 4** Urbanización Ciudadcampo (Madrid)

**CASO 5** Alokabide  
(San Sebastián, Guipúzcoa)



## CASO 1



# Casa Kyoto

## Vivienda unifamiliar Torre-serona (Lleida)

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Residencial	<b>Tipo de actuación</b> Nuevo edificio e instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 13.580 kWh/año	<b>Inversión</b> No disponible	<b>Retorno de la inversión</b> No disponible

Casa Kyoto es un prototipo de vivienda bioclimática diseñado con el objetivo de tener el menor impacto medioambiental, por lo que aglutina diversos sistemas de alta eficiencia y aprovechamiento energético con el fin de minimizar el consumo energético derivado del uso habitual de la vivienda.

Se trata de una vivienda unifamiliar, concebida por el equipo de *Arquitectura Pich-Aguilera* con un apoyo de seguimiento de proyecto y dirección de obra por parte de miembros de Institut Tecnològic de Lleida, y construida con un sistema industrializado realizado con productos Prefabricados Pujol.



Figura 1.1. Fachada sur de la casa Kyoto.

Fuente: Jordi V. Pou.



Los autores de la Casa Kyoto, más que un proyecto de un único edificio, diseñaron un sistema de estructura modular y flexible a partir de elementos realizados de forma industrial y únicamente ensamblados *in situ*. Este concepto permite un mayor control de costes y un plazo de construcción muy acotado. La solución constructiva modular industrializada permite diferentes configuraciones para cada unidad a construir y facilita posibles readaptaciones. Contrariamente a la rigidez de los proyectos convencionales, admite una personalización en distribuciones, materiales e incorporación de sistemas más o menos sofisticados de producción y eficiencia en el consumo interior de la vivienda.

## 1. Envoltente

El primer prototipo de Casa Kyoto, cuya construcción se acabó en la primavera del 2008, está localizado en Torre-serona, cerca de Lleida, y tiene 250 m<sup>2</sup> distribuidos en tres plantas.

Los componentes de hormigón prefabricados de la Casa Kyoto tales como pilares, jáce-nas, paneles de fachada y placas para forjados, permiten ser montados de manera rápida y eficiente. El montaje de estos elementos constructivos se realiza en seco, lo que reduce el consumo de energía, de hormigón y de agua necesarios en la fase de construcción.



**Figura 1.2. Casa Kyoto - sistema de construcción prefabricada.**

*Fuente: Pich-Aguilera Arquitectos.*

Las fachadas, sus formas y aberturas así como la distribución interior han sido optimizadas para conseguir el máximo aprovechamiento solar, tanto del calor como de la luz natural. La casa tiene un patio interior que persigue un microclima específico

que actúa de regulador entre el interior y el exterior de la vivienda proporcionando a la vez una luz natural difusa de calidad.

La cubierta incorpora una cámara de aire ventilada, inspirada en la tradicional cubierta ventilada a la catalana, que en este caso se conforma entre una chapa metálica en la parte exterior del edificio y el último forjado. La chapa es reflectante y actúa como un elemento de sombreado que evita la llegada de la radiación a la cubierta, disminuyendo de esta forma las ganancias solares en verano.

Las terrazas ajardinadas en la cubierta tipo aljibe recogen las aguas de lluvia y la almacenan para su utilización en el riego.



**Figura 1.3. Patio y terraza ajardinada.**

*Fuente: Jordi V. Pou.*

El envoltorio del edificio supera con creces las exigencias establecidas en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)		
	CTE (Código Técnico de la Edificación para Lleida)	Casa Kyoto
Fachada exterior	0,66	0,39 (cara sur)
		0,49 (cara norte)
Suelo	0,49	0,32
Cubierta	0,38	0,28

**Tabla 1.1. Comparativa de las características de cerramientos opacos.**

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del proyecto.*

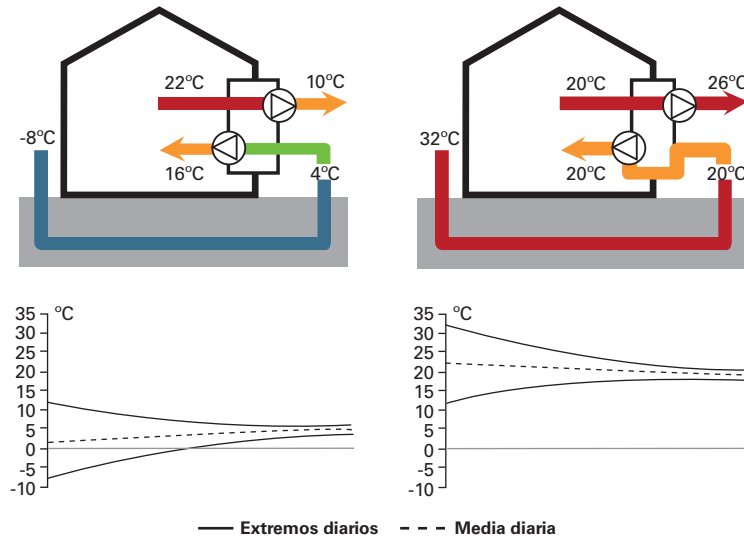
El factor solar para un edificio como la Casa Kyoto (bajas cargas internas y un porcentaje reducido de aberturas en las paredes) no está limitado por el CTE. La transmitancia de las aberturas es de  $2,84 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Adicionalmente, las ventanas de la casa disponen de persianas y lamas orientables que permiten reducir el factor solar y la transmitancia en el caso de una correcta manipulación. Las ventanas de orientación sur disponen de unas lamas horizontales que permiten atenuar la luz solar directa y de esta forma reducir el factor solar.

## **2. Instalaciones**

El edificio dispone de un sistema particular de ventilación que utiliza el subsuelo para atemperar el aire exterior antes de introducirlo en la vivienda. La temperatura del suelo a profundidades a partir de 2 metros suele variar muy poco a lo largo del año y se asemeja mucho a la temperatura media anual de la localidad. Esto ofrece una gran oportunidad para la climatización gratuita, ya que pasando el aire exterior por tubos enterrados que actúan como un intercambiador de calor suelo-aire, el aire se puede calentar durante el invierno y enfriar durante el verano.

En este caso concreto, la instalación está conformada por 32,5 metros de tubo de polipropileno de un diámetro de 250 mm.

El clima de Torre-serona parece óptimo para este tipo de instalación. Pero cabe recordar que este sistema no es apto para todos los climas. En el caso de climas con veranos húmedos existe un riesgo de condensación en el tubo. El condensado se puede ir acumulando en las tuberías, cosa que puede facilitar el desarrollo de microorganismos nocivos.



**Figura 1.4. Sistema de acondicionamiento del aire mediante el intercambiador suelo-aire.**

*Fuente: Pich-Aguilera Arquitectos.*

El proyecto contempla también las instalaciones para la reutilización de las aguas grises (duchas, lavabos y lavadora) para que, una vez tratadas, puedan ser usadas en las cisternas de inodoros y el riego.

La casa también cuenta con una instalación fotovoltaica de 3 kW<sub>p</sub> y una instalación solar térmica.

### 3. Resultados

Durante el primer año de ocupación, el *BEE Group-CIMNE* estuvo realizando las evaluaciones iniciales, a partir de los datos de consumo de los contadores. Los primeros resultados confirman un consumo energético bajo y un resultado sumamente positivo: los sistemas energéticos de la Casa Kyoto generaron un beneficio económico a sus propietarios, de unos 1.600 € el primer año. Esto se debe, en parte, a la prima por la venta de la electricidad producida por el sistema fotovoltaico. Pero en ningún caso sería posible si el consumo no fuese muy reducido. Actualmente el *BEE Group-CIMNE* está haciendo una monitorización mucho más exhaustiva con

el objetivo de conocer mejor el comportamiento detallado de los sistemas implementados.

La estimación de ahorro energético es de 13.580 kWh/año.

Es sumamente difícil evaluar los costes de los sistemas pasivos o bioclimáticos que incrementan la eficiencia energética de un edificio. Por esto, es más interesante comparar los costes unitarios del edificio en cuestión con los costes medios de un edificio de una tipología similar. Los costes unitarios de la Casa Kyoto construida en Torre-serona se sitúan en 816 €/m<sup>2</sup>, un coste en el rango de los costes medios de producción de m<sup>2</sup> de vivienda en Cataluña según el Boletín Económico de la Construcción.

---

*Fuente de información:* Teresa Batlle, Felipe Pich-Aguilera, Pich-Aguilera Arquitectos.

---

## CASO 2



# Barrio San Cristóbal de Los Ángeles

*Bloques de vivienda protegida en rehabilitación*

Madrid

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Residencial	<b>Tipo de actuación</b> Rehabilitación de edificio e instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 34 kWh/m <sup>2</sup> y año	<b>Inversión</b> 782.496 €	<b>Retorno de la inversión</b> No disponible

El proyecto, de Margarita de Luxán y Gloria Gómez, surge como respuesta al concurso impulsado por la *Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid* sobre la rehabilitación energética de dos bloques contiguos de edificios. Uno de ellos con graves problemas estructurales que obligaron a su demolición y construcción de uno nuevo. El otro ha sido objeto de mejoras de rehabilitación para su adecuación medioambiental.

## 1. Envolverte

El proyecto consta de dos actuaciones que, aunque diferenciadas, se basan en el fomento sostenible de la eficiencia energética para superar los desafíos específicos del proyecto, tales como el elevado consumo energético debido a la mala orientación de los bloques existentes (con fachadas al este y oeste) y a ciertas patologías en los cerramientos de fachada y carpinterías.

En ambos edificios han sido implementados nuevos diseños y estándares que buscan optimizar la eficiencia energética y la sostenibilidad de las viviendas, entre los que destacan los siguientes:

## 1.1. Optimización de la orientación

La mala orientación de los bloques existentes (con fachadas al este y oeste) ha sido corregida en ambos edificios, plegando la piel del edificio para conseguir una buena captación de radiación solar hacia el interior en invierno al tiempo que se minimiza su efecto en verano, creando una serie de “galerías de climatización”, con ventanas captoras orientadas a sureste en zonas de viviendas.



**Figura 2.1. Bloque rehabilitado. Fachada Este.**

*Fuente: Dani Guereñu.*

## 1.2. Gestión de las ganancias solares

Las galerías de climatización están protegidas por elementos de sombra sobre los vidrios que minimizan el calentamiento excesivo en verano, mientras que otros elementos como persianas exteriores se han diseñado para ofrecer sombra en verano, al tiempo que crean cámaras que evitan el enfriamiento por convección del aire frío exterior en invierno.

El edificio rehabilitado ha sido dotado de unos miradores para lograr una mayor radiación solar, orientados a sureste, que actúan como ventanas captoras, reduciendo las necesidades de calefacción.



**Figura 2.2. Bloque nuevo. Fachada Sur.**

*Fuente: M. de Luxán y G. Gómez.*

### **1.3. Soluciones en el nuevo bloque**

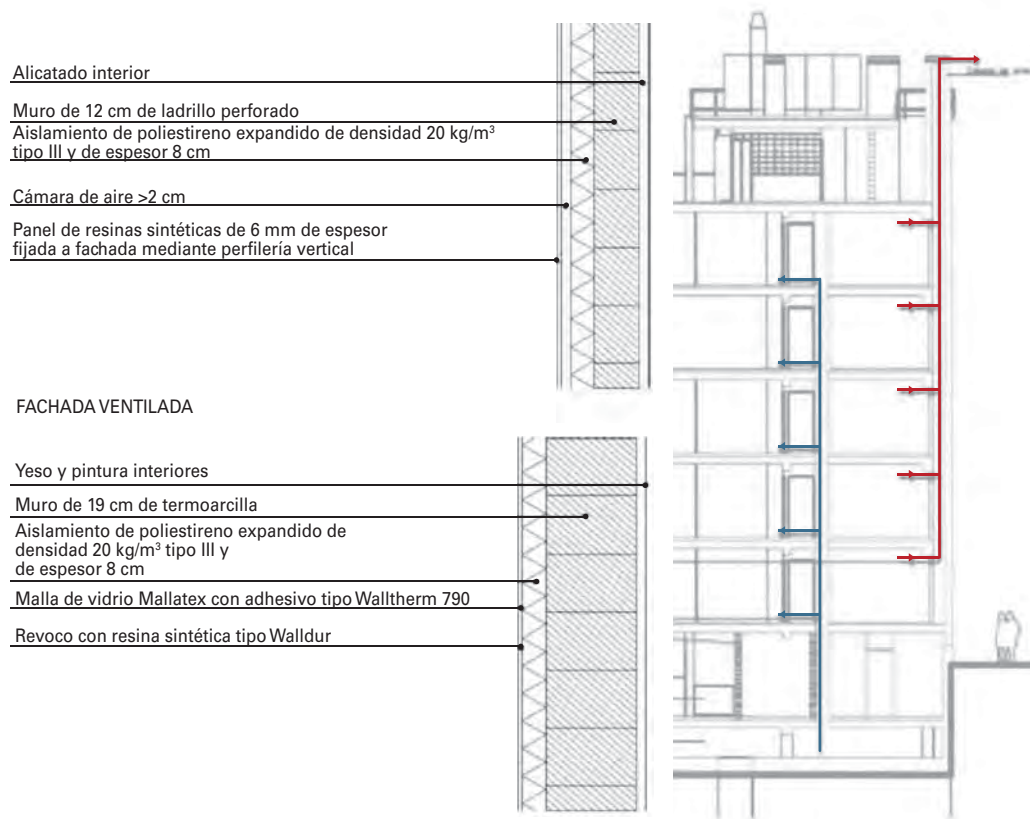
En el nuevo bloque, todos los elementos (distribución, posición de ventanas, materiales y aislamientos) han sido estudiados y diseñados para minimizar la climatización mediante combustibles fósiles, priorizando la climatización pasiva ya que el edificio acumula la radiación solar captada en épocas frías protegiéndose, al mismo tiempo, del sobrecalentamiento en los meses calientes.

### **1.4. Cerramientos**

En ambos edificios se han realizado dos sistemas de fachada: uno compuesto por muros de gran inercia térmica con aislamiento exterior, y otro también con el aislamiento en la capa exterior, pero con cámara ventilada acabada con paneles prefabricados con



resinas y fibras de celulosa. Ambas soluciones presentan una transmitancia térmica alrededor de  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ , y el conjunto de los edificios consigue un nivel de aislamiento superior en un 200% al exigible por normativa vigente en el momento de su construcción.



**Figura 2.3. Fachada con aislamiento exterior.**

*Fuente: M. de Luxán y G. Gómez.*

## 1.5. Chimeneas de refrigeración solar pasiva

No existen necesidades de refrigeración convencional ya que las viviendas están dotadas de chimeneas de refrigeración natural.

Estas chimeneas funcionan gracias al calentamiento de la cabeza de la chimenea en la cubierta, lo que permite extraer aire frío de la cámara de aire situada bajo el forjado de la planta semisótano. Mediante rejillas de extracción en las habitaciones, el aire caliente se sustituye por aire frío de la cámara, que llega a las estancias habitadas a través de un conducto vertical, con una salida en la parte baja de la habitación.

## 2. Instalaciones

La climatización de las viviendas, tanto en invierno como en verano, se logra en un 80% por medios pasivos. La climatización restante se realiza mediante un suelo radiante a baja temperatura, con termostatos en cada vivienda, utilizando instalaciones comunes de alto rendimiento, tanto para la generación de calefacción como para el calentamiento complementario, para consumir el mínimo gas natural.

El 70% de las necesidades de agua caliente sanitaria se cubren a través de captadores solares térmicos, con colectores de circuito cerrado, dos depósitos de acumulación de 2.000 litros e intercambiador con cuatro bombas.

## 3. Resultados

Para evaluar el impacto de las obras de rehabilitación en el comportamiento energético de las viviendas rehabilitadas de San Cristóbal de Los Ángeles, se realizaron dos campañas de monitorización, una anterior a la rehabilitación el año 2002 y otra posterior a las obras el 2006. El objetivo era medir la temperatura exterior y la evolución térmica interior de las viviendas, durante las dos campañas de medidas, a través sus valores medios.

En las mediciones posteriores se identifican las temperaturas interiores más estables, con menos influencia de la variación de la temperatura exterior. Esto es consecuencia de la introducción de cerramientos con mayor inercia térmica, sombreadamientos exteriores, vidrios dobles y el sistema de ventilación natural. Es decir, a la adaptación del edificio a la climatología del lugar, aprovechando ganancias solares o ventilaciones cruzadas para acercarse, de manera natural, a las condiciones de confort.

Según los cálculos, el consumo específico de los edificios para climatización (calefacción y refrigeración) antes de la intervención era de 54,44 kWh/m<sup>2</sup>. Mediante las

medidas ejecutadas se ha conseguido un consumo de 20,36 kWh/m<sup>2</sup> (calefacción y refrigeración), es decir, una reducción del 62,6% equivalentes a 82.368 kWh/año. El proyecto ha sido merecedor del Premio Eficiencia Energética Isover 2007.

El coste total de la rehabilitación fue de 782.496 €, o unos 323 € por m<sup>2</sup>.

---

*Fuente de información:* Margarita de Luxán García de Diego. Dra. Arquitecta, Catedrática de la ETSAM. Gloria Gómez Muñoz, Arquitecta.

---

## CASO 3



# Ecociudad de Sarriguren

*Nuevo barrio de promoción pública*  
**Valle de Egüés (Navarra)**

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Residencial	<b>Tipo de actuación</b> Nuevo barrio
<b>Ahorro energético</b> No disponible	<b>Inversión</b> No disponible	<b>Retorno de la inversión</b> No disponible

La Ecociudad de Sarriguren se encuentra en el Municipio del Valle de Egüés, contigua a Pamplona. El proyecto fue promovido por el Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda del Gobierno de Navarra a partir del año 1998, con el objetivo de resolver el problema del acceso a la vivienda. Desde el principio



**Figura 3.1. Ecociudad de Sarriguren (junio de 2008).**

*Fuente: NASURSA.*

se plantea una intervención pública de calidad e innovadora, que incorporara los criterios de arquitectura y urbanismo bioclimáticos. El planeamiento prevé construir 5.577 viviendas, de las cuales más de 4.500 ya están habitadas, mientras que otras están en construcción. Sarriguren actualmente cuenta con más de 8.500 habitantes.

La urbanización ocupa una superficie de 150 Ha, con una densidad de 33,45 viviendas por hectárea y una superficie edificable residencial de 628.147 m<sup>2</sup>. Más de la mitad de las viviendas son de protección oficial, mientras que la mayor parte del resto es vivienda de precio tasado. El programa se completa con las viviendas de precio libre, que representan menos de un 3% del total. Al margen del área residencial se crea la Ciudad de la Innovación, con capacidad para acoger 52.663 m<sup>2</sup> de superficie construida dedicada exclusivamente a usos relacionados con la investigación, la innovación y el desarrollo.

La Ecociudad de Sarriguren responde a los principios del llamado Ecourbanismo, en el que el medio natural se plantea como soporte del desarrollo urbano, incorpora la preservación de la estructura de núcleos rurales de la comarca, promueve la diversidad de tipologías arquitectónicas y la gestión responsable de los residuos urbanos. En cuanto al uso de la energía, se promueven los principios de urbanismo y arquitectura bioclimática, la eficiencia energética en las viviendas, el transporte colectivo y el acondicionamiento de paseos peatonales y carriles-bici para conseguir la conexión y cohesión con otros ya existentes en la comarca. Asimismo, se promueve la integración de áreas de empleo y residencia.

## **1. Envoltente e instalaciones**

En los inicios de la planificación de la Ecociudad de Sarriguren se define el Plan Sectorial de Incidencia Supramunicipal (PSIS), aprobado el año 2000, dentro del cual se adquiere un importante compromiso con el aprovechamiento y el ahorro energético. A nivel urbanístico se define una morfología urbana en consonancia con el medio físico y adecuada para los modelos de tipologías edificatorias previstas. El documento propicia una disposición de los edificios que fomenta la captación solar directa en periodos fríos y evitan en lo posible el sombreado entre los edificios contiguos. En este sentido, la altura de las edificaciones decrece hacia el sur y hacia los límites este y oeste de la urbanización, a medida que se acerca hacia espacios libres naturalizados que articulan la transición entre la Ecociudad y su entorno natural. Referente a los espacios verdes, se usa un sistema de arbolado con diferentes especies, tanto de hoja perenne, situadas delante de las fachadas norte como protección del viento en la épo-

ca invernala, como de hoja caduca, situadas delante de las fachadas sur, de tal manera que en verano proporcionen sombra a los edificios y en invierno no impidan el asoleo. Además, se planteó un sistema de alumbrado público eficiente, con farolas con lámparas de bajo consumo que integran un programa de gestión que permite ahorros energéticos, ya que atenúan la luminosidad de las lámparas.



**Figura 3.2. Ecociudad de Sarriguren.**

*Fuente: A. Ivančić.*

A nivel arquitectónico, el documento del Plan Sectorial de Incidencia Supramunicipal incorpora una normativa bioclimática, denominada Matriz Bioclimática, referente a los proyectos de edificación. Dicha normativa determina unos parámetros cuantitativos y cualitativos de obligado cumplimiento. Concretamente, se recogen las siguientes exigencias:

- La mejora del aislamiento térmico de los edificios en un 25% con respecto a las exigencias de la norma básica de la edificación NBE-CT-79, vigente en el momento de la planificación de la Ecociudad de Sarriguren.
- La exigencia de doble orientación para todas las viviendas, permitiendo de esta forma el aprovechamiento de las brisas en periodos cálidos para la ventilación natural de los edificios.
- La incorporación de ventanas de doble vidrio y amplios balcones acristalados que reducen pérdidas térmicas de los huecos de los edificios y proporcionan un aporte de calor por radiación solar en la época de invierno.

- La instalación de calefacción centralizada a gas natural en las comunidades de vecinos.
- La inclusión en las memorias de los proyectos de un apartado que justifiquen y expongan las ventajas bioclimáticas consideradas en cada edificio.



**Figura 3.3. Ecociudad de Sarriguren, bloque curvo, fachada sur.**

*Fuente: A. Ivančić.*



**Figura 3.4. Ecociudad de Sarriguren, fachada sur, protección solar móvil.**

*Fuente: A. Ivančić.*



**Figura 3.5. Ecociudad de Sarriguren, bloques lineales, fachada sur.**  
*Fuente: A. Ivančić.*



**Figura 3.6. Aislante térmico.**  
*Fuente: A. Ivančić.*

Asimismo, el documento recoge una serie de recomendaciones generales y otras particulares para distintas tipologías edificatorias que se habían planteado en la urbanización.

Por lo general, el diseño de las fachadas sur de los edificios cuenta con protección solar tipo lamas orientables. Este elemento permite graduar la entrada de la luz natural



y regular el paso de la radiación solar en función de las necesidades energéticas de los espacios interiores. De esta forma se posibilita la captación de la radiación solar directa en invierno y se garantiza la protección de la radiación en verano.

Los revestimientos de las fachadas son mayoritariamente de colores claros, que reflejan la radiación solar. En algunos edificios, de forma complementaria se ha apostado por aprovechar la inercia térmica de algunos elementos constructivos. En estos casos, en el zócalo del edificio y en su cubierta, se han utilizado colores oscuros y materiales que absorben y acumulan la energía solar.

Una de las principales medidas de control de la aplicación de la Matriz Bioclimática fue la certificación energética de los edificios. Aunque hoy en día la certificación energética es obligatoria, la experiencia de Sarriguren en este sentido fue pionera en España. La certificación permitió identificar numerosas virtudes que estos procesos conllevan.

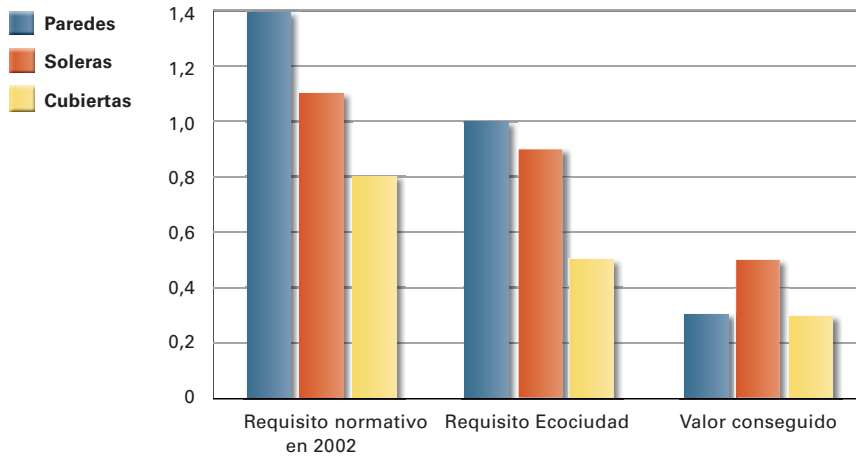
La metodología de certificación energética aplicada en Sarriguren, al igual que la que luego adoptó el Código Técnico de la Edificación, está basada en la comparación autorreferente. Esto significa que se comparan los consumos energéticos del edificio proyectado con los consumos que tendría un edificio de orientación y volumetría similar, que cumple con los requisitos mínimos, según la normativa vigente, en cuanto al aislamiento térmico e instalaciones térmicas.

La escala de calificación se determina en función del ahorro energético previsto respecto al edificio de referencia:

- Ahorro energético superior al 20%: clase C.
- Ahorro energético superior al 30%: clase B.
- Ahorro energético superior al 40%: clase A.

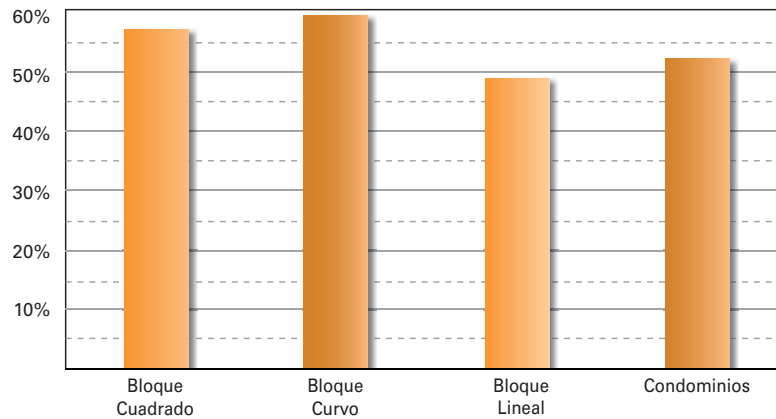
## **2. Resultados**

La evaluación de los proyectos de edificación en la Ecociudad de Sarriguren indica que la exigencia de la mejora de un 25% del aislamiento térmico fue ampliamente superada. En cuanto a soleras y cubiertas la mejora media fue superior al 50%, mientras que en las paredes fue del orden del 75%.



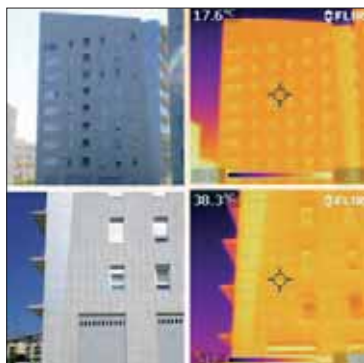
**Figura 3.7. Comparación de valores de transmitancia térmica-U (W/m<sup>2</sup> K).**  
 Fuente: NASURSA.

Gracias a estas y otras mejoras, la gran mayoría de los edificios fueron certificados como de clase energética A, y solo algunos como de clase B. El valor medio de ahorro energético se sitúa en un 52%. En los edificios de planta cuadrada y en los bloques curvos se han conseguido reducciones superiores al 55%.



**Figura 3.8. Ahorro energético para diferentes tipologías.**  
 Fuente: NASURSA.

Después de la evaluación de los proyectos, se ha llevado un control de la ejecución de las obras mediante visitas, en las que se comprobaban especialmente los aspectos relacionados con el aislamiento de la envolvente del edificio. Finalmente, una vez acabados los edificios, en algunas unidades se realizaron pruebas y mediciones con el objetivo de comprobar la calidad de la ejecución. Se hicieron termografías de la envolvente, pruebas de infiltración así como ensayos de rendimiento de las instalaciones. De esta forma se confirmaron las buenas prestaciones de los edificios en cuanto a las medidas implementadas de eficiencia energética.



**Figura 3.9. Termografías para comprobar la calidad de los cerramientos.**

*Fuente: NASURSA.*



**Figura 3.10. Prueba de fugas de aire.**

*Fuente: NASURSA.*



**Figura 3.11. Pruebas de infiltraciones.**

*Fuente: NASURSA.*

El año 2008 la Ecociudad de Sarriguren fue merecedora del Premio Europeo de Urbanismo, otorgado por el Consejo Europeo de Urbanistas, en la categoría de Medio Ambiente y Sostenibilidad.

---

*Fuente de información: Sonia Calvo López, Navarra de Suelo Residencial S. A. (NASURSA).*

---

## CASO 4

# Urbanización Ciudadalcampo

*Vivienda unifamiliar*

Madrid

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Residencial	<b>Tipo de actuación</b> Renovación de envolvente e instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 54.516 kWh/año	<b>Inversión</b> 82.470 €	<b>Retorno de la inversión</b> 5 años

El edificio, de una superficie total construida de 787,5 m<sup>2</sup>, está ubicado sobre una parcela de 2.600 m<sup>2</sup>. La vivienda consta de tres plantas sobre rasante y un sótano. Dispone de un total de siete dormitorios y de ocho cuartos de baño/aseos. La ocupación es continua a lo largo del año, ya que se trata de una primera vivienda, donde residen nueve personas. Los espacios calefactados suman un total de 542,6 m<sup>2</sup>.

## 1. Envolvente

Los cerramientos de la parte opaca de las fachadas están formados por ladrillo macizo, de 11,5 cm de espesor, enfoscado con mortero hidrófugo en su cara interior, aislamiento térmico y un tabicón de ladrillo hueco doble de 9 cm. La carpintería de la fachada es de PVC, con vidrio doble con cámara (6/8/6). La parte inclinada de la cubierta es de teja cerámica, mientras que la parte plana está formada por mortero ligero sobre el forjado, una impermeabilización de caucho armado con fibra de vidrio y acabado con pavimento de gres.

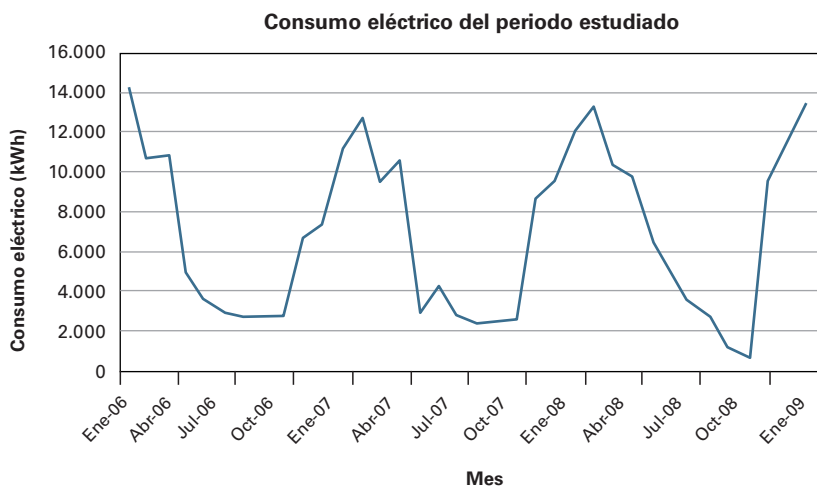
Para comprobar el estado de la envolvente, en cuanto a sus prestaciones térmicas y el aislamiento de la vivienda, se realizó un estudio termográfico, en el que se observó un estado generalmente favorable. Los problemas detectados eran referentes a las pérdidas energéticas que se producen en las ventanas y en las puertas de tipo correderas. Estas se cuantificaron en unos 11.760 kWh/año.

## 2. Instalaciones

El sistema de calefacción original cuenta con una caldera eléctrica de marca *Gabarrón* de 90 kW de potencia que abastece de agua caliente a baja temperatura al suelo radiante y con una centralita de distribución por cada planta. La regulación se realiza mediante un programador horario y varios termostatos ubicados en diferentes estancias. El sistema no dispone de acumulación.

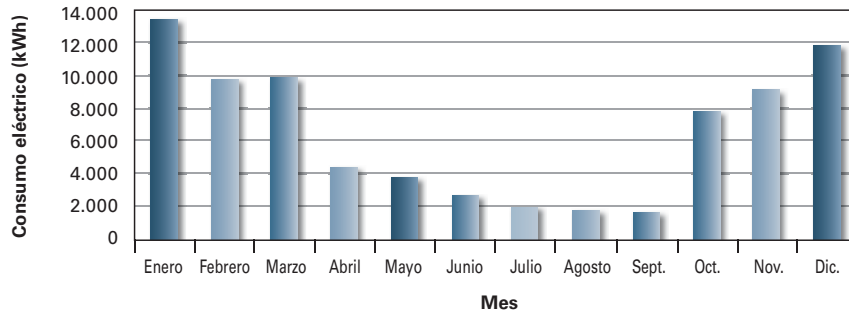
La producción y distribución de agua caliente sanitaria (ACS) se realiza a través de un interacumulador. La vivienda no contaba con ningún tipo de refrigeración.

La totalidad de la demanda de calefacción y del agua caliente sanitaria se cubre con la energía eléctrica. El consumo eléctrico anual, de unos 83.416 kWh, es considerablemente inferior en el periodo abril-septiembre.



**Figura 4.1. Consumo eléctrico de enero de 2006 a diciembre de 2008.**

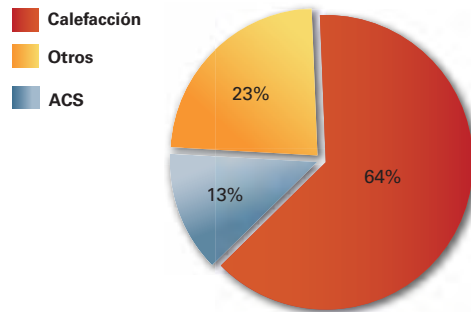
*Fuente: Gas Natural Fenosa.*



**Figura 4.2. Consumo eléctrico para el año de referencia.**

*Fuente: Gas Natural Fenosa.*

A partir del análisis de las facturas eléctricas y la auditoría energética, realizada por Gas Natural Fenosa, se llegó a desglosar el consumo eléctrico total entre los usos de calefacción, agua caliente sanitaria y otros usos que comprenden la iluminación, los electrodomésticos así como otros aparatos eléctricos. La calefacción era responsable de un 64% del consumo, el agua caliente sanitaria de un 13%, mientras otros usos computaban un 23%.



**Figura 4.3. Distribución de consumos.**

*Fuente: Gas Natural Fenosa.*

En primer lugar, se apostó por reducir las pérdidas térmicas de los cerramientos, identificadas mediante las termografías. Se colocaron burletes de goma en los marcos de los cerramientos.

Posteriormente, se sustituyó la caldera eléctrica por una bomba de calor geotérmica modelo Fighter 1330-40 del fabricante NIBE, de un *coefficient of performance* (COP) de 4, alimentada por un campo geotérmico de captación de energía que consta de 7 sondas geotérmicas de una profundidad entre 80 y 100 m, a una distancia de aproximadamente 5 m entre las sondas. Los pozos donde se ubican las sondas geotérmicas, fueron perforados dentro de los límites de la parcela donde se ubica la vivienda.



**Figura 4.4. Perforación de pozos geotérmicos.**

*Fuente: Gas Natural Fenosa.*



**Figura 4.5. Bomba de calor geotérmica.**

*Fuente: Gas Natural Fenosa.*

Para garantizar un funcionamiento más homogéneo del sistema, evitando frecuentes arranques y paradas, se ha instalado un acumulador inercial de 200 litros, de la marca Idrogas, modelo AR-100, que cuenta con un bloque de resistencias eléctricas de 9 kW de apoyo. De forma similar, para el agua caliente sanitaria se ha instalado un depósito de acumulación de 450 litros y un bloque de resistencias eléctricas de 9 kW de apoyo.

Estas mejoras han sido implementadas por Gas Natural Fenosa bajo la modalidad de contrato con garantía de ahorro de energía: la empresa garantiza los ahorros durante un periodo de validez del contrato de diez años. Los beneficios económicos del ahorro conseguido se reparten entre la empresa de servicio energético y el propietario de la vivienda. El contrato fija unas cuotas mensuales correspondientes al 60% de los ahorros obtenidos con las mejoras, que el propietario paga a la empresa de servicios energéticos. Asimismo, el propietario se beneficia del 40% de los ahorros obtenidos durante la validez del contrato y del 100% una vez finalizado el contrato.



### 3. Resultados

Se calcula que la reducción de las pérdidas térmicas por la mejora de los cerramientos es de unos 4.590 kWh/año, equivalentes a un 5,5% respecto al consumo total de la vivienda.

Con el sistema geotérmico se ha conseguido una reducción del consumo eléctrico de unos 49.926 kWh/año, equivalente a un 63,3% del consumo total.

La demostración de la obtención de estos ahorros energéticos, queda definida contractualmente según un plan de medida y verificación acorde y cumpliendo el *International Performance Measurement and Verification Protocol* de la Efficiency Valuation Organization (EVO), una organización internacional sin ánimo de lucro, dedicada en exclusiva al desarrollo de herramientas de medida y verificación de resultados de ahorro energético. Estas herramientas son extremadamente útiles cuando el ahorro energético es objeto de un contrato, ya que ayudan a definir los diferentes factores que puedan influir en el consumo y afectar los resultados, como son variabilidad climática o cambios de uso del edificio en cuestión.

Para la vivienda que aquí nos ocupa, basándose en la metodología definida por el mencionado protocolo y en el consumo real de los años anteriores, se ha definido una distribución de consumo anual de referencia que sirve de base para evaluar los ahorros. De esta forma, se ha podido comprobar que durante los dos primeros meses de funcionamiento los ahorros medidos se sitúan en 13.755 kWh o en torno al 65%.

La inversión de 82.470 € fue acometida por Gas Natural Fenosa, de los cuales 24.068 € corresponde a los equipos nuevos y su instalación, y el resto a la obra civil relacionada con los pozos geotérmicos. El periodo de retorno de la inversión se sitúa en unos 5 años, pero como el beneficio económico se reparte entre la empresa de servicios energéticos y el usuario, el periodo de retorno para el inversor está en 8,5 años.

---

*Fuente de información:* Gas Natural Fenosa.

---

## CASO 5



# Alokabide

## *Bloque de viviendas con microgeneración eléctrica propia San Sebastián (Guipúzcoa)*

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Residencial	<b>Tipo de actuación</b> Nuevas instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 164.886 kWh/año	<b>Inversión</b> 52.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 6,2 años

Se trata de un edificio residencial en régimen de alquiler social protegido, cuyo propietario y gestor es Alokabide, sociedad participada por el Gobierno Vasco dedicada a la gestión del alquiler de viviendas protegidas. El edificio, localizado en el barrio



**Figura 5.1. Vista general.**

*Fuente: Baxi Roca / Alokabide.*

donostiarra de Riberas de Loiola, está habitado desde inicios del año 2008 y consta de 91 viviendas con un sistema centralizado para agua caliente sanitaria y calefacción y con energía solar térmica mediante captadores planos.

## **1. Instalaciones**

La promoción pública se proyectó, diseñó y construyó cumpliendo el Código Técnico de la Edificación (CTE). Se ideó un sistema centralizado mediante uno primario con producción de agua caliente sanitaria individualizada en cada vivienda y contaje de consumos por vivienda.

En el proyecto se integraron varias soluciones: la energía convencional a través de dos calderas atmosféricas de 350 kW y un sistema de captación solar térmica formado por 30 captadores planos de 2 m<sup>2</sup>. La premisa principal en el planteamiento del sistema fue cubrir las pérdidas por distribución del sistema y mantener las necesidades constantes de temperatura requeridas por el propio sistema, que en este caso ronda los 70 °C en el circuito primario. Las pérdidas están calculadas en unos 22 kWh. Las necesidades energéticas del sistema eran cubiertas por la producción de las calderas mediante gas natural y el escaso aporte de energía solar térmica.

El consumo energético durante el año 2008 fue de 635.227 kWh con un coste económico de 28.077 €. En esta instalación, los captadores solares térmicos aportaron únicamente unos 8.500 kWh a la instalación centralizada, hecho derivado de las circunstancias meteorológicas acaecidas durante el año 2008 y a un complejo ajuste inicial de la instalación (diseño, placas, regulación, ocupación, explicación).

Durante el año 2008 se producen desacuerdos entre los usuarios y la propiedad sobre la facturación de los gastos energéticos, así como dudas sobre el rendimiento del sistema solar instalado, considerando también los costos asociados al mantenimiento del mismo. Es a finales del año 2008 y principios del año 2009 cuando se inicia un periodo de reflexión entre la empresa gestora del edificio Alokabide y una empresa de servicios energéticos sobre las posibles mejoras energéticas a introducir, la utilización de sistemas innovadores y un uso eficiente y económico de la instalación. El resultado de este proceso de reflexión es la decisión de apostar por integrar la microgeneración dentro del sistema energético del edificio con el objetivo de paliar los costes del mismo y contribuir con ello a reducir el coste de cara a los usuarios finales, planteando la medida como una mejora social y energéticamente eficiente. Serviría de igual manera como prueba piloto y banco de pruebas a fin de disponer de datos reales de eficiencia, ahorro y gestión general del sistema.

## 1.1. Soluciones aplicadas

Uno de los objetivos principales a alcanzar por la empresa de servicios energéticos es repercutir parte del beneficio económico producido por la venta de electricidad a la red a los usuarios de manera particular y asegurar ciertos ingresos derivados de una demanda constante dentro del edificio.

Con la microgeneración se ha llegado a cubrir la demanda base de las necesidades térmicas del edificio, trasladando un coste en un beneficio económico real.



**Figura 5.2. Equipo de microgeneración.**

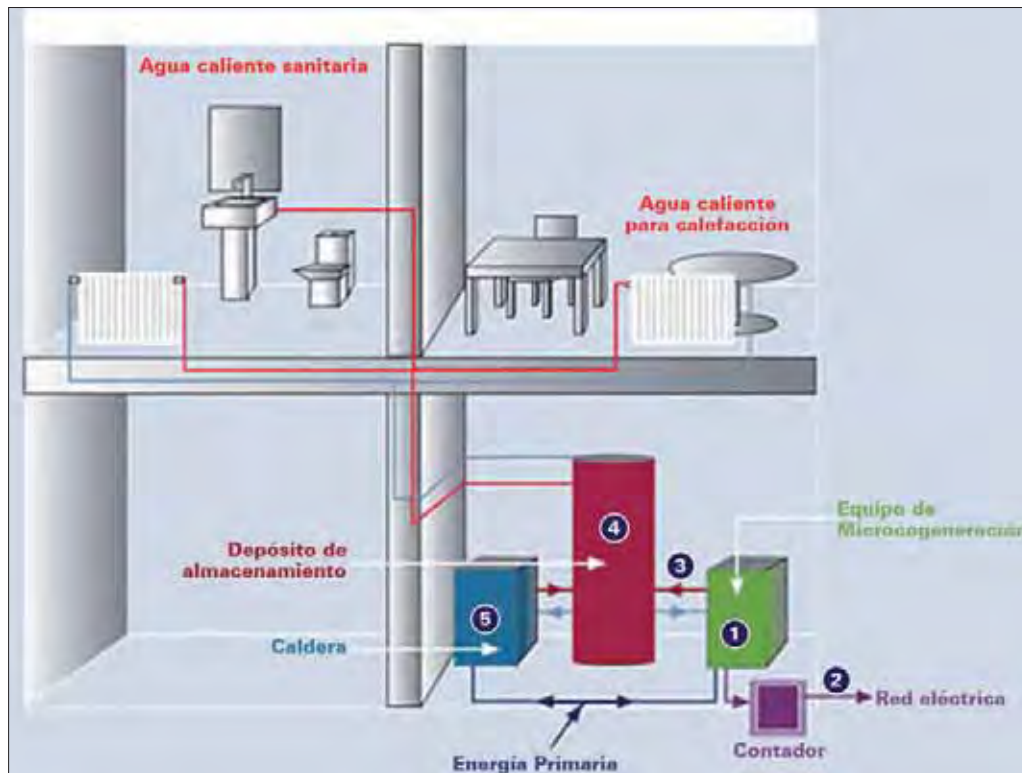
*Fuente: Baxi Roca.*

El diseño del nuevo sistema se basó en emplazar las unidades de microgeneración Dachs apoyando las calderas del sistema. Se han instalado dos unidades de microgeneración Dachs G5.5, de 14,5 kW térmicos y 5,5 kW eléctricos, de Baxi Calefacción. Los equipos de microgeneración, dimensionados para cubrir la demanda térmica para ACS, una vez instalados trabajarán para apoyar tanto a la producción total de ACS como a la generación térmica de calefacción. En el caso de necesitarse más potencia térmica, se aprovechará la energía producida por el campo de captadores solares, siendo el sistema convencional de calderas de gas el que aporta la última fase de potencia durante las épocas del año cuando las cargas son máximas.

Sistemas	Energía teórica aportada anual (kWh)	Solución
Micro CHP	200.000	2 equipos de microcogeneración DACHS
Energía solar	8.500 (real año 2008)	60 m <sup>2</sup> de captadores planos
Calderas gas	350.000	2 calderas de 350 kW c/u

**Tabla 5.1. Resumen de equipos instalados.**

*Fuente: Baxi Roca.*



**Figura 5.3. Esquema de instalación.**

*Fuente: Baxi Roca.*

Las unidades de microgeneración Dachs generarán electricidad, que está siendo exportada a la red en virtud del régimen especial (R.D. 661/2007), obteniendo una prima de venta a red por encima del precio del kWh de la tarifa regulada. El funcionamiento previsto de las dos unidades debido a la demanda total térmica de la instalación es de unas 7.300 horas/unidad, con lo cual permite el aporte anual de entre 200.000 y 220.000 kWh térmicos y de, aproximadamente, 88.000 kWh eléctricos. En mayo de 2009 se consigue la acreditación de Industria para poder exportar la electricidad generada a la red.

Como demuestra esta experiencia, la microgeneración se puede adaptar para complementar salas de calderas existentes sin necesidad de reconfigurar ni el trazado de tuberías ni los emisores del circuito secundario. De esta forma se ha demostrado que los usuarios pueden empezar a reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> y ahorrar energía de forma más rápida, sin grandes gastos ni modificaciones requeridas para integrar otros tipos de sistemas.

## 2. Resultados

Las siguientes tablas comparan los resultados y los costes de explotación entre el sistema anterior convencional y el sistema con microgeneración instalado.

Costes de explotación sin microgeneración	Demanda kWh	% demanda	Consumo kWh
Energía aportada calderas	559.000	99%	635.227
Energía aportada solar	8.500	1%	0
Energía total	567.500	100%	635.227
Total coste de explotación			28.077 €

**Tabla 5.2. Costes de explotación sin microgeneración.**

*Fuente: Baxi Roca.*

Costes de explotación con microgeneración	Demanda kWh	% demanda	Consumo kWh
Energía aportada micro CHP	211.700	37%	299.300
Energía aportada calderas	341.500	61%	388.068
Energía aportada solar (datos 2008)	8.500	2%	0
Energía total	561.700	100%	687.368
Gas consumido por micro CHP	299.300	0,0442 €/kWh	13.229 €
Gas consumido calderas	388.068	0,0442 €/kWh	17.153 €
Consumo de gas total			30.382 €
Energía eléctrica producida micro CHP	80.300 kWh	0,1590 €/kWh	-12.768 €
Costes mantenimiento micro CHP			2.106 €
Total costes de explotación			19.720 €
Reducción de costes de explotación			29,8%

**Tabla 5.3. Costes de explotación con microgeneración.**

*Fuente: Baxi Roca.*

La reducción de los costes de explotación con el sistema de microgeneración puede llegar a prácticamente el 30%, considerando la energía eléctrica exportada a la red y la necesidad de mantenimiento que requieren los motores de microgeneración. Desde el punto de vista medioambiental, la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> se sitúa en 51 toneladas al año o un 33%. Los datos de la explotación indican que los motores funcionan de 20 a 22 horas al día.

El coste final de la instalación de microgeneración es de 52.000 €. El periodo de retorno de la inversión es de unos 6,2 años.

Finalmente, se puede destacar que la aportación económica por venta de electricidad contribuye en la reducción de los gastos fijos de mantenimiento del edificio y posibilita la reducción de los costes imputados a los inquilinos. El tamaño de los equipos es compacto y permitió adecuarlos en salas de máquinas de sistemas centralizados existentes. La instalación no es compleja, por lo que la adaptación del sistema existente no fue difícil.

---

*Fuente de información:* Jaume Alcover, Baxi Calefacción S.L.U. Igor Etxabe, Alokabide.

---



# II. Edificios de oficinas

**CASO 6** Consorcio de la Zona Franca  
(Barcelona)

**CASO 7** Centro de Ciencias Pedro Pascual  
(Benasque, Huesca)

**CASO 8** Junta de Andalucía (Andalucía)





## CASO 6



# Consortio de la Zona Franca

## *Edificio de oficinas* Barcelona

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Oficinas	<b>Tipo de actuación</b> Rehabilitación de edificio e instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 436.565 kWh/año	<b>Inversión</b> 38.300 €	<b>Retorno de la inversión</b> 1 año

Este edificio representativo, ocupado en el año 2003 y en el que trabajan, de manera permanente, entre 170 y 250 personas, constituye la sede del Consorcio de la Zona Franca. Tiene una superficie de 14.000 m<sup>2</sup> aproximadamente, repartida en cinco plantas que, en determinados puntos, se juntan, resultando en tres plantas de altura generosa.



**Figura 6.1. Edificio sede del Consorcio de la Zona Franca.**

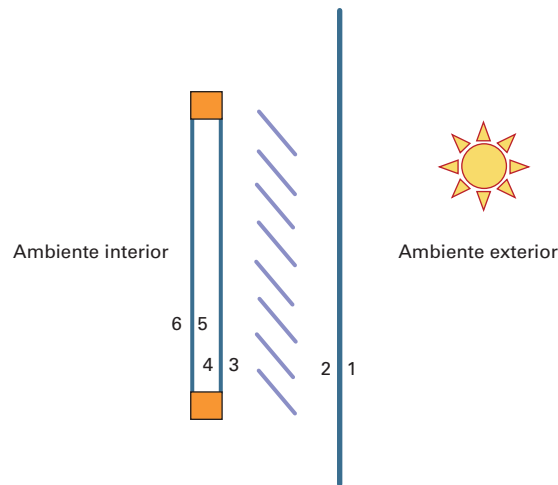
*Fuente: Consorcio de la Zona Franca.*

# 1. Envolverte

## 1.1. Estado inicial

Las fachadas son de tipo muro-cortina de cristal, conformando una cámara ventilada entre las diferentes láminas de vidrio. La fachada está formada por un cristal exterior y un cristal doble en la parte interior. El cristal exterior está tratado con un recubrimiento de control solar. Este recubrimiento se protege de la posible degradación producida por factores climatológicos colocándose en la cara interior del cristal exterior.

En la cámara ventilada, la fachada dispone de una persiana de tipo veneciana como elemento adicional de protección solar. La ventana interior consiste en un doble cristal con cámara de aire sin ningún tipo de tratamiento.



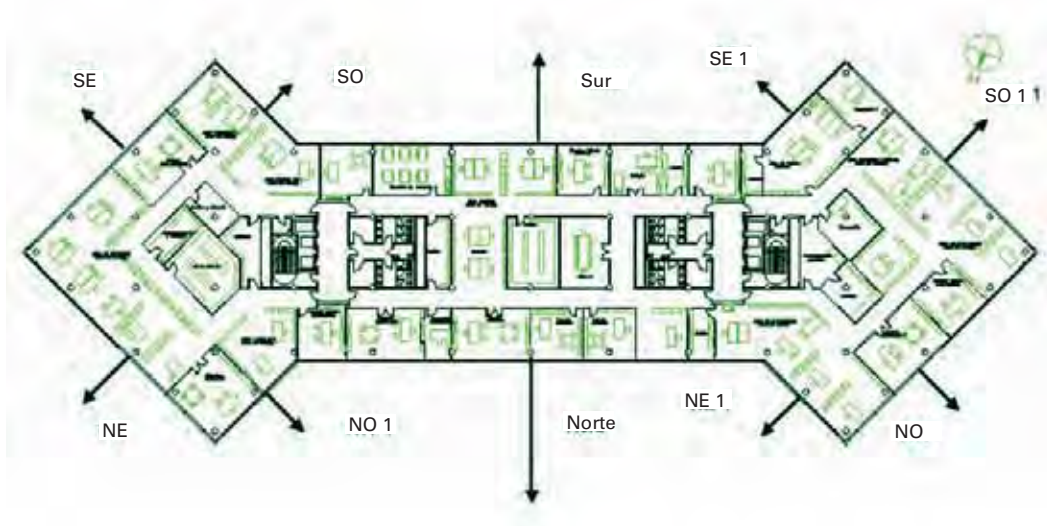
**Figura 6.2. Esquema de la sección de la envolvente.**

*Fuente: Consorcio de la Zona Franca.*

El edificio se caracteriza por una planta articulada de forma que los interiores reciban la máxima cantidad de luz natural. Como resultado de este enfoque, el edificio tiene fachadas con seis diferentes orientaciones.

El edificio fue concebido inicialmente con plantas diáfanas, una tendencia cada vez más presente en edificios terciarios, que a menudo se diseñan pensando en su flexibilidad de uso. Si bien es cierto que este tipo de diseño permite una mayor flexibilidad a nivel de distribución física del espacio de trabajo, las instalaciones que tendrían que garantizar el confort del espacio no siempre están diseñadas con el mismo criterio de flexibilidad y no permiten ser reorganizadas con la misma facilidad que el espacio físico.

Este es el caso del edificio que nos ocupa, donde las instalaciones fueron diseñadas siguiendo el criterio de uso de un gran espacio diáfano. Con posterioridad, contrariamente a lo que sugería el diseño original, se creó una compartimentación según las necesidades específicas del lugar de trabajo, generando algunos despachos individuales, lo cual provocó un desequilibrio en el sistema de climatización.



**Figura 6.3. Planta tipo. Las particiones interiores, a excepción de los núcleos de comunicación, son fruto de la organización del espacio posterior.**

*Fuente: Consorcio de la Zona Franca.*

## **1.2. Soluciones pasivas**

Una vez ocupado el edificio se han ido implementando diversas medidas, correspondientes a diferentes necesidades. Atendiendo a las necesidades de confort se implantó un importante cambio que generó a la vez un impacto en la reducción del consumo energético, aunque este no fuera su objetivo inicial.

Debido a que en la fachada vidriada original no había ningún elemento de protección solar que diera sombra (aunque existía en los cristales originales un tratamiento tipo filtro solar) se decidió incorporar unas persianas tipo venecianas en el interior de la cámara ventilada del muro-cortina. Adicionalmente, en las fachadas más expuestas, se instalaron unos estores por la parte interior de la fachada. Al evitar la radiación solar directa, se evita el discomfort térmico y lumínico y a la vez disminuye la carga térmica por radiación solar, cosa que repercute directamente en el consumo de climatización. Al encontrarse dichas protecciones por el lado interior de la fachada, el efecto de disminución de la carga térmica no es muy elevado, aunque no es despreciable.

## **2. Instalaciones**

### **2.1. Alumbrado**

En el edificio del Consorcio de la Zona Franca se utilizan lámparas fluorescentes y lámparas halógenas dicroicas. Las lámparas halógenas inicialmente instaladas tenían las siguientes características básicas:

- Potencia de 50 W.
- Intensidad lumínica 2.200 cd.
- Haz lumínico de alta intensidad con apertura claramente definida.
- El reflector lleva un revestimiento dicroico duro, que refleja y transmite la luz.
- Cristal delantero con filtro UV.
- La temperatura de color es de un blanco cálido (3.000 K).

- De excelente reproducción cromática.
- Casquillo GU5.3 o GU4, que facilita la sujeción.

Una de las ventajas principales de este tipo de lámparas es que su haz luminoso es frío, dado que gran parte del calor generado se transmite hacia atrás gracias a un reflector dicróico.

Las luminarias fluorescentes instaladas en el edificio están equipadas con balastos electrónicos, pero no existe ningún tipo de regulación del flujo lumínico.

En un inicio, la gestión del edificio contemplaba su iluminación durante las 24 horas, por considerarse ésta como parte de la imagen corporativa. Por otro lado, como ya se ha dicho, el edificio fue concebido como una construcción de plantas diáfanos, con unos diseños de climatización e iluminación previos a la posterior sectorización funcional que se llevó a cabo. Así, nos encontramos con una distribución del clima y de la iluminación que no se corresponde con la distribución interior. Este hecho se agrava con unos sistemas automáticos de detección de presencia y un control centralizado que, debido a la sectorización funcional posterior, hace que se enciendan luces que no deberían.

Por otro lado, resultado de una peculiar sectorización de los circuitos de electricidad, la iluminación de los lavabos de las diferentes plantas y los ascensores compartían el mismo circuito eléctrico. A consecuencia de ello, las luminarias de los lavabos quedaban encendidas durante todo el día, igual que las luces de los ascensores.

## 2.2. Climatización

El sistema de climatización se basa en bombas de calor y enfriadoras eléctricas tipo aire-aire. También dispone de unidades de recuperación de energía térmica. El *coefficient of performance* (COP) global que alcanza el sistema de generación depende de la distribución de las demandas de calor y frío; el COP de las bombas de calor y de las enfriadoras es diferente y, además, el COP del sistema varía significativamente en función del grado de utilización de unidades recuperadoras. El COP medio anual del sistema de generación es superior a 3, con las puntas en los meses de primavera y otoño cuando se potencia el uso de recuperadores de calor. Por otro lado, el COP global es relativamente bajo, inferior a 1,5, debido al alto consumo eléctrico del sistema de distribución, que en este caso se realiza por aire.

Las instalaciones de distribución discurren por el techo técnico, que en buena parte no es practicable, cosa que dificulta y encarece significativamente la implementación de medidas correctoras sobre las instalaciones.

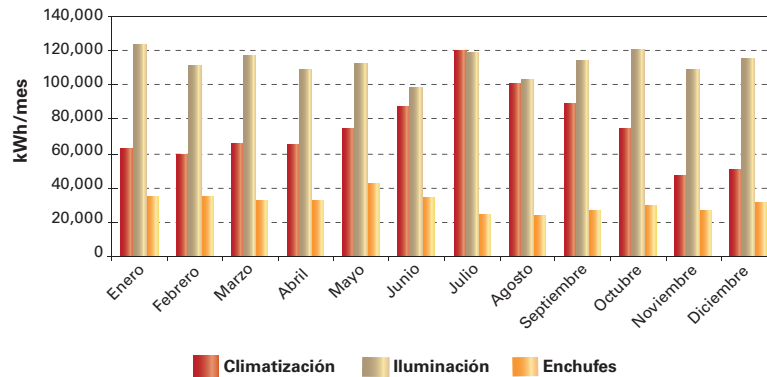
Este edificio tiene una particularidad que incide en la climatización: como se trata de las oficinas centrales del Consorcio, dispone de un centro de control, situado en el vestíbulo, desde el cual se gestiona toda la seguridad del polígono y que obliga a tener el vestíbulo climatizado durante las 24 horas, todos los días del año. Con la zonificación original de las instalaciones de clima, esto significaba que la climatización de una parte importante del edificio estaba siempre en funcionamiento.

### 2.3. Consumo de energía previo

Inicialmente, se constató que el consumo total de energía eléctrica del edificio del año 2004 fue de 2.712.217 kWh. Esto representaba un consumo de 194 kWh por metro cuadrado de edificio. Aunque este valor no representa un consumo unitario extremadamente alto para edificios de tipología y uso similar, en este caso, dada su baja ocupación, podía optimizarse de manera substancial.

Con el objetivo de realizar una gestión energética eficiente y trabajando bajo unas directrices de un sistema de gestión ambiental EMAS, en el año 2006 se procedió a individualizar el sistema de contaje, que quedó separado según los consumos en iluminación y ascensores, climatización y tomas de corriente.

Los resultados del primer año de contaje por separado se muestran en las gráficas siguientes:



**Figura 6.4. Consumo de electricidad por usos.**

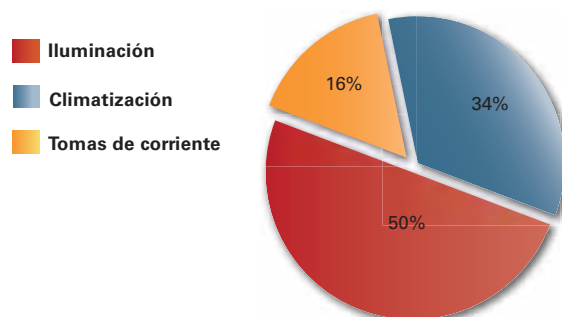
*Fuente: Consorcio de la Zona Franca.*

Como se puede apreciar, el consumo dominante corresponde al apartado de iluminación, que también contempla los ascensores, seguido del gasto en climatización. El consumo de iluminación a lo largo del año se muestra regular, así como el de tomas de corriente, mientras que el consumo en climatización es el que sufre la mayor variación según la época del año. La punta se produce en el periodo estival, cosa que no es en absoluto inesperada, debido a la gran cantidad de superficie acristalada de la fachada y a las condiciones climáticas del lugar.

Usos	Consumo eléctrico año 2007
	kWh/año
Climatización	867.962
Iluminación y ascensores	1.295.760
Tomas de corriente	404.083
TOTAL	2.567.805

**Tabla 6.1. Consumos energéticos por usos.**

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 6.5. Distribución del consumo eléctrico anual por usos.**

*Fuente: Consorcio de la Zona Franca.*

## 2.4. Soluciones aplicadas

Con la separación de contadores antes mencionada (junio 2006) se empezó una nueva fase de identificación y consecución de mejoras bajo un criterio cuantificable. Siguiendo esta línea, en el año 2007 se realizó una auditoría energética que identificó las medidas a tomar:



- Instalación de una nueva máquina de climatización exclusiva para el vestíbulo, ya que su horario de funcionamiento es totalmente diferente al del resto del edificio.
- Optimización de recuperadores de calor.
- Ajuste de la temperatura de consigna (invierno/verano) de 23/24 °C a 21/25 °C, una medida que, según la auditoría energética realizada, destacaba entre las de mayor potencial de ahorro, con un 15% de reducción en gasto de climatización.
- El horario de iluminación del edificio pasó a corresponder a la ocupación real del espacio, entre 12 y 14 horas al día, prescindiendo de la iluminación con criterios ornamentales durante las 24 horas.
- Detectores de presencia en el edificio, conectados por la noche, los fines de semana y las 24 horas en el mes de agosto.
- Introducción de detectores de presencia en los vestíbulos de los aseos.
- Cambio de luminarias halógenas por otras de mayor rendimiento. Los diferentes fabricantes ofrecen gamas y líneas de productos muy similares, que permiten un gran abanico de opciones y, muchas veces, compatibles entre ellas. Con este cambio se reduce la potencia instalada sin que el nivel de confort y la calidad de la luz se vean perjudicados. Se utilizan las lámparas de baja potencia, de 35 W en lugar de 50 W, y de larga duración, con una mejora de la eficacia lumínica de hasta un 40%. La durabilidad es de 5.000 horas, frente a las 4.000 de una dicroica estándar. En las luminarias halógenas dicroicas de mayor rendimiento el revestimiento termoreflexor del quemador refleja el calor residual hacia el filamento, con lo cual se necesita menos energía para conseguir el mismo flujo lumínico que se obtiene con las lámparas dicroicas estándar.

La incorporación de esta medida de ahorro en iluminación tiene un beneficio indirecto asociado a la reducción de cargas térmicas que alivian la demanda de refrigeración del edificio. Esta medida se ha aplicado dentro de las tareas de mantenimiento regular del edificio.

- Incorporación de luxómetros/sensores de luz natural que regulan el flujo lumínico de las lámparas fluorescentes. La auditoría recomendaba una profunda renovación del sistema implantado, añadiendo un sistema de control de radiación y de presencia para ajustar el consumo energético y favorecer un correcto funcionamiento de la instalación de iluminación, con una sectorización adecuada a la distribución física del espacio.

Dado que el techo técnico del edificio no es practicable y no permite un acceso y adecuación fácil del cableado, aplicar los cambios propuestos por la auditoría significaba la realización de importantes obras de remodelación, lo que impediría

temporalmente el uso normal del edificio y comportaría grandes inversiones. Por esto se ha optado por la incorporación de los sensores de luz natural directamente en las lámparas fluorescentes, junto con los balastos electrónicos de alta frecuencia que, comandados por el sensor, permiten la regulación del flujo lumínico de las lámparas, complementando la luz natural.



**Figura 6.6. Luminaria con sensores de luz natural.**

*Fuente: Consorcio de la Zona Franca.*

- Elaboración de la campaña informativa “Yo apago la luz”, que consiste en la colocación de pegatinas sobre los interruptores, correos informativos y que, en definitiva, requiere de la colaboración y de la alta predisposición del personal de mantenimiento y de los usuarios del edificio en general.



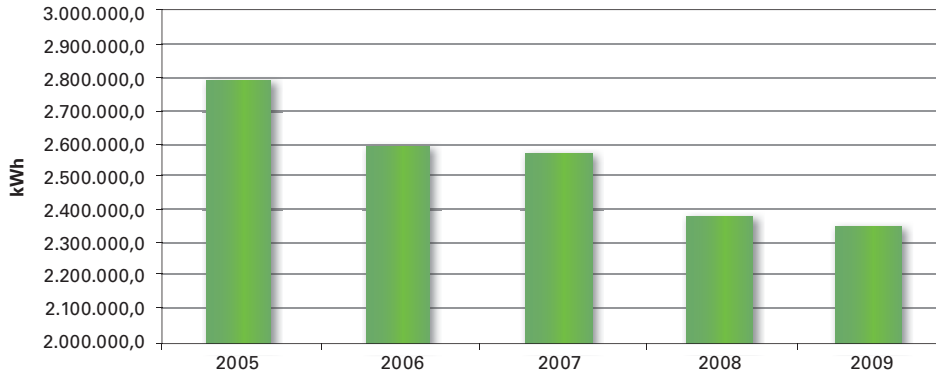
**Figura 6.7. Pegatina utilizada en la campaña “Yo apago la luz”.**

*Fuente: Consorcio de la Zona Franca.*

- Creación de un protocolo interno a tener en cuenta durante la ronda del personal de mantenimiento por la tarde-noche que supone apagar las luces en despachos individuales, así como las impresoras.

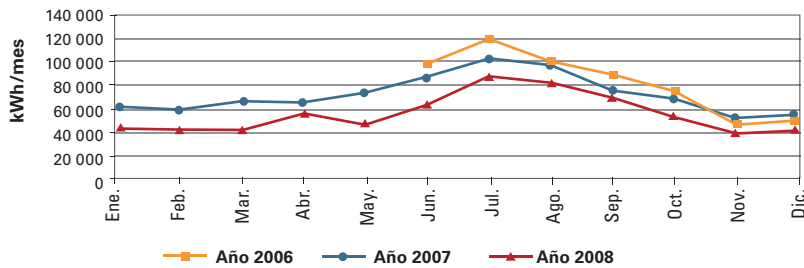
### 3. Resultados

A raíz de la implementación de estas medidas se ha conseguido una reducción del consumo de 436.565 kWh/año, lo que equivale a un 16% sobre la factura inicial. En términos de consumo unitario, esto representaría una reducción de los 199 kWh/m<sup>2</sup> (Año 2005, antes de las medidas implementadas) a 170 kWh/m<sup>2</sup> por año. Dado que las medidas se han ido implementando en paralelo y no una a una, en este caso se hace difícil desglosar el beneficio energético entre ellas.



**Figura 6.8. Evolución del consumo energético total del edificio.**

*Fuente: Consorcio de la Zona Franca.*



**Figura 6.9. Comparación del consumo de climatización 2006-2008.**

*Fuente: Consorcio de la Zona Franca.*

---

*Fuente de información:* Beatriz Tena, Ramón Molist, Consorcio de la Zona Franca.

---

## CASO 7



# Centro de Ciencias Pedro Pascual

*Edificio de un centro de investigación Benasque (Huesca)*

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Oficinas	<b>Tipo de actuación</b> Nuevo edificio e instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 75 kWh/m <sup>2</sup> y año	<b>Inversión</b> No disponible	<b>Retorno de la inversión</b> No disponible

El Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual (CCBPP), fundación para la promoción del conocimiento científico puntero y la excelencia en la investigación, está situado en el corazón de los Pirineos españoles. El objetivo del Centro es ofrecer una atmósfera agradable a los investigadores profesionales venidos de todo el mundo para



**Figura 7.1. Interior del centro.**

*Fuente: CCBPP.*

el intercambio y desarrollo de conocimientos de temas específicos entre especialistas de una misma área de investigación. Se organizan grupos de discusión y debate, iniciativa de asesores científicos y de los propios participantes, bajo la supervisión de un comité científico.

Desde sus primeras andaduras, en 1997, el CCBPP utilizó las instalaciones docentes existentes en la zona para llevar a cabo su actividad. Sin embargo, pronto quedó clara la necesidad de disponer de un espacio propio y específico para el buen desarrollo de sus funciones. En el año 2007, la fundación se amplió con la incorporación del Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), hecho que desencadenó la promoción de un nuevo edificio concebido para poder albergar los encuentros científicos de alto nivel. A respuesta del concurso público organizado, el equipo de arquitectos de Isabel Pascual y Bernardo Fernández ganó la licitación con una propuesta de edificio innovador, integrado en el entorno y adaptado a las necesidades específicas del centro. Una de las premisas del desarrollo del proyecto era la incorporación de criterios de eficiencia energética, así como la integración de energías renovables.

El edificio, de una superficie útil de 1.550 m<sup>2</sup>, está situado en el término municipal de Benasque y ocupa el emplazamiento de las antiguas escuelas de la villa, en la Avenida de Francia. Fue inaugurado en julio de 2009.

## 1. Envoltente

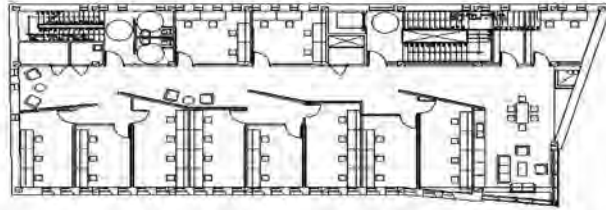
El edificio tiene una configuración de planta baja más dos plantas y sótano. El acceso principal se realiza desde la esquina sur del edificio, a través de un porche que permite la entrada al vestíbulo. Desde este vestíbulo, que actúa como distribuidor de la planta baja, se accede a los despachos de secretaría y dirección y a la zona de relax. En la fachada norte se encuentran las escaleras, el ascensor, los servicios, la sala de ordenadores, el servidor y una pequeña sala de reuniones.



**Figura 7.2. Planta baja del Centro de Ciencias Pedro Pascual.**

*Fuente: Isabel Pascual y Bernardo Fernández.*

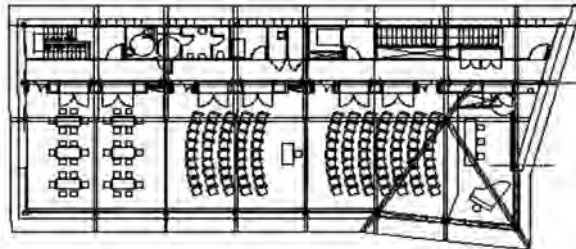
En la primera planta se ubican los despachos, situados en la franja suroeste. El área de descanso, que disfruta de una buena zona acristalada, se mantiene en la zona sur. En la franja norte prácticamente se repite la distribución que encontramos en la planta baja.



**Figura 7.3. Planta primera del Centro de Ciencias Pedro Pascual.**

*Fuente: Isabel Pascual y Bernardo Fernández.*

En la segunda planta, bajo la cubierta, se encuentran las aulas de los diferentes seminarios. Éstos están separados por tabiques móviles que permiten diferentes configuraciones en función de las necesidades. El aula mayor o auditorio está ubicada en la esquina sureste del edificio, y su iluminación se ve favorecida con una cantidad ingente de luz natural que proviene de la gran superficie acristalada del aula.



**Figura 7.4. Segunda planta del Centro de Ciencias Pedro Pascual.**

*Fuente: Isabel Pascual y Bernardo Fernández.*

A continuación se muestra una imagen del edificio que permite observar una de sus características más notoria a simple vista: la esquina sureste, compuesta en gran parte por grandes ventanales protegidos con lamas verticales de madera y que en la segunda planta se erige triangularmente.



**Figura 7.5. Imagen del edificio, con detalle del elemento triangular al sur.**  
*Fuente: CCBPP.*



**Figura 7.6. Detalle de la fachada.**  
*Fuente: CCBPP.*

## 2. Instalaciones

El equipo responsable del proyecto ejecutivo estuvo compuesto por los arquitectos Isabel Pascual y Bernardo Fernández y el despacho de ingeniería de Lluís Duarte. *Aiguasol*, empresa especializada en consultoría energética, se integró en el equipo proyectista desde las fases de concepción y diseño del nuevo edificio valorando distintas posibilidades de soluciones constructivas y de sistemas energéticos. Se analizaron y optimizaron, mediante simulación dinámica, los distintos elementos de la envolvente del edificio, así como de los otros cerramientos que lo componen. Igualmente se analizaron distintas opciones de sistemas de climatización, desarrollando y optimizando finalmente un sistema de biomasa y calefacción mediante suelo radiante. A su vez, y considerando tanto las condiciones climáticas actuales como las predicciones futuras más cálidas, se diseñó un sistema de aperturas automatizadas, mediante sistema domótico, en fachadas y cubierta, para favorecer la ventilación natural, evitando así la instalación de un sistema de climatización para verano.

Las características básicas de las principales actuaciones en materia energética son:

- Optimización de la relación entre los cerramientos opacos y transparentes, que también contempla el aumento de los aislamientos en fachadas y cubiertas, los vidrios de baja emisividad y tratamiento de las lamas de protección solar.
- Sistema de calefacción por suelo radiante con caldera de biomasa:
  - Potencia de la caldera: 150 kW.
  - Silo de almacenamiento: 61,93 m<sup>3</sup>.
- Sistema de refrescamiento por ventilación natural caracterizado por:
  - Sistemas de apertura automatizados.
  - Gestión domótica.
- Optimización del sistema de iluminación que incluye los sensores de presencia, los de luz natural, sectorización y las luminarias de alto rendimiento.



### 3. Resultados

Hasta el momento, el edificio ha sido alabado por los usuarios por su grado de confort a todos los niveles.

Durante el primer invierno de funcionamiento del edificio se han consumido unas 12 toneladas de biomasa. Teniendo en cuenta el valor medio del poder calorífico de la biomasa, de unos 4,7 kWh/kg, la energía térmica producida a partir de ésta es de unos 56.400 kWh. Por otro lado, el consumo eléctrico anual del edificio es de unos 61.100 kWh. De esta forma, el consumo específico para la calefacción del centro se sitúa en unos 36 kWh/m<sup>2</sup> y año. En cambio, el consumo eléctrico es de unos 39 kWh/m<sup>2</sup> y año. El edificio no tiene instalaciones de climatización estival, pues el confort en este periodo se consigue exclusivamente mediante el sistema pasivo bioclimático del edificio.

En comparación con edificios de semejante uso, estos ratios de consumo son muy bajos. Sin embargo, para realizar una comparación objetiva, se tiene que introducir el factor ocupación, ya que el uso del edificio en Benasque tiene una dinámica peculiar: su uso se puede considerar como intermitente, ya que la ocupación permanente, por el equipo gestor del centro, se circunscribe en unos espacios reducidos. Pero cuando se celebran los encuentros académicos, la ocupación es muy intensa de seis días a la semana en jornadas de 12 horas. Con el objetivo de poner los consumos del Centro en contexto de edificios convencionales de tipología oficinas o educativos, hay que tomar en consideración que el edificio que aquí nos ocupa tiene una ocupación un 15-20% menor que uno de mencionadas tipologías. Aun así, podemos concluir que el Centro se caracteriza por una reducción del consumo energético que supera el 50% respecto a los edificios convencionales de uso similar, cuyo consumo superaría los 150 kWh/m<sup>2</sup> en las condiciones climáticas de Huesca.

Finalmente, mencionar que la totalidad de la energía consumida es de origen renovable, ya que, además de biomasa, la electricidad que consume el centro es de origen hidráulico, con lo cual este es uno de los pocos edificios en España de cero emisiones de CO<sub>2</sub>.

---

*Fuente de información:* Isabel Pascual y Bernardo Fernández, Arquitectos, Aiguasol.

---



# Junta de Andalucía

## *Edificios de la Administración Pública*

### Andalucía

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Oficinas	<b>Tipo de actuación</b> Diversas actuaciones
<b>Ahorro energético</b> 8.600.000 kWh/año	<b>Inversión</b> No disponible	<b>Retorno de la inversión</b> No disponible

El elevado potencial de ahorro energético y económico en los edificios públicos requiere la implementación de planes y programas de ahorro energético específicos para la administración pública, así como la configuración de estructuras funcionales adecuadas para llevarlos a cabo.

En este marco, en el año 2007 la Junta de Andalucía decide crear la *Red de Energía de la Junta de Andalucía (REDEJA)*, con el propósito de incorporar en la gestión cotidiana de la Administración andaluza los principios de ahorro energético y fomento de las energías renovables. Esta decisión está en plena concordancia con el *Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007-2013 (PASENER)*, así como con otras normas de distinto rango.

La Red de Energía es una iniciativa pionera en España, por lo que ha conseguido situar a la Comunidad Autónoma de Andalucía como referente en la aplicación de programas de ahorro y eficiencia energética dentro del ámbito de sus propias instalaciones y actividades. De esta manera se alinea con los objetivos establecidos por el Estado en el proyecto de *Ley de Economía Sostenible para la Administración General*, que adelanta a 2016 los objetivos del 20% de ahorro energético, el objetivo fijado para 2020 en la Comunidad Europea.

La Red de Energía de la Junta de Andalucía está constituida por todas las infraestructuras, medios y servicios necesarios para la gestión energética de los centros de consumo de la Administración General de la Junta de Andalucía y de otros organismos, administraciones y entidades públicas que quieran adherirse.

De esta forma, la Red de Energía constituye un marco óptimo de colaboración entre todos los organismos de la Junta de Andalucía, permitiendo que preceptos básicos como coordinación de esfuerzos, desarrollo de programas específicos o fiabilidad en el suministro también pasen a formar parte de un lenguaje común.

## **1. Actuaciones realizadas**

Los servicios de la Red se concretan en el desarrollo de siete líneas principales:

1. Realización de estudios que permitan evaluar la viabilidad de las medidas de ahorro energético implementables en los centros existentes y seguimiento de las mismas.
2. Seguimiento de las instalaciones energéticas para asegurar su eficiencia energética.
3. Asesoramiento a los diferentes organismos adheridos a la Red en la implementación de la normativa energética en los nuevos centros de consumo y en la reforma de los existentes.
4. Promoción de la máxima calificación energética en todas las nuevas edificaciones que se construyan en el ámbito de la Red de Energía.
5. Asesoramiento a los diferentes organismos adheridos a la Red en relación con las especificaciones técnicas de las contrataciones energéticas.
6. Interlocución con las compañías energéticas en las contrataciones de los suministros y equipamiento energético.
7. Promoción de concursos públicos para la selección y contratación de servicios centralizados de suministro energético.

Entre las actuaciones puestas en marcha en el marco de la Red podemos destacar la realización de estudios energéticos en los centros de consumo adheridos a la Red, paso necesario que permite planificar adecuadamente las actuaciones energéticas a acometer en los mismos, de forma que se obtengan las mayores cotas de reducción del consumo energético, impacto medioambiental y rentabilidad económica para un nivel de inversiones determinado. El alcance de los estudios realizados depende del nivel de consumo energético y del tipo de centro a analizar:

- *Auditorías energéticas* en edificios e instalaciones de gran consumo.
- *Estudios Sectoriales Energéticos* en centros de consumo medio y en los que las medidas identificadas son fácilmente replicables al resto de centros del mismo sector.
- *Planes de Transporte Integrales* en centros de trabajo.

Desde su creación en 2007, REDEJA ha realizado un total 231 auditorías energéticas a edificios e instalaciones públicas, con un consumo total de energía primaria de 73.050 toneladas equivalentes de petróleo (tep)/año, lo que representa más del 50% del consumo energético de las instalaciones de la Junta de Andalucía.



**Figura 8.1. Edificio auditado por la Red de Energía.**

*Fuente: Agencia Andaluza de la Energía.*

Además se han llevado a cabo en el marco de la Red tres estudios sectoriales en residencias de mayores, centros de salud e institutos de educación secundaria con más de 350 edificios inventariados energéticamente. Estos tres subsectores representan más del 20% del parque edificatorio de la Junta de Andalucía, con un potencial de replicabilidad en las medidas de eficiencia energética muy alto y un carácter social ejemplarizante, ya que los ciudadanos son los usuarios de estos centros y pueden percibir la apuesta de la Administración andaluza por la sostenibilidad y la gestión eficaz de los fondos públicos.

Por último, se ha promovido la realización de Planes de Transporte en centros de trabajo de más de 200 trabajadores. Hasta la fecha se han realizado 12 planes integrales de transporte en sendos centros de trabajo de la Junta de Andalucía, que han concluido con una amplia campaña de difusión de las medidas a los trabajadores de los centros.

## **2. Resultados**

Una vez finalizadas las auditorías energéticas, los centros están en disposición de acometer las medidas propuestas. La Red de Energía realiza un seguimiento continuo y evaluación de las medidas implementadas, prestando asesoramiento y asistencia técnica a aquellos organismos que así lo demanden. De esta forma se garantiza que las decisiones que afecten al comportamiento energético de los edificios respeten las directrices marcadas por la auditoría a la vez que se evalúa el impacto que estos estudios están teniendo en los diferentes centros.

Así, en el 2008 se finalizó la realización de 100 auditorías energéticas en edificios públicos, de gran consumo energético, de la Junta. Los resultados obtenidos con dichos estudios fueron más que satisfactorios, ya que se identificaron hasta 568 medidas de ahorro energético, sobre todo relativas a los sistemas de climatización, sistemas de iluminación, instalaciones eléctricas y a la gestión de la demanda. Asimismo, se identificó un potencial de 4.837 kW de potencia eléctrica en instalaciones de cogeneración.

Del seguimiento realizado sobre la implementación de las medidas de eficiencia identificadas en estas auditorías se concluye que más del 40% han sido ejecutadas o serán ejecutadas de forma inmediata por los centros, con una reducción del consumo de energía primaria del orden de 2.020 tep al año, equivalentes a un ahorro de unos 8.600.000 kWh/año en los centros de consumo. El resto de las medidas se irán ejecutando progresivamente. Para esto se prevé fomentar la participación del sector especializado, las denominadas empresas de servicios energéticos. La labor de seguimiento continuará con el resto de las auditorías energéticas y estudios sectoriales realizados.

Adicionalmente se ha apoyado económicamente proyectos singulares de ahorro, eficiencia energética e incorporación de fuentes de energía renovable promovidos por diversos organismos públicos adheridos a la Red, de mejora de la envolvente de los edificios, de reforma de instalaciones de climatización, de cambio de combustible a gas natural y de implementación de fuentes de energía renovable. En este sentido, se pueden destacar las actuaciones desarrolladas en diversos hospitales del Servicio Andaluz de Salud.

Asimismo, desde REDEJA se ha desarrollado una intensa labor para llevar a efecto la adecuación de los suministros a mercado libre. Se ha optado por centralizar suministros, principalmente por las ventajas que este tipo de gestión conlleva, como son:

- Una mejor oferta asociada a un mayor volumen del contrato.
- Una supervisión centralizada del consumo eléctrico de los diferentes edificios, con lo que se pueden obtener ratios, indicadores de consumo y establecer planes de ahorro en los edificios.
- Un mejor control de la facturación eléctrica y una interlocución más eficiente con las comercializadoras.
- Una mejor gestión de las incidencias y la calidad del servicio en general.
- Se valora además en el contrato el compromiso de las empresas ofertantes por el ahorro energético y las energías renovables.

El contrato centralizado de Baja Tensión de los centros de consumo pertenecientes a la Red de Energía de la Junta de Andalucía, incluyó un total de 3.894 suministros, con un consumo eléctrico anual de 179,7 GWh, y un presupuesto de licitación de 64,3 millones de euros (IVA incluido). Esta actuación ha permitido un ahorro en la facturación de energía eléctrica de la Junta de Andalucía de 15.872.513 €, un 25% de la facturación de estos suministros.

Cabe destacar la gran cantidad de empresas que han colaborado eficazmente para la consecución de los objetivos de la Red de Energía de la Junta de Andalucía, 24 empresas colaboradoras que han intervenido en los trabajos realizados con la participación de más de 120 técnicos.

---

*Fuente de información:* Agencia Andaluza de la Energía.

---





# III. Centros comerciales y tiendas

**CASO 9** Centro comercial Los Arcos (Sevilla)

**CASO 10** Zara (Barcelona)





## CASO 9



# Centro comercial Los Arcos

*Edificio de un centro comercial*  
**Sevilla**

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Comercial	<b>Tipo de actuación</b> Renovación de instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 2.713.608 kWh/año	<b>Inversión</b> 1.940.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 5 años

El centro comercial Los Arcos de Sevilla fue inaugurado en el año 1992 y ha sido objeto de una remodelación en el año 2001. Se encuentra ubicado dentro del casco urbano de la ciudad de Sevilla, situándose en la confluencia de la Avda. de Andalucía con la Ronda de Tamarguillo.



**Figura 9.1. Vista interior.**

*Fuente: Centro comercial Los Arcos.*

Es un complejo inmobiliario comercial que se desarrolla en 6 plantas. Las tres primeras, subterráneas, están destinadas al uso de aparcamiento, con capacidad para 1.800 vehículos. El resto de las plantas, clasificadas como baja, alta y terraza, están destinadas al uso comercial. La superficie total construida es de 122.620 m<sup>2</sup>, de los cuales 43.370 m<sup>2</sup> corresponden a zona comercial y 14.500 m<sup>2</sup> a zonas comunes.

La fachada del edificio es, principalmente, cerrada y de hormigón, con una clara-boya central grande en la cubierta para facilitar la entrada de luz natural hacia las zonas comunes.

La superficie comercial se distribuye entre 107 comercios, siendo los principales en ocupación una cadena de distribución que dispone de 20.500 m<sup>2</sup>, otra de juguetes que ocupa 4.300 m<sup>2</sup> y una de ropa de 3.500 m<sup>2</sup> de superficie. El centro acoge unos 8,6 millones de visitantes al año. Por la gran afluencia de personas, los centros comerciales generalmente son puntos de alta concentración de consumo energético. Los principales usos de energía son, en primer lugar, la climatización y después la iluminación.



**Figura 9.2. Vista exterior.**

*Fuente: Centro comercial Los Arcos.*

## **1. Instalaciones**

Debido a la climatología del lugar y las altas cargas térmicas internas, sobre todo la iluminación y ocupación, el sistema de climatización sólo está diseñado para la generación de frío. Está centralizado y todos los elementos y maquinaria necesarios para la generación de agua fría estaban situados en la cubierta.

La generación de frío se realizaba mediante 5 compresores de una potencia de 1.395 kW frigoríficos cada uno, con un sistema de condensación mediante aerorefrigeradores. El agua climatizada se distribuía en el edificio a través de 8 líneas principales.

El consumo eléctrico y la demanda en climatización del centro comercial eran los siguientes:

Mes	Consumo eléctrico (kWh)	Demanda en clima (kWh)
Enero	164.949	349.070
Febrero	165.117	300.710
Marzo	233.785	450.250
Abril	278.840	431.780
Mayo	424.201	794.490
Junio	528.566	1.065.460
Julio	766.644	1.356.130
Agosto	694.728	1.348.320
Septiembre	619.073	1.181.130
Octubre	456.152	844.660
Noviembre	235.929	439.820
Diciembre	216.121	326.750
<b>Total</b>	<b>4.784.105</b>	<b>8.888.570</b>

**Tabla 9.1. Consumo anual de energía.**

*Fuente: Efrenova.*

El *coefficient of performance* (COP) global de esta instalación era de 1,9. Este COP reducido se debe, principalmente, al subsistema de condensación de las máquinas enfriadoras. Este subsistema disipa el calor mediante aerorefrigeradores, cuya eficiencia se ve reducida por las altas temperaturas medias del ambiente propias del clima de Sevilla.

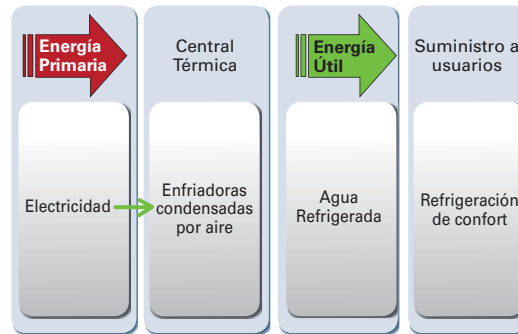
El consumo frigorífico por m<sup>2</sup> climatizado era de unos 154 kWh/m<sup>2</sup>, valor que quedaba dentro de los márgenes esperados para una ciudad como Sevilla. El consumo eléctrico correspondía a unos 83 kWh/m<sup>2</sup>, que era sustancialmente mejorable.

## 1.1. Soluciones aplicadas con el objetivo de conseguir mejoras de la eficiencia energética

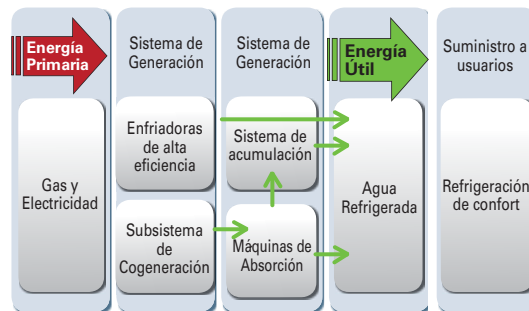
Se plantearon dos áreas de intervención:

1. Mejorar el COP de los compresores frigoríficos, sustituyendo el sistema de condensación por aire por otro de condensación por agua.
2. Implementar un sistema de cogeneración que permitiera generar agua fría y electricidad, maximizando a la vez la energía útil específica obtenida por unidad de combustible utilizado.

El esquema de funcionamiento de las mejoras introducidas fue el siguiente:



**Figura 9.3. Esquema situación previa.**  
*Fuente: Efirenova.*



**Figura 9.4. Esquema nueva situación.**  
*Fuente: Efirenova.*

## 1.2. Mejora del COP de los compresores frigoríficos

Los compresores frigoríficos que condensaban por aire fueron sustituidos por dos nuevos compresores de sistema de condensación por agua, para una potencia frigorífica instalada de 6.400 kW.

Con este cambio, se reduce el nivel de presión que debe generar el compresor para equilibrar su balance termodinámico, al disponer de una temperatura de condensación más baja, de forma que el consumo eléctrico del mismo se ve reducido considerablemente.

El sistema de condensación se realizó mediante torres de refrigeración cerrada e híbrida, para reducir al máximo el nuevo consumo de agua que con este sistema se incorpora en los balances de masa y energía. La capacidad de disipación de cada torre es de 2.500 kW, y está pensada para cubrir las necesidades del sistema de compresión frigorífica a plena demanda.

El COP del grupo de compresión frigorífica ha pasado a ser de 4,1, con lo cual se obtiene un COP global de la instalación del orden de 3,0, que representa una mejora en 1,1 puntos respecto al anterior, que era 1,9, lo que permite reducir en un 37% el consumo eléctrico necesario para la generación de frío.

Por otro lado, se ha visto aumentado el consumo de agua de refrigeración, que antes no existía al utilizar aerorefrigeradores, a un volumen de 17.100 m<sup>3</sup>/año. Cabe destacar que para este propósito, en el caso del centro Los Arcos no se utiliza el agua de la red general sino la del subsuelo.

## 1.3. Sistema de cogeneración

El sistema de cogeneración se diseñó en base a la demanda frigorífica del recinto comercial y de la regulación legal existente para sistemas de generación eléctrica en régimen especial, para la exportación de la energía eléctrica.

El sistema está constituido por los siguientes equipos principales: un motor de generación eléctrica de 1 MWe y dos enfriadoras por absorción, una de simple efecto y otra de doble efecto. Las potencias de estas máquinas de absorción son de 120 kW<sub>f</sub> la de simple efecto, con un COP de 0,6, y 300 kW<sub>f</sub> la de doble efecto, con un COP de 1,2.

El calor residual de los gases de escape y del sistema de refrigeración del motor se utilizará como fluido caloportador para alimentar las máquinas de absorción. Con el calor residual del sistema de refrigeración del motor se alimenta la máquina de absorción de simple efecto de 120 kW<sub>f</sub> con agua a una temperatura de entre 70 y 90 °C. Asimismo, con el calor residual de los gases de escape se alimenta directamente la máquina de

absorción de doble efecto de 300 kW<sub>f</sub>. La producción de frío, mediante el aprovechamiento del calor residual, se sitúa en unos 2.677 MWh/año, lo que permite reducir en un 30% la demanda a cubrir con compresores eléctricos y, por tanto, representa un ahorro en el consumo eléctrico para la generación de frío.

Para optimizar la instalación, se utiliza un sistema de acumulación, con material de cambio de fase, de una capacidad de 8,7 MWh compuesto por varios tanques en serie. Estos equipos permiten reducir los picos de demanda eléctrica, ya que acumulan el frío en los periodos nocturnos, realizando un desplazamiento del consumo eléctrico a las horas valle. Además de reducir la potencia necesaria de las máquinas de frío, la acumulación permite reducir el coste eléctrico por la diferencia entre las tarifas punta y valle.

Con esta solución, el sistema de cogeneración, además de generar unos 6.374 MWh/año, permite producir unos 2.677 MWh/año de frío. De esta forma, el consumo eléctrico de la planta de frío queda siempre cubierto por el sistema de cogeneración. Unos 2.070 MWh/año de electricidad son empleados en los compresores frigoríficos, mientras que el resto de la electricidad generada se exporta a la red.

## **2. Resultados**

Como resultado de la mejora del sistema de producción de frío se calcula una reducción del consumo eléctrico de unos 2.714 MWh/año. Por otro lado, se ha incrementado el consumo de agua de refrigeración, procedente del subsuelo, en unos 17.100 m<sup>3</sup>/año.

La cogeneración, por su parte, ha permitido generar 6.374 MWh/año, de los cuales 2.070 MWh/año han sido de autoconsumo para el sistema de climatización (un 33% del total generado), exportándose a la red eléctrica 4.304 MWh/año.

La demanda de climatización no ha variado, por lo tanto el sistema de generación de frío cubre la misma demanda de 8.889 MWh/año, pero de ellos 6.211 MWh/año se generan con las máquinas de frío de compresión y los restantes 2.678 MWh/año con las máquinas de frío de absorción alimentadas con el calor residual de la cogeneración. La inversión en las mejoras del sistema de climatización es de unos 790.000 €, con un periodo de retorno de la inversión de 8,9 años, y en el caso de la cogeneración, de unos 1.150.000 €, con un periodo de retorno de 3,9 años.

Como acción complementaria, se ha realizado la certificación energética del centro. Con las medidas descritas se ha conseguido pasar de clase D a clase B.

---

*Fuente de información:* César Rey, Efirenova.

---

## CASO 10

ZARA

# Zara

## Tienda de ropa Barcelona

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Comercial	<b>Tipo de actuación</b> Nuevas instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 51 kWh/m <sup>2</sup> y año	<b>Inversión</b> 65.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 2 años

La tienda *Zara/Zara Home* de la Avenida del Portal de l'Àngel 11-13 de la ciudad de Barcelona forma parte del proyecto de tienda ecoeficiente que el *Grupo Inditex* ha establecido como modelo para las nuevas aperturas de *Zara*.



**Figura 10.1. Fachada principal.**

*Fuente: Inditex.*



Esta tienda se encuentra en una localización privilegiada y en un entorno urbano de gran relevancia, y por este motivo *Inditex* apostó por la implantación de su modelo de tienda ecoeficiente con el nivel de exigencia necesario para haber alcanzado la certificación *LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)*. *LEED* es un sistema de certificación medioambiental para edificios que han sido diseñados y construidos a partir de parámetros encaminados a conseguir el máximo nivel de ecoeficiencia. Para ello se valoran aspectos como el ahorro de energía, la eficiencia en el uso de agua, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, la mejora de la calidad ambiental interior, una adecuada administración de los recursos y la sensibilización sobre el impacto medioambiental. Es una certificación independiente y voluntaria, y ha sido desarrollada por el *U.S. Green Building Council (USGBC)*, una organización sin ánimo de lucro, con sede en Washington (Estados Unidos), que promueve un futuro sostenible a través de la construcción de edificios “verdes” y su posterior gestión y mantenimiento.

Crear un espacio comercial mediante la construcción de un nuevo edificio ha permitido desarrollar un proyecto en el que la innovación y la creatividad han tenido un peso muy destacado, incluso teniendo en cuenta todos los condicionantes que conlleva la valoración del impacto sobre un entorno de referencia como éste. Por su envergadura, este proyecto ha necesitado de la colaboración de estudios de arquitectura externos, empresas constructoras y proveedores, además de la Administración Local.

Su condición de tienda ecoeficiente establece también un nuevo vínculo con la comunidad, en la medida en que avanza en la misma dirección en que lo hacen las preocupaciones sociales de su entorno. Se desarrolla así un modelo de actividad comercial caracterizada por la minimización de su impacto ambiental.

La Avenida del Portal de l'Àngel 11-13 aúna todas las iniciativas puestas en marcha hasta el momento por parte de *Inditex* en el terreno medioambiental. La aplicación de los estándares adoptados en esta tienda supone un replanteamiento de los procesos de diseño, construcción, gestión, mantenimiento y reforma de las tiendas con el objetivo de convertirlas en establecimientos de referencia en eficiencia energética, reducción del impacto ambiental y minimización de los residuos. No obstante, su puesta en marcha no habría sido posible sin el bagaje adquirido por los equipos de *Inditex* en la tienda *Zara Korai*, en Atenas (Grecia), la primera tienda ecoeficiente del grupo que abrió sus puertas en diciembre de 2008.

## 1. Instalaciones

Las medidas de sostenibilidad y eficiencia energética establecidas en la Avenida del Portal de l'Àngel 11-13 se estructuran en torno a los requisitos establecidos en cada una de las categorías del sistema de certificación *LEED* y contemplan acciones en materiales, instalaciones y sistemas de control y procesos. Las categorías del sistema de certificación son:

Parcelas sostenibles	Se tienen en cuenta aspectos como el entorno de la parcela, los servicios que tiene alrededor y el desarrollo comunitario que presenta (disponibilidad de transporte cercano alternativo al coche, la existencia de servicios básicos y el grado de contaminación lumínica del edificio, entre otras consideraciones).
Eficiencia en agua	Incluye medidas destinadas a reducir la cantidad de agua necesaria para el uso en la gestión del edificio.
Energía y atmósfera	Este apartado analiza las medidas adoptadas en el proyecto encaminadas a conseguir ahorro de energía y rendimiento de los sistemas. El requisito más importante es que el proyecto cuente con un sistema centralizado que controle de forma permanente el consumo de todas las instalaciones para garantizar la máxima eficiencia en el consumo energético.
Materiales y recursos	El objetivo de esta categoría es reducir la cantidad de materiales utilizados, promover el uso de materiales con menos impacto medioambiental y disminuir la generación de residuos.
Calidad medioambiental del interior	Esta categoría promueve estrategias para mejorar el aire y la acústica dentro del recinto, así como el uso de luz natural.
Innovación en procesos y tecnologías	Premia el uso de nuevas tecnologías e innovaciones estratégicas desarrolladas en el edificio que contribuyen a mejorar su eficiencia energética.

El punto de partida para conseguir una eficiencia energética óptima en las instalaciones es adquirir equipos que ofrezcan el consumo de energía más reducido garantizando el rendimiento exigido. Para ello, siguiendo las especificaciones de *LEED*, las instalaciones de iluminación y climatización de *Zara* en la Avenida del Portal de l'Àngel 11-13 están certificadas por el estándar estadounidense de la *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), mientras que los equipos de electrónica y ofimáticos (cajas registradoras, impresoras, pantallas táctiles, entre otros) tienen la certificación *Energy Star*<sup>1</sup>. Ambos sellos garantizan que los equipos ofrecen la máxima eficiencia energética.

<sup>1</sup> *Energy Star* es un programa de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos creado en 1992 para promover los productos eléctricos que tienen un consumo eléctrico más eficiente. Su logotipo es bastante conocido porque suele aparecer muy a menudo en el arranque de la mayoría de las placas madre de los ordenadores personales.

La instalación de los equipos más eficientes ha ido acompañada del desarrollo de un sistema centralizado de monitorización que verifica permanentemente que la eficiencia energética establecida desde el inicio del proyecto se cumpla. *Zara* de Avenida del Portal de l'Àngel 11-13 cuenta con sistemas centralizados e independientes para la medición de diferentes consumos energéticos (iluminación, consumo básico de ofimática, climatización) y otros aspectos como la calidad del aire y el agua. Estos sistemas de control están diseñados para mantener constantes los ahorros de energía establecidos y detectar con inmediatez posibles incidencias.

## 1.1. Iluminación

Con una potencia instalada en iluminación de 136 kW, las características de la misma son:

- El alumbrado general de la tienda es el más eficiente del mercado con la mejor reproducción cromática.
- Uso generalizado de *light-emitting diode* (led) con funciones ornamentales en fachada, escalera o muebles (no se utiliza como iluminación principal porque todavía no cumple los parámetros exigidos por los estándares de calidad de *Zara*). El led tiene un consumo reducido y una esperanza de vida media cuatro veces superior a la de una lámpara de descarga.
- Sistema de graduación lumínica manual en las cajas para que los empleados lo ajusten a las necesidades de luz específicas de las tareas que desempeñan.
- Detectores de presencia para encendido y apagado de la luz en las zonas menos transitadas (baños y pasillos internos).
- Reducción de intensidad lumínica en el almacén en función del tránsito.



**Figura 10.2. Uso del led en funciones ornamentales.**

*Fuente: Inditex.*

## 1.2. Climatización

Con una potencia instalada en climatización de 274 kW, las características de la misma son:

- La superficie climatizada total es de 2.423 m<sup>2</sup> (con una superficie construida de 4.433,60 m<sup>2</sup>) y un volumen de 9.498 m<sup>3</sup>, con una altura media de 3,92 m.
- El proyecto ha contemplado una central térmico/frigorífica, formada por una unidad bomba de calor aire-agua y una central frigorífica formada por una unidad enfriadora condensada por aire. La bomba de calor está diseñada para atender a la demanda del edificio en temporada de invierno y la unidad enfriadora tiene capacidad para atender la demanda de frío en temporada intermedia. En la temporada de verano ambas unidades cubrirán la demanda frigorífica del edificio. Las unidades son del tipo axial y están situadas en la cubierta del edificio, disponiéndose una sala de máquinas destinada a alojar las correspondientes bombas, depósitos y colectores que componen la central productora de energía térmico/frigorífica.
- De forma automática se suministra agua fría o caliente a los depósitos de inercia que, como depósitos pulmón, la distribuyen a cada una de las plantas del edificio. Las unidades interiores se reparten por plantas, dándole a cada planta la potencia necesaria para combatir las cargas térmicas de una forma efectiva. Como unidades interiores se emplean unidades del tipo *fan-coil* con dos baterías, una de frío y otra de calor, un ventilador de impulsión, válvulas motorizadas de tres vías de acción proporcional y una sección de filtros.



Figura 10.3. Rejillas de distribución de aire de climatización.

Fuente: Inditex.

### **1.3. Recuperación de calor del aire de ventilación**

El sistema diseñado es del tipo ventilación forzada con aire nuevo a máquinas, e impulsión al interior del local con las propias máquinas. Todo el aire exterior aportado al local se hace circular por unos recuperadores de calor dinámicos, intercambiando calor sensible entre el flujo de aire entrante y el flujo de aire saliente o de extracción.

El aire entrante se distribuye hasta las unidades de enfriamiento interiores mediante una red de conductos. El caudal en cada unidad esta regulado automáticamente mediante compuertas motorizadas de acción proporcional y comandada, a su vez, por un sistema de control que implementa, como parámetros de referencia, la humedad ambiental y la calidad del aire.

La captación de datos de humedad ambiental se realiza mediante sondas en conductos de retorno de cada *fan-coil*. La captación de datos de calidad del aire se realiza mediante seis sondas combinadas de niveles de CO<sub>2</sub> y partículas en suspensión, que se ubican también en las zonas más críticas del local.

Los ventiladores de los recuperadores de calor cuentan con variadores de frecuencia para regular su velocidad de acuerdo a las fluctuaciones de caudal impuestas por el sistema de control. Hay instalado un caudalímetro en cada recuperador para facilitar la monitorización y registro de caudales de aire exterior.

Se dispone de una doble puerta de acceso al local con apertura automática que permite mantener la temperatura del interior con menor gasto energético.

### **1.4. Regulación electrónica**

La regulación electrónica es la parte encargada de mantener las condiciones termohigrométricas y de calidad de aire en el interior del local determinadas por el usuario: temperatura, humedad, velocidad de aire, entalpía y calidad de aire.

Se dispone de dos lazos de control que permiten controlar por un lado la temperatura y humedad de las diferentes zonas de climatización del edificio, y por el otro las condiciones de calidad de aire en cada momento.

- *Lazo-1*. Temperatura y humedad. Para el control de estos dos parámetros los reguladores se valen de sondas combinadas de temperatura y humedad ubicadas en los conductos de retorno de las diferentes unidades terminales o climatizadores, para hacer una lectura de las condiciones de la zona a climatizar. Una vez recibida la lectura, el regulador compara ésta con las condiciones se-

leccionadas por el usuario, y a continuación realiza las pertinentes operaciones sobre los elementos de control de las unidades terminales hasta adecuar las condiciones internas del local a las seleccionadas.

La temperatura está regulada a 21 °C en invierno y 25 °C en verano. El sistema permite un margen de selección de  $\pm 2$  °C.

- *Lazo-2*. Calidad de aire. El segundo lazo de control disponible en el regulador se utiliza para el control de la calidad del aire. Se utilizan sondas para determinar la calidad del aire en la zona a tratar. A partir del valor de consigna seleccionado se determina la cantidad de aire exterior a introducir. Estas sondas realizan una doble lectura: de nivel de CO<sub>2</sub> interno del local y de nivel de componentes orgánicos volátiles en suspensión.

Estos reguladores también disponen a su vez de un sistema de comunicación integrado, mediante el cual transmiten todos los datos obtenidos a una unidad central, que es la encargada de parametrizar y registrar estos valores.

Además de los parámetros de temperatura, humedad y calidad de aire, se llevará también a cabo la medición del caudal de aire que se introduce en el edificio.

Como ya se ha dicho, para el aporte de aire de renovación a las unidades terminales se utilizan recuperadores de energía, sirviendo cada uno de ellos a diferentes unidades terminales del edificio. Estos recuperadores disponen de un variador de frecuencia, mediante el cual modifican el caudal de aire en función del grado de apertura de las diferentes compuertas de aire nuevo. El resultado de este sistema aporta dos ventajas: una de ellas es que se aumenta el aprovechamiento de la energía en uso, extrayendo al exterior sólo el caudal de aire necesario; y la otra es que se ajusta el consumo eléctrico de los recuperadores a la necesidad de aire nuevo en cada momento.

La otra función de la regulación electrónica es la de gestionar los cambios de ciclo de la unidad bomba de calor anteriormente descrita. El posicionamiento de dicha unidad en un modo u otro viene determinado por las condiciones de temperatura exterior.

## 1.5. Regulación mecánica

Esta es la parte de la regulación que se encarga única y exclusivamente de llevar a cabo el arranque diario de los equipos que conforman la totalidad de la instalación (unidades de producción, grupos de bombeo, unidades terminales).

Esta orden de arranque la realiza el *Grupo Inditex* desde su sede en La Coruña, mediante un control centralizado vía modem, en el cual se fijan los horarios de apertura de la totalidad de sus locales. Una vez recibida la orden de arranque de la instalación, se lleva a cabo una secuencia de puesta en marcha de los equipos en forma de cascada o modular, con el fin de evitar el arranque instantáneo de todos ellos y consecuentemente picos de corriente elevados. El proceso o secuencia de arranque de los equipos se divide en las siguientes etapas:

1. Arranque de los grupos de bombeo de las unidades de producción.
2. Las unidades de producción (bomba de calor y enfriadora) detectan que existe el caudal mínimo de agua necesario para su correcto funcionamiento, procediendo así a su arranque, primero de la unidad enfriadora y, con un retardo de tres minutos, la unidad bomba de calor. Ambas unidades disponen, a su vez, de su propio control modular para el arranque de la totalidad de sus etapas o compresores de manera gradual y según demanda.
3. Las unidades de producción funcionan normalmente sin que ninguna de las unidades terminales arranque mientras no se alcancen las temperaturas de régimen establecidas en el circuito hidráulico. Una vez que el agua de alguno de los circuitos hidráulicos, ya sea el de calor o el de frío, alcance esta temperatura de régimen, se da paso al arranque de las unidades terminales.
4. El arranque de las unidades terminales está diseñado para efectuarse gradualmente por plantas. El protocolo establecerá en primer lugar el arranque de las unidades terminales de la primera planta, y a continuación las unidades de la segunda pasados treinta segundos (valor regulable), dando tiempo así a que las primeras se estabilicen y no coincidan los picos de arranque; y así sucesivamente con todas las plantas con el mismo retardo de treinta segundos, hasta que la totalidad de las unidades estén funcionando correctamente.

Las unidades que integran esta instalación son de la marca *Lennox*, con un compresor de 342 kW frigoríficos y una bomba de calor de 174 kW frigoríficos y 178 kW caloríficos.

## **2. Resultados**

Al tratarse de una tienda de nueva apertura, se disponen de datos de consumo desde diciembre de 2009. Tomándose como referencia una tienda similar del grupo *Zara* ubicada en Fuencarral (Madrid), y con datos de consumos eléctricos hasta mayo de 2010, se ha

podido contrastar que con el diseño optimizado en terminos de energía, por el cual se ha optado en la tienda de Barcelona, se ha conseguido reducir el consumo específico en un 23,4%; habiéndose pasado de los 217 kWh/m<sup>2</sup>-año de Fuencarral a los 166 kWh/m<sup>2</sup>-año esperados de Barcelona (referencias con respecto a superficie construida).

Con el diseño energético planteado y ejecutado en la tienda de Barcelona, se conseguirá ahorrar un consumo eléctrico de 225.000 kWh/año, más que si hubiera sido diseñada de forma convencional.

El proyecto ha sido merecedor del certificado LEED Gold.

Las sobreinversiones que se introdujeron en este proyecto con respecto a una instalación convencional fueron de unos 25.000 € en iluminación y sistema eléctrico, y de unos 40.000 € en climatización y control; de forma que el tiempo de retorno simple esperado es de unos 2 años.

---

*Fuente de información:* Antonio Álvarez, Inditex.

---







# IV. Hospitales

**CASO 11** Hospital Vigil de Quiñones (Sevilla)

**CASO 12** CAP Roger de Flor (Barcelona)



## CASO 11



# Hospital Vigil de Quiñones

## *Edificio hospitalario*

### Sevilla

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Sanitario	<b>Tipo de actuación</b> Renovación de instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 970.000 kWh/año	<b>Inversión</b> (como valor residual de los equipos existentes) 562.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 5,8 años

El Servicio Andaluz de Salud (SAS) es un organismo autónomo adscrito a la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía. Forma parte del Sistema Sanitario Público Andaluz (SSPA), desde su creación en 1986.



**Figura 11.1. Vista aérea del hospital.**  
*Fuente: Servicio Andaluz de Salud.*

Su misión es prestar atención sanitaria a las ciudadanas y ciudadanos andaluces, ofreciendo servicios sanitarios públicos de calidad, asegurando la accesibilidad, equidad y satisfacción de los usuarios, buscando la eficiencia y el aprovechamiento óptimo de los recursos. El SAS dispone de una red de servicios asistenciales integrada y organizada para garantizar la accesibilidad de la población y la equidad en la distribución de recursos.

El primer nivel de atención es la atención primaria de la salud, que integra la asistencia preventiva, curativa, rehabilitadora y la promoción de la salud de los ciudadanos. Existen 1.491 centros de Atención Primaria, de manera que todos los andaluces cuentan con uno de ellos a pocos minutos de su domicilio en transporte estándar.

El segundo nivel, de atención especializada, atiende los pacientes que precisan de hospitalización, dispone de consultas externas ambulatorias en hospitales y en centros periféricos.

El consumo de energía final del Sector Público Hospitalario se cifra en 45 ktep, consumo equivalente a más de 60.000 viviendas, siendo uno de los subsectores de mayor consumo energético, con un uso intensivo de las instalaciones presentes en los edificios (prácticamente 24 horas al día).

La Comunidad Autónoma de Andalucía cuenta en la actualidad con 37 hospitales públicos, un 12% del total de hospitales públicos a nivel nacional y un 58% del total de hospitales en Andalucía; y de éstos el SAS cuenta con 29, distribuidos por toda la geografía andaluza (78% del total de hospitales públicos).

Sobre uno de estos hospitales, el Hospital Vigil de Quiñones, situado en la carretera de Cádiz s/n, frente a la barriada de los Bermejales de la ciudad de Sevilla, se realizó un proyecto de eficiencia energética con los siguientes objetivos básicos:

- Ahorrar y diversificar la energía.
- Implementar sistemas respetuosos con el medio ambiente.
- Reducir costes de mantenimiento apostando por tecnología eficiente.
- Aumentar el confort.

## 1. Instalaciones

El proyecto consistió en la sustitución y reforma de las instalaciones térmicas existentes (refrigeración, calefacción y agua caliente sanitaria), incorporando el gas natural como combustible, utilizando compresores frigoríficos más eficientes, condensados por agua de pozo, y una máquina de absorción con quemador de gas natural o gasóleo.

La producción frigorífica se realizaba mediante dos unidades de compresión condensadas por agua de 2.200 kW cada una, equipadas con compresor único tipo turbo. Eran equipos de finales de los años 70 que se caracterizaban por un *coefficient of performance* (COP) (energía frigorífica útil/energía eléctrica necesaria) medio de 2,6.



**Figura 11.2. Planta enfriadora sustituida.**

*Fuente: Agencia Andaluza de la Energía.*

La producción calorífica se realizaba mediante tres calderas de gasóleo de 2.200 kW para calefacción, con rendimiento nominal del 91%. Por otro lado, había dos calderas de vapor de 2.900 kW cada una, también de gasóleo, que se utilizan para la lavandería y para la producción de ACS, con un rendimiento nominal del 88%.

Estas instalaciones fueron sustituidas por cuatro bombas de calor condensadas por agua con tres compresores de tornillo cada una, y de potencia unitaria de 1.000 kW. El rendimiento en condiciones similares a las descritas en los turbo compresores es de un COP frigorífico medio de 3,7 (y un COP de 4,7 en calor).

En paralelo se instalaron dos equipos de absorción con quemador dual de gas natural y gasóleo, de 2.000 kW cada uno, con un COP frigorífico de 1,15, pero usando como energía un combustible primario. Si establecemos la comparación en base a la energía primaria utilizada, este valor de COP sería equivalente a un COP de 3,2 en un compresor eléctrico.



**Figura 11.3. Nueva máquina de absorción instalada.**

*Fuente: Agencia Andaluza de la Energía.*

Todos estos equipos realizan su condensación a través de agua de pozos, habiéndose construidos éstos a tal efecto.

La producción calorífica se complementa con tres calderas de 1.400 kW y 96% de rendimiento nominal, con quemadores de gas natural y/o gasóleo. Estas calderas se utilizan para calefacción (cuando las bombas de calor no puedan cubrir la demanda o bien estuvieran inoperativas), así como para el calentamiento final del ACS.



**Figura 11.4. Nuevas calderas instaladas.**

*Fuente: Agencia Andaluza de la Energía.*

## 2. Resultados

Con la actualización en la instalación descrita anteriormente se han ahorrado 238 toneladas equivalentes de petróleo (tep) de energía primaria al año, y gracias a ello se prevé dejar de emitir al ambiente 1.174 t de CO<sub>2</sub> al año.

Este ahorro proviene, principalmente, del ahorro de consumo eléctrico en los compresores frigoríficos, al mejorar el COP frigorífico de 2,6 a 3,7 (o a un equivalente de 3,2 en el caso de las máquinas de absorción); y ha representado una reducción de más del 20% del consumo energético actual, equivalente a un ahorro anual de casi 970.000 kWh/año en electricidad.

La inversión necesaria para la actuación de todo el proyecto de actualización de los equipos energéticos del hospital ha sido de 9.111.355 €, con un incentivo de la Agencia Andaluza de la Energía de 1.123.540,43 €. La inversión asociada a equipos que han supuesto un ahorro energético significativo (máquinas de absorción, bombas de calor, torres de refrigeración) ha sido de 5.617.702,16 €.



Teniendo en cuenta que los equipos sustituidos de refrigeración son una reinversión sobre bienes de equipos que ya se disponían, y que, por tanto, ya estaban amortizados, el coste que se ha considerado para valorar la rentabilidad de esta inversión, relacionado con la generación de frío, ha sido el del valor residual de los anteriores equipos; y que se ha supuesto equivalente al 10% del valor de los nuevos, de forma que el coste que se ha considerado para valorar la rentabilidad de la actuación ha sido de 562.000 €.

Con la inversión considerada asociada a la generación de frío y los ahorros previstos de la misma, el retorno de inversión se sitúa en torno a los 5,8 años.

---

*Fuente de información:* Agencia Andaluza de la Energía.

---

## CASO 12



# CAP Roger de Flor

## Edificio de servicios sanitarios Barcelona

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Sanitario	<b>Tipo de actuación</b> Nuevo edificio e instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 262.000 kWh/año	<b>Inversión</b> 289.388 €	<b>Retorno de la inversión</b> 11 años

El Centro de Atención Primaria (CAP) Roger de Flor en Barcelona, construido el año 2007, tiene una superficie útil de 3.750 m<sup>2</sup>, repartida entre la planta baja más cinco plantas. El proyecto arquitectónico fue realizado por *Gallardo-Bravo Arquitectos*.

Por su actividad y tipología específica, se trata de un edificio de consumo energético intensivo. Los edificios de este tipo se caracterizan por unas altas demandas energéticas debidas, en gran medida, a las importantes necesidades de iluminación y acondicionamiento del aire interior, en relación a un edificio convencional.

### 1. Envoltente

El edificio se ha diseñado en base a criterios de eco-eficiencia, fomentando tanto el uso de materiales con un bajo impacto ambiental, el ahorro energético y la aplicación de sistemas eficientes, así como el aprovechamiento de la energía solar y de los recursos hídricos locales.



**Figura 12.1. Vista general del edificio.**  
*Fuente: Gallardo-Bravo Arquitectos S.L.P.*

Para cumplir con los objetivos en eficiencia energética marcados, se ha diseñado una estrategia equilibrada, repartiendo esfuerzos tanto en reducir la demanda energética del edificio mediante su diseño pasivo, como en satisfacer esta mínima demanda con sistemas energéticos eficientes o directamente producir su propia energía mediante energías renovables.

Se ha fomentado la reducción de la demanda energética del edificio mediante su diseño pasivo y un buen aislamiento de la envolvente térmica del edificio.

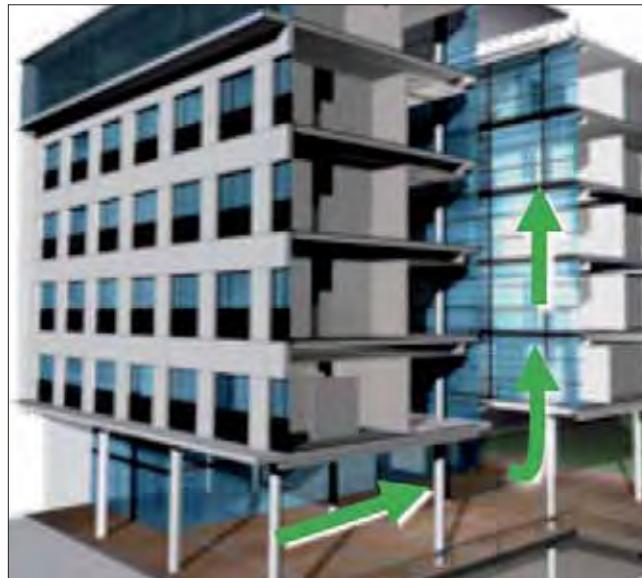
Se realizaron estudios específicos para el diseño óptimo de los cerramientos de fachada y cubierta, apoyados en la selección de sus materiales en base a criterios de sostenibilidad y capacidad de aislamiento térmico, como por ejemplo en la utilización del corcho natural para el aislamiento de fachada y cubierta, con un coeficiente de conductividad térmica de 0,037 W/mK, el uso de un acristalamiento doble con capas selectivas de baja emisividad ( $U = 1,5 / 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) o los perfiles de acero lacado (generan un 90% menos de emisiones que los marcos de aluminio).

Elemento	Código Técnico de la Edificación (CTE) valor U (W/m <sup>2</sup> K)	Centro de Atención Primaria Roger de Flor, Barcelona valor U (W/m <sup>2</sup> K)
Paredes exteriores	0,73	0,5
Cubierta	0,41	0,35
Suelo	0,5	0,45
Ventanas (valor medio)	4,4	1,79

**Tabla 13.1. Comparativa de transmitancia térmica con respecto al CTE.**  
*Fuente: ICAEN, CatSalut.*

## 1.1. Ventilación natural

El diseño del edificio rompe con la tendencia arquitectónica de la zona en busca de fomentar flujos de ventilación natural. La presencia de un patio interior unido a la alta permeabilidad en la planta baja fomentan dicha ventilación natural y la penetración de la luz natural en los espacios interiores.



**Figura 12.2. Flujo de ventilación natural.**

*Fuente: Proyecto SARA (TREN/04/FP6EN/SO7.31838/503183).*

La disposición del patio interior junto a la del resto de las aperturas permite disfrutar de una climatización natural en épocas intermedias (primavera y otoño), todo ello controlado por el sistema de gestión del edificio.

Cabe destacar la presencia de intercambiadores de calor de aire de renovación que permiten recuperar el calor del aire de retorno y precalentar el aire de entrada en invierno o disminuir la temperatura del aire de entrada en la época de verano.

## 1.2. Protección solar atrio

Se utilizan lamas horizontales de protección solar para controlar la iluminación natural en el patio y en las salas de espera interiores. Por otro lado, existen elementos verticales y horizontales que regulan la relación entre protección solar e iluminación natural en la fachada sudeste del edificio.



**Figura 12.3. Protección solar del atrio.**  
*Fuente: Gallardo-Bravo Arquitectos S.L.P.*

## 2. Instalaciones

### 2.1. Control y gestión de iluminación

La iluminación se realiza mediante luminarias fluorescentes con balasto electrónico y un sistema de control lumínico en las salas de espera, ajustando la intensidad de la luz artificial a la luz natural.

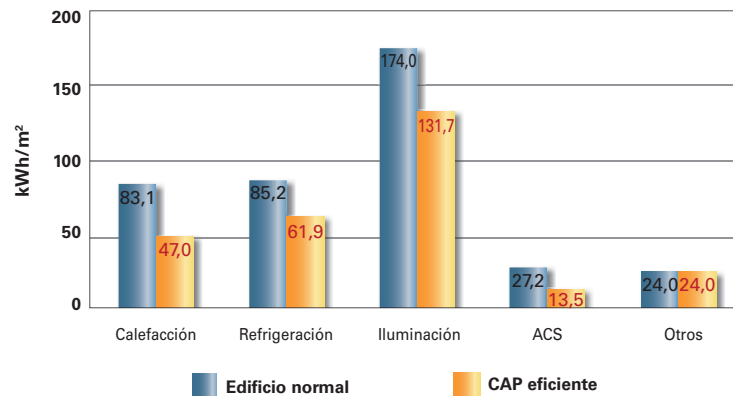
Con la aplicación de estas medidas se estima un ahorro energético de unos 23.000 kWh/año.

## 2.2. Sistema de climatización por techo radiante

El sistema de climatización que incluye los paneles radiantes tiene una alta eficiencia, con un *coefficient of performance* (COP) de 4. Este sistema permite trabajar en el circuito del fluido de climatización, a temperaturas más próximas a las de confort. De este modo, las temperaturas del sistema de refrigeración son de 15-17 °C en lugar de los 7 °C de un sistema de climatización convencional, y las de calefacción son de 35 °C en lugar de los 45-70 °C. El hecho de que la instalación tenga que aportar menos frío y menos calor conlleva un ahorro energético estimado en unos 33.000 kWh/año.

## 3. Resultados

El objetivo del proyecto es reducir el consumo de energía, de unos 220 kWh/m<sup>2</sup> y año, que se considera el consumo de referencia para esta tipología de edificios en el clima de Barcelona, a unos 148 kWh/m<sup>2</sup> y año. A continuación se muestra la comparación del mismo tipo de edificio con características similares de ocupación, cargas internas, necesidades de iluminación y climatización.



**Figura 12.4. Comparación de la demanda energética.**

*Fuente: ICAEN, CatSalut.*

El ahorro energético derivado de la aplicación de las medidas pasivas y las tecnologías eficientes descritas se muestra desglosado a continuación:

Media	Ahorro
Diseño arquitectónico pasivo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buen aislamiento de la envolvente</li> <li>• Protección solar atrio</li> <li>• Ventilación natural</li> </ul>	134.000 kWh/año
Control y gestión iluminación	23.000 kWh/año
Paneles solares térmicos en cubierta	11.000 kWh/año
Sistema de climatización por techo radiante	94.000 kWh/año
<b>Total</b>	<b>262.000 kWh/año</b>

**Tabla 12.2. Resumen de las medidas aplicadas y los ahorros resultantes.**

*Fuente: ICAEN, CatSalut.*

---

*Fuente de información:* Francisco Garcia-Moreno, CatSalut, ICAEN.

---



# V. Hoteles

**CASO 13** Hotel Playa Gaviotas  
(Fuerteventura, Canarias)

**CASO 14** Hotel A Quinta da Auga  
(Santiago de Compostela, La Coruña)





## CASO 13



# Hotel Playa Gaviotas

**Edificio hotelero  
Fuerteventura (Canarias)**

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Hotelero	<b>Tipo de actuación</b> Renovación de instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 746.263 kWh/año <sup>1</sup>	<b>Inversión</b> 353.960 €	<b>Retorno de la inversión</b> 5 años

El *Grupo Iberostar*, de origen mallorquín, está entre las cinco primeras cadenas hoteleras de España. Cuenta en la actualidad con más de 100 hoteles en 16 países del mundo, 36 de estos en España repartidos en 3 comunidades autónomas.

Durante el año 2008, en los hoteles de la cadena *Iberostar*, Gas Natural Fenosa inició un proyecto de evaluación del potencial de ahorro mediante un Proyecto de Servicios Energéticos. Como primer paso, se realizaron pre-auditorías energéticas en 31 establecimientos, identificando 6 hoteles con un potencial de ahorro superior al 20% y otros cinco con un potencial de ahorro mayor del 10%. A partir de estos resultados, el proyecto continuó, por lo que se realizaron estudios energéticos de detalle en tres hoteles situados en las Islas Canarias. Tras varios meses de trabajo, que incluía la realización de las campañas de medida pertinentes, análisis y elaboración de informes, los resultados obtenidos confirmaron un potencial significativo e interés para la implementación de proyectos de eficiencia energética. Estos estudios corroboraron un potencial de ahorro energético entre un 18% y un 20%.

<sup>1</sup> Además del ahorro energético este proyecto cuenta con un ahorro anual de 7.560 m<sup>3</sup> de agua.

Como consecuencia de estos estudios energéticos, se acordó aplicar las mejoras identificadas en los tres hoteles, bajo el esquema de Contrato de Rendimiento Energético, en donde Gas Natural Fenosa actúa como Empresa de Servicios Energéticos.

Los Servicios Energéticos son actuaciones de mejora de la eficiencia energética en las instalaciones del cliente en los que la Empresa de Servicios Energéticos, en este caso Gas Natural Fenosa, compromete una inversión en la renovación de las instalaciones y asume ciertos riesgos al garantizar los resultados, y basa el pago de los servicios prestados en la obtención de los ahorros energéticos.



**Figura 13.1. Proceso de realización de Contrato de Rendimiento Energético.**

*Fuente: Gas Natural Fenosa.*

Uno de los hoteles objeto del mencionado contrato de Servicios Energéticos es el Hotel Playa Gaviotas de Fuerteventura. El hotel fue construido el año 1999 y es un edificio de ocho plantas de una superficie total de 20.675 m<sup>2</sup>. El hotel tiene 375 habitaciones y cuenta con una ocupación media del 66%.



Figura 13.2. Vista aérea del Hotel Playa Gaviotas.

Fuente: Iberostar.

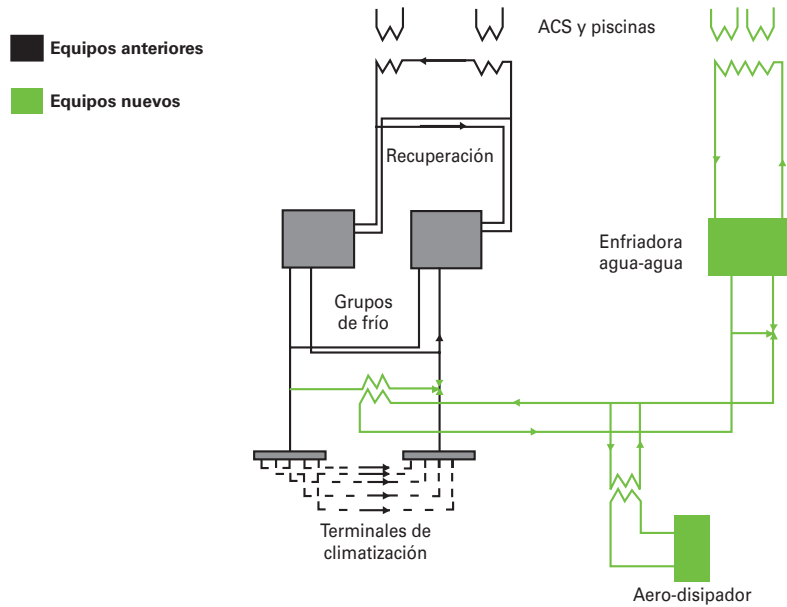
## 1. Instalaciones

### 1.1. Optimización de los equipos térmicos

La energía calorífica se genera en dos calderas, de marca *Sime*, de 288 kW de potencia cada una. La instalación utiliza propano como combustible. El frío se genera mediante dos enfriadoras Carrier con compresor de tornillos, cada una de una potencia frigorífica de 562 kW y un *coefficient of performance* (COP) de 2,17. Las enfriadoras, que utilizan el fluido refrigerante R-22, están refrigeradas por aire. El sistema contempla una recuperación parcial de calor del condensador de las enfriadoras, que se utiliza para el calentamiento de agua sanitaria y de la piscina. La potencia calorífica, en condiciones estándar, es de unos 382 kW por equipo. Todos estos equipos fueron instalados el año 1999, cuando se construyó el hotel.

La medida de mejora del sistema térmico consiste en la instalación de una nueva unidad térmica formada por una enfriadora con compresor monotornillo, de una potencia frigorífica de 238 kW, condensada por agua. El equipo utiliza el refrigerante R134A, inocuo para la capa de ozono. La enfriadora es apta tanto para refrigeración como para producción de calor, ya que cuenta con la posibilidad de recuperación total del calor de condensación. El calor recuperado se utiliza para la preparación de agua caliente sanitaria y para la climatización de la piscina. La principal ventaja es

que el nuevo equipo realiza esta tarea de una forma más eficiente que los anteriores. La nueva instalación no implica la eliminación de los equipos actuales (enfriadoras y calderas).



**Figura 13.3. Esquema simplificado de la ampliación.**

*Fuente: Gas Natural Fenosa.*

## **1.2. Optimización de puntos terminales de consumo de agua en habitaciones**

El objetivo de esta medida es la reducción del consumo de agua, mediante la incorporación de elementos que reducen el caudal en puntos terminales en habitaciones y zonas comunes, incluyendo cocinas. Los ahorros que se obtienen con esta medida repercuten tanto en términos de consumo de agua como de energía para calentarla, cuando aplica.

Entre los puntos terminales que suministran agua caliente y, por lo tanto, son significativos para la reducción del consumo energético, se pueden destacar:

- Los perlizadores, unos elementos dispersores que mezclan aire con agua y que sustituyen a los filtros habituales de los grifos, limitan el caudal de agua entre 4,5 l/min y 5,75 l/min en grifos de lavabos según las medidas realizadas.
- Los reductores de flujo volumétricos fijos en las duchas establecen el caudal promedio por sección de las duchas entre 8,68 l/min y 8,70 l/min.
- Los grifos de ducha ecológicos para torres de prelavado en la cocina que regulan el caudal de salida de agua en 6,20 l/min. Estos equipos son resistentes a temperaturas altas a agentes tensoactivos de jabones y a la calcificación.

Esto se combina con una campaña de concienciación que explica el correcto uso de estos equipos a los usuarios, ya que se ha detectado que la efectividad de los mismos se potencia con un mínimo de información. Asimismo, se incluye una serie de pegatinas personalizadas que expliquen dicho funcionamiento.

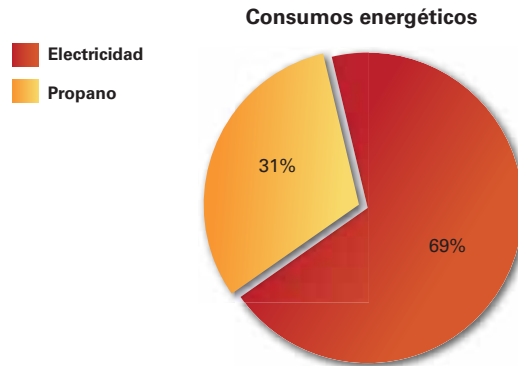
### **1.3. Optimización del sistema de iluminación**

Se han cambiado las lámparas y equipos instalados en el hotel que son susceptibles de mejora. El objetivo de esta actuación es la disminución de la potencia instalada del equipo, lámpara y equipo auxiliar, con lo que se disminuye el consumo energético sin reducir su luminosidad. Se han realizado las siguientes sustituciones:

- Los fluorescentes estándar (36 W y 58 W) equipados con balastos electromagnéticos por lámparas fluorescentes eficientes (32 W y 51 W, respectivamente) equipadas con balastos electrónicos; en total 233 unidades.
- Los balastos electromagnéticos en luminarias con fluorescentes de 18 W por balastos electrónicos (sin cambio de lámparas); en total 69 unidades.
- Las lámparas halógenas dicróicas de 50 W por lámparas halógenas dicróicas eficientes de 30 W; en total unas 1.217 unidades.

## **2. Resultados**

Las auditorías previas identificaron un consumo total del hotel situado en 3,78 GWh al año. Este consumo corresponde en gran parte, un 69%, a usos eléctricos, mientras el restante 31% corresponde a propano.



**Figura 13.4. Distribución del consumo por tipo de energía.**

*Fuente: Gas Natural Fenosa.*

Los ahorros energéticos anuales relacionados con la nueva unidad enfriadora se sitúan en 80.746 kWh/año de electricidad para enfriamiento y unos 56.718 kg de propano, correspondientes a 730.871 kWh/año, por el uso del calor recuperado. Sin embargo, el uso de la enfriadora para el calentamiento de agua también comporta una penalización en cuanto al consumo eléctrico, de unos 155.152 kWh al año.

En cuanto a la optimización de puntos terminales de agua, los ahorros se sitúan en unos 15.567 kg de propano y 7.560 m<sup>3</sup> de agua al año. El periodo de retorno de esta medida es de 0,8 años.

Finalmente, la optimización del sistema de iluminación comporta unos ahorros en consumo eléctrico de 89.798 kWh al año con un periodo de retorno de 4 años.

La suma de las medidas implementadas supone un ahorro eléctrico muy pequeño, del orden de unos 15 MWh al año, ya que además de las reducciones existe el aumento del consumo de la nueva enfriadora. Sin embargo, la reducción del consumo de propano es muy significativa, del orden de un 50%. A estos valores podemos sumar un ahorro de 7.560 m<sup>3</sup> de agua al año. La inversión total ha sido de unos 353.960 €, con un periodo de retorno de 5 años.

---

*Fuente de información: Gas Natural Fenosa.*

---

## CASO 14



# Hotel A Quinta da Auga

*Edificio hotelero*

**Santiago de Compostela (La Coruña)**

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Hotelero	<b>Tipo de actuación</b> Instalación de microgeneración
<b>Ahorro energético</b> 131.088 kWh/año <sup>1</sup>	<b>Inversión</b> 48.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 9,4 años

El edificio que aloja el hotel ha sido el objeto de una profunda rehabilitación de una antigua fábrica papelera cuyos orígenes datan de finales del siglo XVIII. El trabajo de rehabilitación del continente se inscribe dentro de la tendencia en arquitectura que recupera y reutiliza el patrimonio industrial en desuso y a menudo abandonado.



**Figura 14.1. Vista frontal.**

*Fuente: José Ramón Lorenzo (Laesponja Comunicación).*

<sup>1</sup> Ahorro equivalente en energía primaria.



El hotel, situado en un meandro del río Sar, tiene unas 45 habitaciones y un *wellness center* con diferentes baños y piscinas, que determinan las principales necesidades energéticas del complejo: calefacción, agua caliente sanitaria y piscina, que demandan calor y, por otra parte, refrigeración, ventilación, bombeo e iluminación, que demandan electricidad. La demanda térmica total prevista es de 265,5 MWh anuales.



**Figura 14.2. Piscina del hotel.**

*Fuente: José Ramón Lorenzo (Laesponja Comunicación).*

## 1. Instalaciones

La idea de instalar un equipo de microgeneración, en este caso surge a partir de la dificultad de integración de una instalación de captación de energía solar, exigida por el Código Técnico de la Edificación (CTE). En cumplimiento del apartado HE4 del CTE, relativo a las instalaciones solares térmicas, la cobertura solar mínima exigida para la zona geográfica en cuestión (zona 1) es del 30% de las necesidades de ACS y calentamiento de piscinas. Según las necesidades evaluadas para un correcto funcionamiento del hotel, la instalación solar térmica debería captar la radiación equivalente a unos 80 MWh al año, cosa que supondría un campo de captación de unos 120 m<sup>2</sup> formado por colectores planos.

Dada esta dificultad de integración adecuada de la tecnología solar en un edificio histórico, se optó por la sustitución parcial del campo solar por una unidad de microgeneración como una de las posibles opciones, según lo estipulado por el propio CTE para casos similares.



**Figura 14.3. Package de microgeneración.**

*Fuente: Baxi Roca.*

La superficie de colectores solares quedó reducida a una tercera parte aproximadamente, aportando unos 20 MWh de calor, mientras los restantes 60 MWh quedaron sustituidos por una unidad de microgeneración *Dachs G 5.5*, de unos 14,5 kW térmicos y unos 5,5 kW eléctricos. Esta unidad de microgeneración dispone de un motor de combustión interna monocilíndrico que a su vez lleva asociado un generador asíncrono. Tanto el motor como los gases de escape son refrigerados por el agua que evacua el calor del proceso y permite su utilización para cubrir las demandas térmicas. La instalación lleva asociada un acumulador de agua caliente. La eficiencia de la transformación energética del conjunto es del orden del 88%, siendo el rendimiento eléctrico de un 27% y la energía útil restante corresponde al 61% del rendimiento térmico.

Finalmente, ante los resultados positivos que ofrece esta tecnología, tanto en términos de eficiencia energética como medioambientales y económicos, se decidió instalar una segunda unidad de microgeneración de las mismas características. De esta forma es posible cubrir una gran parte de la demanda térmica, bastante más de lo prescrito por el CTE, y disponer de una cantidad considerable de electricidad.



**Figura 14.4. Unidades de microgeneración.**

*Fuente: Baxi Roca.*

Además de la microgeneración, el hotel dispone de otros equipos de alta eficiencia energética, como son las calderas de condensación y bombas de calor agua-agua, con un *coefficient of performance* (COP) de 3,9, y otra bomba de calor agua-suelo de un COP de 3,6. Las potencias térmicas y eléctricas de los equipos principales son las siguientes:

Elemento	Potencia térmica kW		Potencia eléctrica kW
	Frío	Calor	
Bomba de calor agua-suelo	65		18,3
Bomba de calor agua-agua			47
Deshumidificadora 1	183	20	5,62
Deshumidificadora 2		20	5,62
Caldera condensación 1		210	
Caldera condensación 2		210	
<b>Total</b>	<b>248</b>	<b>460</b>	<b>76,54</b>
Bombas de circulación			10,34
<b>Total</b>			<b>86,88 kW</b>

**Tabla 14.1. Potencia de diferentes equipos.**

*Fuente: Baxi Roca.*

## 2. Resultados

Las unidades de microgeneración generan electricidad en el propio punto de consumo y están conectadas para el modo de autoconsumo. Esto significa que la energía eléctrica generada se consume en la propia instalación hotelera. El funcionamiento previsto de las dos unidades debido a la demanda total térmica de la instalación se estima en unas 7.000 horas por unidad, con lo cual permite el aporte anual de unos 203.000 kWh térmicos y de 77.000 kWh eléctricos. El coste de los equipos de microgeneración es de unos 48.000 €.

Comparación rendimiento y costes					
	<i>Equipo</i>	<i>Energía final (kWh)</i>	<i>Rendimiento</i>	<i>Energía primaria (kWh)</i>	<i>Coste (€)</i>
Energía entregada	calderas	266.000	92%	289.130	11.334
Energía térmica entregada al sistema		266.000		289.130	11.334
Coste total					11.334
Energía entregada	calderas	186.200	92%	202.174	7.925
Energía entregada	solar	79.800	-		
Energía térmica entregada al sistema		266.000		202.174	7.925
Mantenimiento adicional					1.500
Coste total					9.425
Energía entregada	cogeneración	203.000	71%	287.000	11.250
Energía entregada	calderas	39.000	92%	42.391	1.662
Energía entregada	solar	24.000	-		
Energía térmica entregada sistema		266.000		329.391	12.912
Energía eléctrica	cogeneración	77.000			-8.701
Mantenimiento adicional					2.040
Coste total					6.251

**Tabla 14.2. Tabla de resultados.**

*Fuente: Baxi Roca.*

El coste de explotación de la solución finalmente aplicada, que incluye la microgeneración, es un 45% inferior respecto al sistema basado únicamente en las calderas, y un 34% inferior respecto al sistema de calderas apoyado con las placas solares. En cuanto a la eficiencia energética, esta solución supone un ahorro de unos 131.088 kWh al año de energía primaria. La inversión en el sistema de microgeneración ha sido de 48.000 €. Con un ahorro anual de 5.083€, el periodo de retorno se sitúa en 9,4 años.

---

*Fuente de información:* Jaume Alcover, Baxi Calefacción S.L.U.

---



# VI. Edificios educativos

**CASO 15** Parque tecnológico PCiTAL  
(Gardeny, Lleida)

**CASO 16** Escuela Técnica Superior  
de Arquitectura del Vallès  
(Sant Cugat del Vallès, Barcelona)

**CASO 17** Chillida Lantoki  
(Legazpi, Guipúzcoa)



## CASO 15



# Parque tecnológico PCiTAL

## *Edificio de un parque científico Gardeny (Lleida)*

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Educativo/ Tecnológico	<b>Tipo de actuación</b> Rehabilitación de edificio e instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 7.045 kWh/año	<b>Inversión</b> No disponible	<b>Retorno de la inversión</b> No disponible

Los antiguos cuarteles militares de Lleida, situados en la colina de Gardeny, han sido rehabilitados y transformados en oficinas y equipamiento del parque científico-tecnológico, dedicado a la investigación e innovación en el campo agroalimentario.



**Figura 15.1. Vista aérea.**  
*Fuente: Consorci PCiTAL.*



El proyecto arquitectónico de la rehabilitación, realizado por *Pich-Aguilera Arquitectos* y *Jose M<sup>a</sup> Puigdemasa*, arquitecto, consiste en la rehabilitación de tres edificios en forma de H y su reconversión en grandes contenedores de servicio a la investigación para la universidad y la empresa agroalimentaria, de una superficie total de 19.020 m<sup>2</sup>.

La apuesta por la eficiencia y la reducción del consumo energético ya se intuye en la decisión de preservar y rehabilitar los edificios existentes, dado que las estructuras de este tipo intrínsecamente conllevan asociada la energía consumida en su edificación.

## 1. Envolvente

Aunque mantiene la estructura original de los tres edificios, la propuesta del proyecto preveía la generación de un nuevo ambiente mediante la creación de un espacio intermedio, de conexión y unión entre los edificios existentes, con funciones bioclimáticas. De hecho, mediante esta unión, los diferentes cuerpos preexistentes se formalizan en un único edificio, mediante la cubrición de los patios exteriores existentes entre edificios con unos *invernaderos-umbráculos* modulares, inspirados en las aplicaciones innovadoras del sector agrícola. Estos patios permiten crear un espacio térmico, generador de un microclima que mejora, mediante sistemas pasivos de construcción, el confort interior de los edificios.



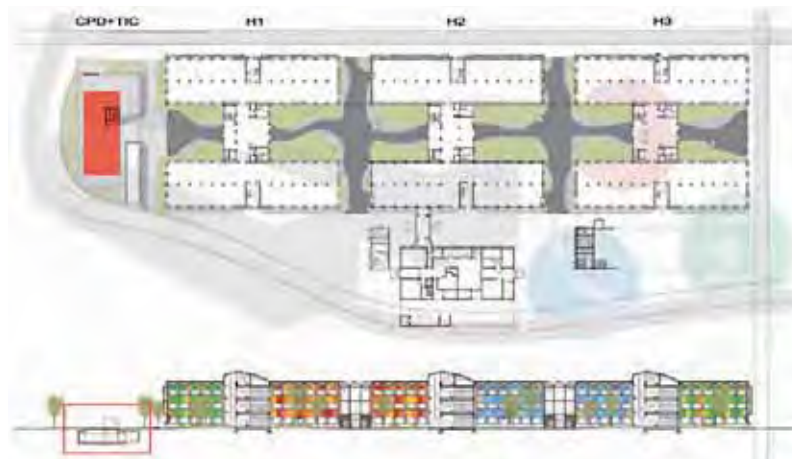
**Figura 15.2. Zonas de actuación.**

*Fuente: Consorci PCiTAL.*

Además de este elemento, visualmente muy dominante, el tema de optimización energética se tuvo muy en cuenta a la hora de decidir y seleccionar los materiales y los sistemas constructivos.

Así, los aspectos principales relacionados con la eficiencia energética que se han implementado en el proyecto son los siguientes:

- Diseño bioclimático, que comprende protección y modulación de las ganancias térmicas, ventilación e iluminación natural, aprovechando las condiciones del entorno del edificio.
- Control de la demanda energética. Integración de los sistemas de energías renovables. Fomento de la eficiencia energética de las instalaciones.
- Elección de materiales: utilización de materiales de bajo impacto ambiental y alta reciclabilidad.
- Mejoras en el aislamiento de las paredes exteriores, de la carpintería y de la cubierta.
- Gestión y separación selectiva de residuos, tanto en el proceso de construcción como en el uso del edificio.
- Reutilización de las aguas pluviales y de las de condensación en el invernadero. Limitación del uso de agua mediante mecanismos de ahorro en los puntos de consumo.



**Figura 15.3. Planta y sección del edificio.**

*Fuente: Pich-Aguilera Arquitectos.*

El espacio *invernadero-umbráculo*, con la cubierta en forma de diente de sierra, conformado por una estructura tubular metálica que sostiene el vidrio, está equipado con un sistema monitorizado de aberturas de compuertas y sistemas de protección/sombreo frente a la insolación. También incorpora un sistema de humidificación del aire interior del invernadero con aspersores de agua controlados por una sonda de humedad, una solución muy interesante para los climas de veranos secos como es el caso de Lleida. La cubierta, además de regulador térmico, cumple la función de recogida de aguas pluviales y recogida de aguas de condensación, que se reutilizan en el edificio. Las plantas situadas en el interior del invernadero, mediante el mecanismo de evapo-transpiración, contribuyen en la estabilidad microclimática estival en el invernadero.



**Figura 15.4. Patio interior.**

*Fuente: Jordi V. Pou.*

Es interesante mencionar que la intención original, en cuanto a la construcción del invernadero, fue reutilizar un sistema mecanizado extraído del reciclaje de invernaderos holandeses, cosa que no ha sido posible, ya que la normativa específica vigente en España ha impedido la reutilización del conjunto del invernadero. Sin embargo, sí se han podido reciclar algunos elementos.

En cuanto a las fachadas, los edificios existentes no tenían aislamiento térmico, por lo que se optó por añadir un aislamiento en la cara exterior de los muros, manteniendo de esta forma la inercia térmica del edificio. Este tratamiento se aplicó únicamente en las paredes que dan al exterior, mientras que las que dan al nuevo *invernadero-umbráculo* se han mantenido sin aislar. De esta forma se potencia la función de este espacio intersticial como regulador térmico de las zonas interiores del edificio.

En las aberturas exteriores se cambiaron los cerramientos originales por una carpintería de aluminio con rotura de puente térmico. Al mismo tiempo, se añadieron unas lamas horizontales y regulables con el objetivo de reducir la radiación solar directa.



**Figura 15.5. Lamas de protección solar.**

*Fuente: Jordi V. Pou.*

También se intervino en las cubiertas de los edificios existentes ya, que su estado no era adecuado. Sobre el último forjado se colocó una cubierta ecológica tipo aljibe. Esta solución compagina un buen aislamiento térmico y una adecuada protección de la radiación solar junto con la recogida y almacenaje de agua de lluvia que se reutiliza en el edificio.



**Figura 15.6. Cubierta tipo aljibe.**

*Fuente: Jordi V. Pou.*

## 2. Resultados

Dado que antes de acometer el proyecto de reforma algunas partes del edificio estaban ocupadas, se procedió a monitorizarlas y se analizó el comportamiento energético de las oficinas en uso. Junto con la monitorización, se realizó una inspección del edificio y de las instalaciones. Todo esto ha permitido una calibración de modelos de simulación y un análisis comparativo de las alternativas constructivas que se querían llevar a cabo en la remodelación del edificio. Así, la toma de decisiones sobre su implementación pudo ser realizada basándose en valoraciones cuantitativas.

La comparación se ha realizado para la parte del edificio monitorizada, donde se registra una demanda de refrigeración de 23.852 kWh al año y una demanda de calefacción de 34.314 kWh al año, antes de realizar la reforma del edificio.

El ahorro total del consumo térmico como consecuencia del aislamiento se evalúa en 4.317 kWh, que representa un ahorro porcentual del 7,4%. El ahorro de consumo térmico a consecuencia de la instalación de las lamas es de 1.301 kWh, que representa un 2,2% del consumo total de edificio. Aquí cabe precisar que las lamas tienen un efecto sumamente positivo en la época estival, pero en invierno su presencia aumenta el consumo en calefacción. Aun así, en el conjunto del año su presencia es positiva.

La monitorización del edificio sigue en curso. Se espera que arroje más datos sobre el comportamiento del invernadero y su influencia sobre el edificio en tres periodos diferentes: verano, invierno y entretiempo.

La estimación de ahorro que se espera para todo el edificio es de 7.045 kWh al año.

---

*Fuente de información:* Teresa Batlle, Felipe Pich-Aguilera, Pich-Aguilera Arquitectos. Jose M<sup>a</sup> Puigdemasa, Societat Orgànica (Asesoría Ambiental). Bee Group-Cimne.

---



# Escuela Técnica Superior de Arquitectura del Vallès

*Edificio universitario*

Sant Cugat del Vallès (Barcelona)

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Universitario	<b>Tipo de actuación</b> Renovación y gestión de instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 531.066 kWh/año	<b>Inversión</b> 60.000 € <sup>1</sup>	<b>Retorno de la inversión</b> 4,3 años

Después de dos planes de medio ambiente consecutivos, en los periodos 1996-2001 y 2002-2005, y del desarrollo de muchas iniciativas relacionadas con la sostenibilidad y el compromiso social, tanto en el marco de estos planes como fuera de ellos, la Universitat Politècnica de Catalunya se propuso impulsar el *Plan UPC Sostenible 2015*



**Figura 16.1. Vista general.**

*Fuente: ETSAV UPC.*

<sup>1</sup> Se incluye solo la inversión en la renovación de las instalaciones, sin tener en cuenta los recursos dedicados a mejorar la gestión.

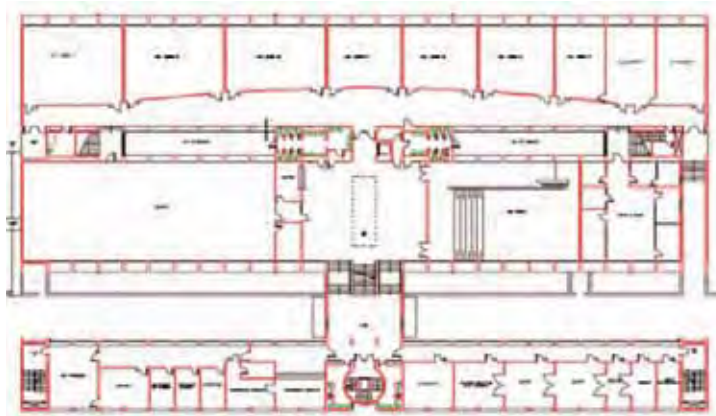
aglutinando esfuerzos internos y reforzando alianzas externas. En el año 2006 aprobó el Plan, que es un documento estratégico para la puesta en marcha de acciones de investigación y educación, pero también de gestión sostenible de la propia Universidad. En este marco, en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura del Vallès se emprendió una actuación emblemática en cuanto a la gestión energética.

La comunidad académica de la Escuela del Vallès está formada por unos 1.100 alumnos y unos 120 profesores. Además de los usos estrictamente educativos tales como aulas, laboratorios, despachos o biblioteca, existen toda una serie de usos complementarios como un bar, una copistería y una tienda. Además de los usos estipulados dentro de los horarios lectivos programados, la escuela permanece abierta las 24 horas del día, ya que dispone de aulas de estudio donde se puede acceder durante todo el día.

## **1. Envolvente**

La escuela consiste de dos edificios. El primero, construido en 1991, consta de dos cuerpos paralelos. El mayor de ellos (con aulas, biblioteca y sala de actos) es de dos plantas de altura generosa. El otro cuerpo, de planta baja más tres, aloja los despachos. Están conectados entre ellos por un nexo central que da acceso a los edificios y por dos puentes laterales que los unen. La superficie útil del conjunto es de unos 9.268 m<sup>2</sup>. En el año 2005 se añade el edificio que ubica el Centre de Recerca i Transferència de Tecnologia (CRITT), de unos 863 m<sup>2</sup> construidos. Los dos edificios tienen una orientación estricta norte-sur.

Los cerramientos exteriores son, en general, de ladrillo hueco de 14 cm, con aislamiento térmico y cámaras de aire. Las ventanas son de carpintería de aluminio sin rotura de puente térmico, con una hoja de vidrio de 6 mm, en la mayoría de los casos.



**Figura 16.2. Planta.**

*Fuente: ETSAV UPC.*

## 2. Instalaciones

La instalación de calefacción está centralizada a nivel de la escuela. Consiste en dos calderas a gas natural, un sistema de distribución por agua conformado por 9 circuitos y con emisores en forma de paneles radiantes en techo y antepechos. La instalación de calefacción está pensada para la totalidad de la superficie útil de los edificios. En cambio, la refrigeración abarca aproximadamente un 13% de la superficie útil. Se realiza mediante equipos de bombas de calor eléctricas individuales tipo *split*.

### 2.1. Consumos energéticos antes de las mejoras

El seguimiento y la evaluación del impacto ambiental en la escuela del Vallès empieza en el año 1999 con el *Informe Mies*, liderado por el profesor Albert Cuchí, que ya detectaba unos consumos altos respecto a otros edificios de la misma universidad.

Desde el año 2004 la UPC empieza a instalar los analizadores de consumo, para poder registrar y analizar de forma segregada los consumos por edificio. Inicialmente se instalan, sobre todo, nuevos analizadores para el consumo eléctrico para luego extender esta acción a los consumos de gas y de agua. Se escogieron analizadores de la marca *Circuitor*, que registran el consumo instantáneo de gas, de agua y de energía eléctrica, segregando la fuerza de la iluminación, y que se pueden analizar *online* mediante el software *Power Studio*.

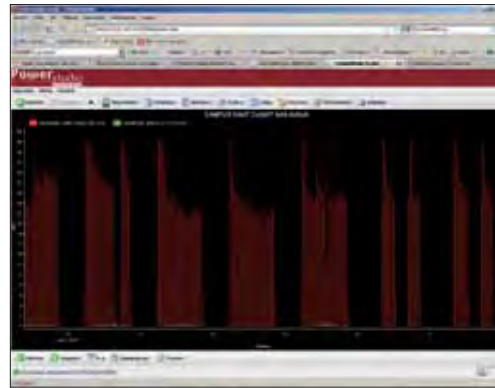


En paralelo se desarrolla una plataforma informática para el seguimiento, análisis y planificación del uso y de los consumos de los recursos de la UPC, denominada SIRENA (Sistema de Información de Recursos Energéticos y Agua, [www.upc.edu/sirena](http://www.upc.edu/sirena)), que permite la gestión y el análisis de los datos de consumo histórico y la integración con el sistema de seguimiento instantáneo (cada 15 minutos) de los suministros de electricidad, agua y gas de la universidad.

Según la información recopilada con los sistemas mencionados, en el año 2005 la Escuela del Vallès tenía un consumo de calefacción significativamente mayor respecto a otros centros de la UPC. Este se situaba alrededor de los 129 kWh/m<sup>2</sup> y año, mientras la media de los edificios universitarios estaba en unos 48 kWh/m<sup>2</sup> y año. En cambio, el consumo eléctrico se situaba en los 53 kWh/m<sup>2</sup> y año, valor por debajo de la media de la UPC, que era de unos 83 kWh/m<sup>2</sup> y año.



**Figura 16.3. Plataforma informática SIRENA.**  
*Fuente: UPC.*



**Figura 16.4. Software Power Studio.**  
*Fuente: UPC.*

## 2.2. Soluciones aplicadas

Ante esta situación, partiendo de la tesis doctoral de Fabián López sobre la incidencia determinante del uso y la gestión en el consumo de los edificios, en el año 2006 la dirección de la escuela apuesta por una actuación inmediata enfocada a la optimización de la gestión de los sistemas energéticos y del uso del edificio. Además, simultáneamente, se plantea un intenso trabajo con la comunidad universitaria de la escuela. Se forma un equipo participado por Joan Puigdomènech, director de la

escuela, el profesor Albert Cuchí, Fabián López y Erica Mata, asistido por Didac Ferrer y Galdric Ruiz del Institut de Sostenibilitat de la UPC (IS.UPC). Este equipo, dentro del Programa UPCO<sub>2</sub> de reducción de emisiones de la UPC, empieza a trabajar involucrando en primer lugar al personal de mantenimiento del edificio y luego al personal de limpieza, de seguridad y al resto de profesorado y alumnos. El componente social, la generación de una interrelación y complicidad entre toda la comunidad de usuarios del edificio, se identifica como uno de los principales condicionantes del éxito.

Durante el año 2006 se trabaja con el objetivo de reducir el consumo de gas natural, ya que la escuela destacaba por su elevado consumo. Se trabajó siguiendo las siguientes pautas:

- **Aplicar un seguimiento en línea del consumo de gas**, que permite la detección prácticamente inmediata de disfunciones y anomalías en el consumo. Además, el seguimiento *online* aporta una respuesta rápida y se perciben los resultados de forma casi inmediata, cosa que permite mantener la motivación de las personas implicadas.
- **Localizar las demandas innecesarias de calefacción:** la gestión del sistema de calefacción se adaptó al funcionamiento real del edificio. Identificando las horas durante las cuales la ocupación era mínima o nula se pudo programar el sistema para su desconexión parcial o total, sin afectar el buen funcionamiento del edificio.
- **Identificar los espacios necesarios en cada momento:** los espacios de uso preferente fueron también identificados. Hasta ese momento, cada uno de los espacios del edificio estaba acondicionado para ser usado en cualquier momento del día o de la noche. A partir de este momento, solamente las aulas de trabajo se mantuvieron calefactadas fuera de los horarios lectivos, con lo cual se redujo sustancialmente la superficie a calentar. Esta medida, aunque no fue del gusto de todos, contribuyó significativamente al ahorro en términos de consumo, ya que permitió reducir puntualmente la superficie a ser calentada en un 70-75% aproximadamente.
- **Aprovechar la inercia térmica del edificio:** el funcionamiento del sistema de calefacción se va ajustando a las variaciones meteorológicas, teniendo en cuenta, principalmente, la previsión del tiempo, la temperatura y sobre todo el asoleamiento, ya que el edificio se caracteriza por sus grandes superficies acristaladas en la fachada sur. Por falta de los equipos de medición y control, este proceso no pudo ser automatizado.

La implementación de estas pautas requirió la definición de unos nuevos protocolos de gestión tanto del sistema de calefacción como del uso del espacio, que seguidamente se intentan implementar involucrando al personal de mantenimiento y el profesorado.

Como resultado, se llega a una nueva manera de usar el edificio: la escuela se convierte en un edificio de tamaño variable, según las necesidades de cada periodo. Evidentemente, esta gestión de espacios está en consonancia con la sectorización de las instalaciones de calefacción.

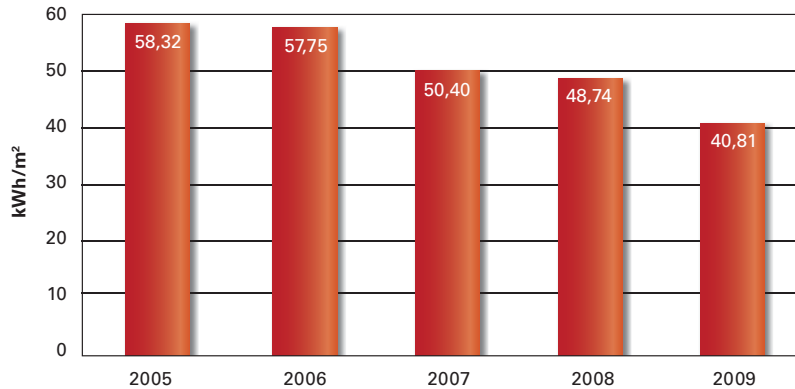
En el año 2007 se incorpora la optimización de la gestión de las instalaciones eléctricas de iluminación.

Se continúa con la estrategia del seguimiento *online* ya aplicada en el caso de la optimización del sistema de calefacción y se apuesta por las siguientes actuaciones:

- Identificación de las zonas con necesidades lumínicas diferenciadas y ajuste de las luminarias de acuerdo con este criterio.
- Modificación de las luminarias en las aulas: se acercan las luminarias al plano de trabajo, bajándolas de una altura de 3,5 m a una altura de 2 m, lo que permite reducir la potencia de las lámparas. La sustitución se aprovecha para introducir lámparas fluorescentes de mejor eficiencia que las anteriores.
- Siguiendo el concepto del uso flexible del espacio, el uso de la iluminación fuera del horario lectivo se limita a las “aulas de trabajo” y zonas de acceso, apagando totalmente la iluminación en las zonas cuyo uso no está programado.

### **3. Resultados**

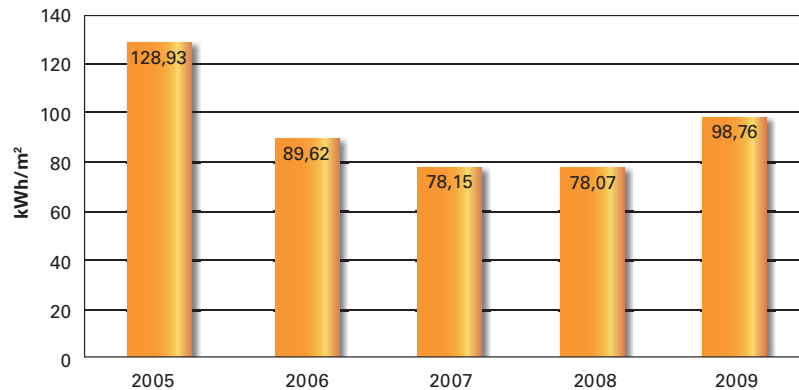
Con las medidas descritas se ha conseguido una reducción del consumo eléctrico de 127.066 kWh al año o un 23% respecto al consumo total. Dado que la escuela experimentó una ampliación, es más relevante observar el consumo relativo a la unidad de superficie, que pasó de 58,32 a 40,81 kWh/m<sup>2</sup> y año, una reducción del 30%. La inversión asociada al cambio de luminarias es del orden de 60.000 €. El tiempo de retorno de esta inversión es en torno a 4,3 años.



**Figura 16.5. Evolución del consumo de electricidad.**

*Fuente: ETSAV UPC.*

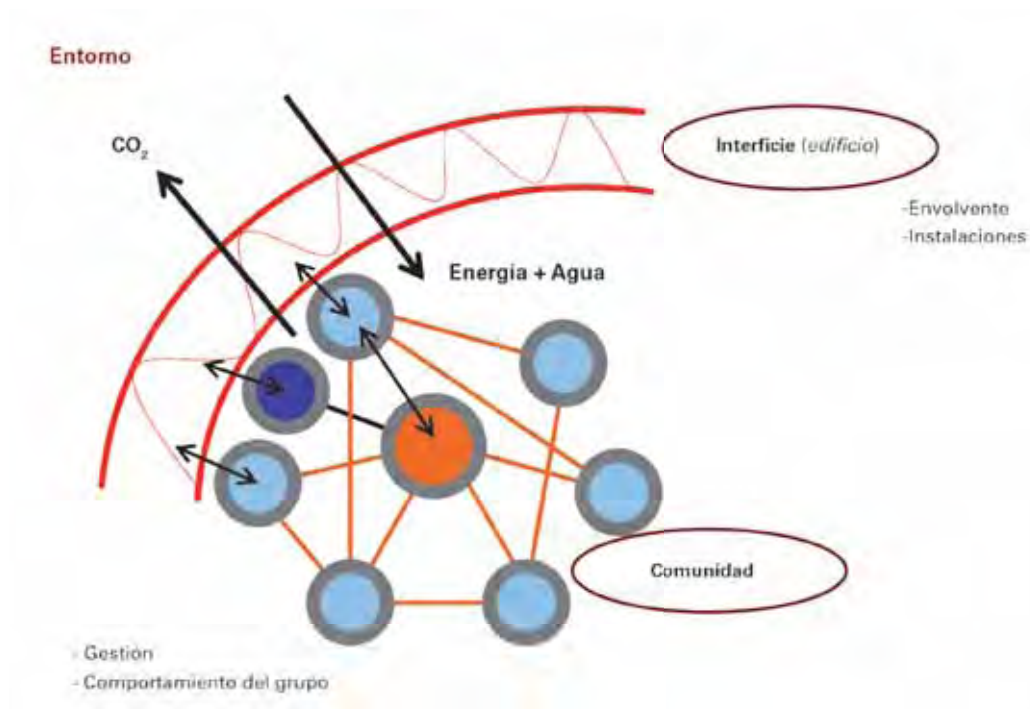
La optimización de la gestión del sistema de calefacción supuso una reducción de 404.000 kWh al año, prácticamente un 40% durante el 2007 y el 2008. Sin embargo, en el año 2009 la reducción no fue tan importante, situándose en 194.397 kWh, un 23% respecto al año 2005. El equipo gestor está analizando los resultados del último año con el objetivo de volver a mejorar los ahorros de cara al futuro. Cabe destacar que la optimización de la gestión del sistema de calefacción prácticamente no supuso inversión económica directa.



**Figura 16.6. Evolución del consumo de gas.**

*Fuente: ETSAV UPC.*

Este ejemplo demuestra la importancia del factor humano en la gestión y uso de la energía. La reducción del consumo de energía en la Escuela del Vallès es sobre todo el resultado de un cambio de comportamiento de la comunidad que lo utiliza. Un cambio que comprende una variación en la organización de las actividades que se desarrollan en los edificios y una variación en la relación entre sus usuarios. Este cambio es resultado de un proceso de creación de una red social entre los diferentes actores y del autoaprendizaje colectivo. Por otro lado, destaca por una inversión económica modesta y una intensa dedicación de recursos humanos. Es una experiencia social y organizativa que tiene un alto potencial de replicabilidad dentro y fuera de la UPC.



**Figura 16.7. Esquema de relación entre la parte física (edificio e instalaciones) y la parte social (comunidad).**

*Fuente: G.Ruiz, UPC.*

---

*Fuente de información: Galdric Ruíz, Institut de Sostenibilitat de la UPC.*

---

## CASO 17



# Chillida Lantoki

*Edificio cultural*

Legazpi (Guipúzcoa)

<b>Sector</b> Edificios	<b>Uso</b> Cultural	<b>Tipo de actuación</b> Instalación geotérmica
<b>Ahorro energético</b> 67.260 kWh/año <sup>1</sup>	<b>Inversión</b> 60.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 6,3 años

La Fundación Lenbur ha proyectado rehabilitar la antigua Papelera Patricio Elorza, de la localidad de Legazpi, como nuevo *Chillida Lantoki*. Para ello, se ha optado por una intervención en la que se ha mantenido la huella industrial de la fábrica, a la vez que se apuesta por la eficiencia y las tecnologías de vanguardia en materia energética.



**Figura 17.1. Vista general.**

*Fuente: Fundación Lenbur.*

<sup>1</sup> Ahorro equivalente en energía primaria.

El edificio tiene una planta de aproximadamente 750 m<sup>2</sup> dividida en dos niveles: planta baja y un bajocubierta. Tras el asesoramiento en el ámbito energético por parte de la empresa *Efitermik Energías Renovables S.L.*, se toma la decisión de realizar una instalación geotérmica de baja entalpía como fuente para la calefacción del museo.

## **1. Instalaciones**

La bomba de calor geotérmica es una de las fuentes más eficientes para la climatización en climas moderados y fríos. Puede llegar a tener una eficiencia hasta tres veces mayor que una bomba de calor convencional. Pero, por su mayor complejidad y necesidad de obra civil, este tipo de instalaciones presenta unos costes de instalación superiores a los asociados a una bomba de calor convencional.

Este tipo de sistemas es bastante habitual en los países de Centroeuropa, como Suiza, Alemania y Austria, por ejemplo, y ha demostrado su aptitud para climatización, tanto de edificios pequeños como de centros que requieren calefactar grandes volúmenes, tales como hospitales, polideportivos o museos.

En el proyecto de climatización de este edificio se demuestra la importancia de la calidad de los datos para diseñar y dimensionar un sistema de climatización geotérmico. Resulta esencial la realización previa de pruebas empíricas sobre el terreno (Estudio de Captación Geotérmica, Test de Respuesta Geotérmica) que aporten datos reales sobre los que basar los cálculos de ingeniería posteriores, lo que garantiza un dimensionado más ajustado y un diseño óptimo, que generan un importante ahorro tanto energético como económico.

### **1.1. Caracterización de la demanda de climatización del edificio**

Al tratarse de la rehabilitación de un edificio histórico a nivel de instalaciones, sin afectar la piel del mismo, y donde no es posible optimizar el aislamiento de cerramientos y carpinterías, se estiman unas grandes pérdidas energéticas. Estas se deben a la antigüedad y tipo de construcción del edificio, que emplea materiales de prestaciones térmicas inferiores a las exigidas por normativa en los edificios actuales. Por ello, la evaluación de las necesidades energéticas de climatización fija un valor en torno a los 100 W/m<sup>2</sup>.

## 1.2. Caracterización del suelo

Los datos litológicos determinan sedimentos de edad entre el Cretácico inferior y superior, con rocas areniscas, argilitas micáceas, calizas y margocalizas, lo que nos indica *a priori* valores para la obtención de parámetros geotérmicos bajos.

El más significativo de éstos, a la hora del cálculo del campo de captación, es la conductividad geotérmica, propiedad física del terreno que mide su capacidad de conducción de calor. Este valor relaciona la potencia que se puede extraer por metro lineal del intercambiador o sonda geotérmica, en función del tipo de suelo.

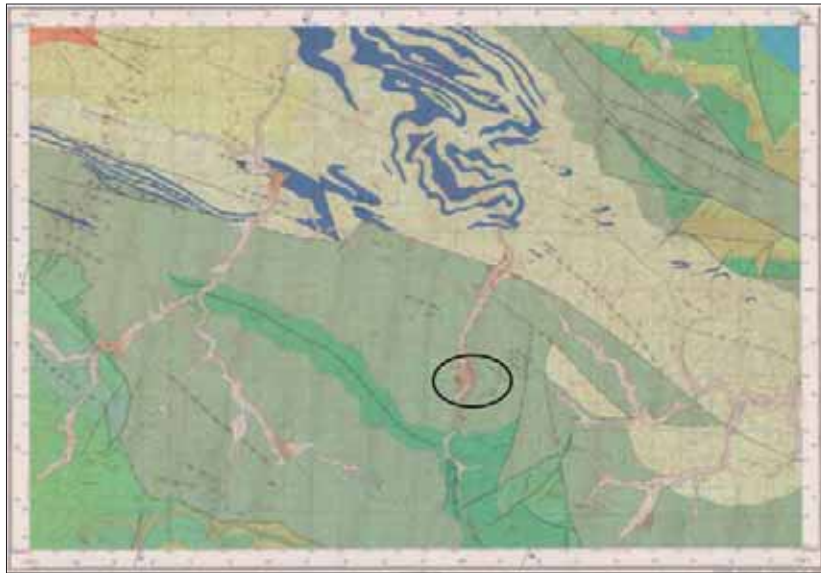


Figura 17.2. Mapa geológico de España. Vergara.

Fuente: IGME.

## 1.3. Caracterización del sistema de climatización secundario

El sistema de acondicionamiento de la superficie útil de unos 1.350 m<sup>2</sup> divididos entre una planta y una bajocubierta actúa mediante suelo radiante en la primera planta, mientras que en el bajocubierta se climatiza mediante aerotermos. El sistema funciona a baja temperatura, inferior a 40 °C.



## **1.4. Caracterización del sistema de bomba de calor geotérmica**

La demanda térmica total del edificio es de unos 134.385 kWh/año de calefacción. A partir de esta demanda y los parámetros geotérmicos teóricos, se realiza un predimensionado a nivel de proyecto, que estima 720 metros de perforación distribuidos en seis sondas de 120 metros.

Por otro lado, se ha seleccionado una bomba de calor condensada por agua con una potencia calorífica de 52,7 kW, modelo LGP 150-V de *Ciatesa*. Asimismo, para garantizar un rendimiento óptimo del sistema, es imprescindible un módulo de control que indique continuamente a la bomba de calor la temperatura de impulsión del agua en función de una sonda exterior y una sonda a la temperatura del agua de retorno, con lo que se consigue realizar una modulación para adaptar la potencia de la máquina a las necesidades del edificio.

## **1.5. Diseño eficiente de un sistema geotérmico**

Los parámetros del subsuelo más importantes que hay que tener en cuenta a la hora de dimensionar la instalación son:

- El coeficiente de conductividad térmica del subsuelo.
- La temperatura del terreno no perturbada.
- La influencia de las aguas subterráneas.

Estos parámetros repercuten fundamentalmente en el tamaño de campo necesario (número y profundidad de pozos), deben ser conocidos en el anteproyecto de una instalación al menos en cuanto a su magnitud, y deben precisarse a más tardar en el momento de ejecutar la instalación por medio del test de respuesta geotérmica.

A tal efecto, se realiza una primera perforación sobre la cual se ejecuta el Test de Respuesta Geotérmica para obtener el valor real de conductividad térmica en la parcela, así como el valor de resistencia térmica de la perforación, capacidad de un material (mezcla de inyectado de pozos) para oponerse a la conducción de calor.

## 1.6. Test de respuesta geotérmica

Es un ensayo empírico donde se determinan los parámetros del subsuelo necesarios para poder calcular con seguridad y precisión una captación geotérmica. Mientras que los parámetros térmicos del subsuelo por principio no pueden modificarse, sí puede ejercerse influencia sobre otras magnitudes importantes del proyecto (en diferente medida) por medio de la planificación y ejecución de la instalación:



**Figura 173. Equipos ensayo.**

*Fuente: Ingeo.*

- **Longitud (profundidad) de la sonda geotérmica.**

Cuanto más profundamente penetra la sonda térmica en el terreno, tanto más elevadas son las temperaturas a las que se accede; de esta forma puede extraerse más energía del subsuelo.

- **Distancia entre las sondas.**

Cuanto mayor es la distancia entre cada una de las sondas térmicas mayor es el volumen de terreno explotado y menor la influencia recíproca entre las sondas.

- **Geometría del campo de captación y número de sondas.**

Según la disposición de las sondas térmicas una sonda puede tener más o menos vecinas. Cuanto mayor es el número de sondas vecinas mayor es también la influencia recíproca y menor la cantidad de energía captada por una sonda determinada.

- **Material de inyección y diámetro perforado.**

En la transición de energía del terreno a la instalación, se ha de prestar atención a las distintas resistencias. Puede mejorarse el sistema reduciendo la resistencia térmica a la perforación empleando materiales de inyección con buena conductividad térmica y reduciendo el diámetro de perforación sin perjudicar los trabajos de ejecución.



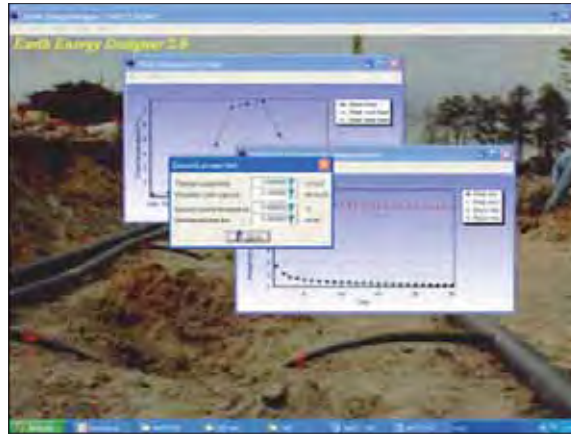
**Figura 17.4. Inyección.**

*Fuente: Ingeo.*

Después de ensayar el terreno durante 48 horas y de la interpretación de los datos obtenidos, el equipo técnico determinó una conductividad del terreno inferior a la que se había obtenido mediante cartografía geológica y valores de conductividad según la norma VDI 4640, cosa que reveló la necesidad de incrementar la longitud del intercambiador geotérmico respecto al inicialmente calculado.

Una vez obtenidos los datos reales de conductividad térmica y resistencia a la perforación, se diseña la configuración geotérmica final mediante una simulación del comportamiento del campo de captación geotérmico durante la vida útil de la instalación.

El resultado final, una vez tomados en cuenta todos estos parámetros, indicó la necesidad de siete sondeos de 120 m cada uno, es decir, unos 840 m de perforación. Esto representa una diferencia de 120 m respecto a la configuración inicial (efectuado con valores teóricos de la bibliografía), que habrían supuesto un aumento del consumo eléctrico a lo largo de los años, pudiendo llegar incluso a un fallo en el funcionamiento de la instalación. Los sondeos son de diámetro de 0,164 m, mientras el tubo en forma de U que conforma el intercambiador geotérmico es de 0,032 m de diámetro.



**Figura 175. Proyección de resultados.**

*Fuente: Ingeo.*

El campo de captación se dimensiona de manera que los rangos de temperatura de funcionamiento de la bomba de calor geotérmica no sobrepasen los  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  en los momentos más críticos.

El siguiente paso fue la instrumentación de los pozos, es decir, la introducción de las sondas geotérmicas y el tubo de inyección. El sellado se realizó con una mezcla de alta conductividad térmica compuesta por arena, bentonita y cemento, específica para este tipo de instalaciones. La inyección se hizo desde la parte inferior a la parte superior del pozo para evitar huecos en toda la longitud del sondeo. De esta manera se garantiza un total contacto entre sondas y terreno, además de evitar una posible contaminación de distintos niveles de acuíferos.

Siguiendo el esquema de principio proyectado se conectó el circuito exterior con la sala de máquinas mediante colectores de impulsión y retorno. Se dispuso la bomba de calor geotérmica para suministro de calefacción a dos circuitos, uno para el suelo radiante (primera planta) y otro para los aerotermos (bajocubierta), con un depósito inercial de 1.500 litros.

## 2. Resultados

De los datos obtenidos y comparándolos con el rendimiento de una caldera de gasóleo convencional se extrae un ahorro anual de energía primaria de unos  $67.260\text{ kWh/año}$  equivalentes a un ahorro de un 45%. El sobrecoste en inversión inicial es de  $60.000\text{ €}$ .

Por otro lado, el ahorro económico es de 9.509 €, lo que sitúa el periodo de retorno de la inversión en unos 6,3 años.

Datos técnicos de la instalación
• Superficie del museo: 742 m <sup>2</sup>
• Suelo radiante (592 m <sup>2</sup> ) y radiadores de baja temperatura (150 m <sup>2</sup> )
• T <sup>3</sup> calefacción: 40 °C
• Sistema instalado: LGP 150-V de <i>Ciatesa</i> de 52,7 kW
• Captación de energía: Ø sondeo: 0,164 m. Ø U-pipe: 0,032 m. Sondas de captación geotérmica
• Necesidades energéticas anuales del edificio: 134.385 kWh
• Consumo eléctrico de la bomba de calor geotérmica: 30.400 kWh
• COP: 4,00. Rendimiento estacionario: 3,5
• Coste estimado de consumo eléctrico: 3.249 € anuales
• Suelo radiante y aerotermos

**Tabla 17.1. Datos técnicos del proyecto.**

*Fuente: Ingeo.*

---

*Fuente de información: Ingeo.*

---



# VII. Industria alimentaria

**CASO 18** Grupo Nestlé  
(La Penilla de Cayón, Cantabria)

**CASO 19** Agralco (Estella, Navarra)

**CASO 20** Sánchez Romero Carvajal Jabugo  
(Jabugo, Huelva)

**CASO 21** Nestlé Waters  
(Herrera del Duque, Badajoz)



## CASO 18



# Grupo Nestlé

## *Fabricación de productos lácteos* La Penilla de Cayón (Cantabria)

<b>Sector</b> Industria alimentaria	<b>Actividad</b> Fabricación de productos lácteos	<b>Tipo de actuación</b> Instalación de cogeneración
<b>Ahorro energético</b> 73.390.000 kWh/año	<b>Inversión</b> 3.300.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 2,9 años

El *Grupo Nestlé* inicia su presencia en España en la fábrica de La Penilla de Cayón (Cantabria) en 1905, con la producción de la “Harina Lacteada Nestlé”. A lo largo de más de un siglo, este centro productivo ha ido creciendo hasta la fecha actual, donde fabrica leche en polvo, harinas infantiles, cacao soluble, chocolates y confitería.

El centro fabril de *Nestlé* en La Penilla ocupa en la actualidad una superficie construida de 48.000 m<sup>2</sup>, empleando un promedio de 800 personas.



**Figura 18.1. Vista aérea.**

*Fuente: Nestlé.*



En el año 1994 se puso en marcha una central de cogeneración para cubrir las demandas eléctricas y térmicas que la fábrica requería y que hoy sigue operando. Constituye un buen ejemplo de instalación eficiente, construida hace más de 15 años, mejorada en varias ocasiones y que sigue funcionando de forma eficiente.

## **1. Instalaciones**

La diversidad de productos que se fabrican en el complejo fabril de La Penilla de Cayón conlleva todo tipo de procesos y tratamientos, aunque sus principales consumos energéticos son electricidad y gas natural para la producción de vapor para procesos. También existía un consumo térmico con el fin de producir aire caliente para una torre de secado, así como el uso directo de gas natural para torrefacción o laboratorios.

La fábrica generaba su vapor para procesos (a media presión, 15 bar) mediante dos calderas pirotubulares de gas natural de 8 t/h cada una y una acuotubular de 11 t/h, teniendo una caldera de carbón en reserva. El consumo de vapor era de 110.243 t/año.

La potencia eléctrica contratada era a tarifa y de 5,5 MW, a una tensión de 55 kV. Las necesidades oscilaban entre semana de 4 a 5,3 MW, y en fin de semana de 1,4 a 4,2 MW.

El consumo eléctrico y la demanda de gas natural que disponía el complejo en el año 1992 eran los siguientes:

Mes	Consumo eléctrico (MWh)	Demanda de gas natural (MWh)
Enero	2.724	7.907
Febrero	2.907	8.439
Marzo	2.817	8.177
Abril	2.692	7.813
Mayo	2.612	7.582
Junio	2.698	7.832
Julio	2.063	5.989
Agosto	2.063	5.988
Septiembre	1.888	5.479
Octubre	2.104	6.108
Noviembre	2.267	6.581
Diciembre	2.083	6.046
<b>Total</b>	<b>28.918</b>	<b>83.942</b>

**Tabla 18.1. Consumos energéticos.**

*Fuente: Nestlé.*

La fábrica trabaja a tres y cuatro turnos, en función de la estacionalidad y demanda de productos, con más de 7.200 h de producción al año.

En la actualidad la curva de consumo energético mantiene prácticamente el mismo perfil, habiéndose aumentado de forma considerable el consumo total, por motivo de las diferentes ampliaciones y el crecimiento productivo del complejo fabril en este extenso periodo de años.

## 1.1. Soluciones aplicadas

Para el periodo en que se planteó la cogeneración, el *Grupo Nestlé* ya había iniciado una política de reducción de energía en sus operaciones, para conseguir hacerlas cada vez más eficientes.

En este punto es donde la cogeneración toma protagonismo, ya que era aplicable directamente a los procesos productivos de *Nestlé* en La Penilla, donde se dispone de simultaneidad de consumo de energía eléctrica y térmica.

A la hora de plantear el proyecto de La Penilla, la cogeneración ya no fue una nueva tecnología para *Nestlé*, pues ya se había empleado en la fábrica de Girona. Hoy en día *Nestlé* cuenta con esta tecnología en una docena de fábricas por todo el mundo.

La cogeneración se planteó como un agente externo de producción energética eficiente, cuya generación de electricidad y vapor se integraba en las instalaciones existentes de calderas y servicios generales. Se diseñó en base a la demanda térmica, y la salida de vapor de cogeneración se conectaba al colector de distribución de vapor existente de fábrica. La conexión eléctrica era en paralelo a la red y en el mismo punto eléctrico que se requería para la demanda de fábrica, de forma que se exportaba aquella producción eléctrica que no se consumía en fábrica.

La planta no basó su rentabilidad en la exportación de electricidad, sino en la maximización del uso de la energía térmica de cogeneración y el ahorro en coste de combustible que suponía, obteniéndose como resultado una planta de cogeneración con turbina de 4,8 MWe.

Esta solución no reducía los costes de mantenimiento de las instalaciones convencionales, ya que éstas debían cubrir las puntas o paradas que la cogeneración no cubriese, básicamente en el consumo térmico, y debían seguir manteniéndose para garantizar la fiabilidad energética de la fábrica. La cogeneración sí permitió realizar una mejora medioambiental añadida, que fue la supresión de la caldera de carbón que estaba normalmente en *stand-by*.

En el consumo eléctrico, se consideraba que la red de suministro era un elemento fiable, aunque en el periodo de la implementación de la cogeneración (año 1994), la propia cogeneración ayudó a dar estabilidad a la misma.

## **1.2. Sistema de cogeneración**

El sistema de cogeneración se diseñó en base a la demanda térmica del complejo fabril de *Nestlé* La Penilla y a la regulación legal existente para sistemas de generación eléctrica en régimen especial de aquella época, para la exportación de la energía eléctrica.



**Figura 18.2. Sistema compacto de generación.**  
*Fuente: Nestlé.*

El sistema lo constituyeron los siguientes equipos principales: una turbina de gas en ciclo simple de 4,8 MWe, asociada a una caldera de recuperación, sin post-combustión de los gases de escape, que permitía la generación de 11 t/h de vapor a 15 bar.



**Figura 18.3. Caldera de recuperación.**  
*Fuente: Nestlé.*

Con estos valores de diseño, con la cogeneración se cubría más del 70% de las necesidades térmicas en vapor, quedando unas 30.000 t/año de vapor a producir con las calderas convencionales, y permitía mantener la planta de cogeneración maximizada en su aprovechamiento energético y eléctrico.

## 2. Resultados

En el año 2009, la central de cogeneración ya disponía de más de 130.000 h de funcionamiento, con los correspondientes *overhauls* (reglajes) realizados (tres hasta la fecha), habiéndose potenciado la turbina en uno de ellos de 4,8 a los 5,5 MWe actuales. Con esta nueva potencia, la capacidad de generación de vapor se pudo incrementar hasta 12,7 t/h de vapor.

En el año 2008, esta cogeneración tuvo una producción de vapor de 92.000 t/año, provenientes del calor residual de los gases de escape de la turbina, y equivalentes a un consumo energético de gas natural de 73.390 MWh/año. La producción de electricidad ha sido de 37.763 MWh/año, bajo los mismos criterios de autogeneración, con una exportación mínima. Con estos parámetros, y con un rendimiento eléctrico de la turbina del 28,9%, se consigue ahorrar anualmente la emisión de 5.386 t/año de CO<sub>2</sub>.

La instalación de cogeneración de *Nestlé* La Penilla se realizó mediante inversión con recursos propios, lo que conllevó todo un proceso complejo dentro del *Grupo Nestlé*, al plantearse una inversión que no estaba dentro de los parámetros productivos del grupo. Desde que se inició el proceso de aprobación de la inversión, con sus respectivos estudios de viabilidad y proyectos, hasta que se finalizó la puesta en marcha de la central pasaron más de 2 años. En aquella época la moneda en curso era la peseta, que se ha trasladado a euros en el presente informe. La inversión realizada en el año 1994 fue de 550 millones de pesetas (3,3 millones de euros).

Los precios de la energía eléctrica vertida no estaban primados, aunque sí regulados, y dependían de la potencia que garantizaba el autogenerador a la compañía eléctrica. Por ello, en el balance económico se ha considerado el mismo precio por la venta de electricidad que por la compra, aunque este último siempre era inferior al de venta, por las potencias mayores que se podían garantizar como autogenerador con respecto a las potencias que se contrataban para fábrica.

En base a los precios de compra de electricidad y gas natural, y los costes de mantenimiento y de operación que se manejaban en esa época, el margen bruto de operación de la cogeneración que se obtuvo fue del orden de 1.141.923 € al año y un tiempo de retorno simple de 2,9 años.

La cogeneración sigue aún operativa y las producciones energéticas se han mantenido estables y, aunque se haya podido perder un poco de eficiencia con el paso de los años, los resultados económicos siguen siendo positivos.

---

*Fuente de información:* Jordi Aymerich, Nestlé España S. A.

---

## CASO 19



# Agralco

## *Tratamiento de residuos del vino* Estella (Navarra)

<b>Sector</b> Industria agroalimentaria	<b>Actividad</b> Tratamiento de residuos de vino	<b>Tipo de actuación</b> Ampliación de instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 2.607.995 kWh/año	<b>Inversión</b> 760.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 2,8 años

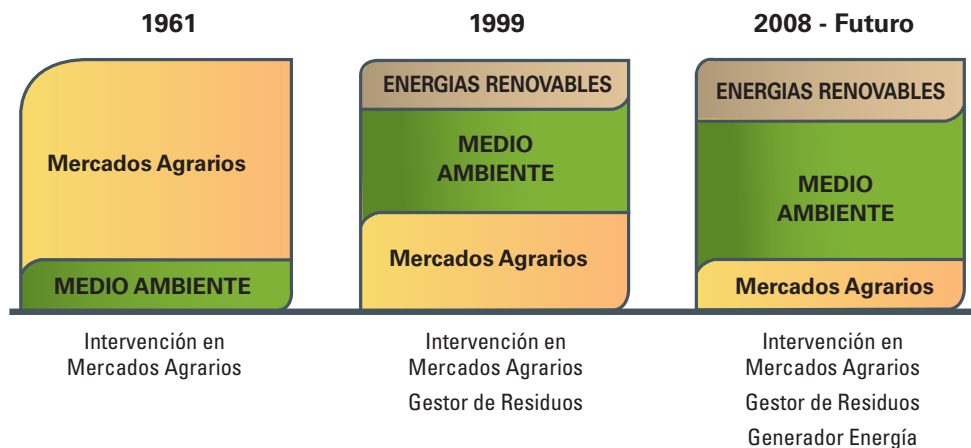
*Agralco S. Coop. Ltd.* es una empresa dedicada al procesamiento de los subproductos (orujos y lías) de la vinificación. La empresa nace en 1947 y consta actualmente de una plantilla de 48 trabajadores. El volumen actual de materia prima, obtenido del proceso de tratado del vino, tiene procedencia de 400 bodegas repartidas entre Álava, Rioja y Navarra, y asciende a un total de 70.000 toneladas.



**Figura 19.1. Vista general de la fábrica.**

*Fuente: Agralco.*

*Agralco*, desde 1961, hace una apuesta por la innovación tecnológica constante y el estudio exhaustivo de sus procesos productivos con el objetivo de optimización de recursos y de tiempo, velando constantemente por reducir su consumo energético y, por consiguiente, sus gastos de producción.



**Figura 19.2. Evolución procesos productivos.**

*Fuente: Agralco.*

## 1. Proceso productivo

Los orujos recibidos por la alcoholera están constituidos por la piel y la pepita de la uva, que se han obtenido tras el prensado en origen para extracción del mosto/vino en el proceso de vinificación.

Las lías se obtienen en el proceso de clarificación de los vinos, separándose del vino por decantación y trasiego. Los orujos se lavan para obtener una solución que contenga el alcohol y las sales tartáricas. Tanto esta solución como las lías se someten a una destilación para la extracción del alcohol, y posteriormente a centrifugado y secado para obtención del tartrato.

Los orujos lavados se secan y de ellos se extrae la pepita de uva. El resto se utiliza como combustible en la propia planta de la empresa. Los vertidos finales del proceso productivo se someten a depuración (fases anaerobia y aerobia), de la que se obtiene biogás que también se utiliza como combustible en la propia planta.

En la fábrica existe una línea de trabajo estacional (época de vendimia) dedicada a la obtención de una solución de antocianos (colorantes naturales), cuyo proceso, con fermentación y evaporación, es similar al proceso habitualmente utilizado para aumentar la concentración de la solución final.

Los subproductos que se obtienen en el proceso productivo de *Agralco* son los siguientes: alcoholes, tartratos, pepita de uva, hollejo, enocianina y biogás. Estos productos son útiles en una segunda utilización como combustible para el uso en las calderas y hornos de biomasa, así como en motores de cogeneración.

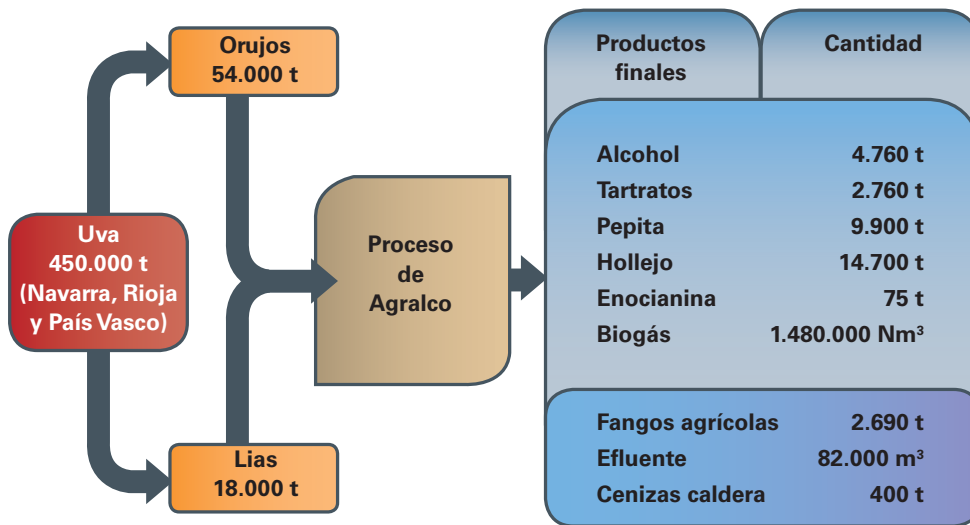


Figura 19.3. Balance de productos.

Fuente: Agralco.



## 2. Instalaciones

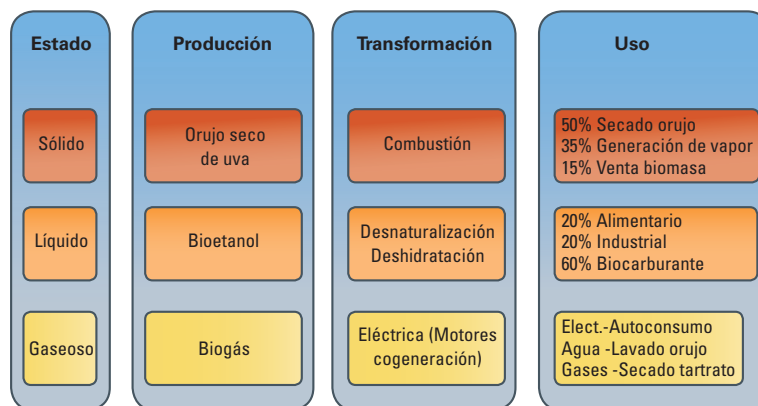
En la industria vinícola de *Agralco* predomina el consumo de gas natural frente al de electricidad, con la siguiente distribución de consumos:

Energía	Consumo MWh/año
Electricidad	3.068
Vapor	18.374
Secado orujo	39.220
Secado tratado	1.584
Agua caliente	1.568

**Tabla 19.1. Consumos energéticos.**

*Fuente: Agralco.*

Los combustibles recuperados por *Agralco* son tres: orujo seco, bioetanol y biogás, y con los siguientes usos:



**Figura 19.4. Usos de combustibles.**

*Fuente: Agralco.*

El orujo seco también es recuperado como combustible para los procesos que se realizan en los siguientes equipos:

- Caldera de biomasa para producir vapor con las siguientes características:

Caldera para orujo seco	Características
Tipo	Fija acuotubular
Marca-modelo	GAIKO ERK AC 1000/32
Potencia	6.370.512 kcal/h = 7,4 MW
Temperatura máxima de servicio	190,7 °C

**Tabla 19.2. Características de la caldera de biomasa.**

*Fuente: Agralco.*

- Horno secadero de orujo con las siguientes características:

Horno secadero	Características
Tipo	Parrilla fija
Marca-modelo	Propio
Potencia	9.297.504 kcal/h = 10,8 MW
Tª salida de gases de secado	700 °C

**Tabla 19.3. Características del horno secadero de orujo.**

*Fuente: Agralco.*

La producción de bioetanol es un subproducto valorizado de *Agralco* que tiene su destino final en los siguientes sectores:

- 20% uso alimentario (bebidas de alta graduación).
- 20% uso industrial (disolvente).
- 60% biocarburante (uso directo, deshidratado para mezclas con gasóleo o con gasolina).

Finalmente, el biogás recuperado se utiliza desde el año 2000 como combustible para:

- Horno/secadero de tartrato.

Horno para secado de tartratos	Características
Tipo quemador	SAIT, UMO 5G53M
Cámara de combustión	Cilíndrica, horizontal, de doble pared Ø 0,85 y longitud 1,55 m Volumen 0,88 m <sup>3</sup>
Potencia	349 kW

**Tabla 19.4. Características del horno secadero de tartrato.**

*Fuente: Agralco.*

- Caldera de vapor de fuel reconvertida a biogás.

Caldera para biogás	Características
Tipo	pirotubular
Marca-modelo	BABCOCK-WILCOX Steambloc 44
Potencia	5.750.000 kcal/h = 6,69 MW
Temperatura máxima de servicio	187 °C

**Tabla 19.5. Características de la caldera de biogás.**

*Fuente: Agralco.*

Posteriormente, desde el año 2008, el biogás se utiliza también en una instalación de cogeneración. La instalación consta de cuatro motores de 160 kW de potencia unitaria.

Motores de cogeneración	Características
Unidades	4
Marca-modelo	TEDOM CENTO T160 SP BIO
Potencia eléctrica unitaria	160 kW (640 kW)
Potencia térmica unitaria	105 kW (420 kW)

**Tabla 19.6. Características de los motogeneradores.**

*Fuente: Agralco.*



**Figura 19.5. Vista motogeneradores.**

*Fuente: Agralco.*

### 3. Resultados

El balance de producción y de costes de *Agralco* es el siguiente:

		Consumo	Producción propia		Valoración (€)	
		(MWh/año)	(MWh/año)	%	Ahorro Energético	Productos finales
ENERGÍA	Electricidad	3.068	2.608	85	263.078	–
	Vapor	18.374	18.374	100	376.640	–
	Secado orujo	39.220	39.220	100	800.360	–
	Secado tartrato	1.584	1.584	100	55.440	–
	Agua caliente	1.568	1.568	100	54.880	–
PRODUCTOS	Bioetanol	–	19.261	–	–	1.335.000
	Alcohol alimentario	–	–	–	–	1.334.000
	Alcohol industrial	–	–	–	–	488.000
	Sales tartáricas	–	–	–	–	2.415.000
	Pepita de uva	–	–	–	–	1.485.000
	Hollejo	–	9.720	–	–	132.000
TOTAL		63.814	92.334	–	1.550.398	7.189.000
					8.739.398	

**Tabla 19.7. Balance de producción.**

*Fuente: Agralco.*

Con la aportación de sistemas de cogeneración y combustibles de biomasa se produce una reducción sistemática del coste de producción de la empresa que se sitúa alrededor de un 40%.

La inversión realizada en la instalación de cogeneración y en biofiltros asciende a unos 760.000 €. Al utilizar *Agralco* con fines energéticos los subproductos de su propio proceso industrial, sólo se han considerado como ahorros los 2.608 MWh al año que se han dejado de comprar a la compañía eléctrica, con lo que se obtuvo un tiempo de retorno de 2,8 años para esta inversión.

---

*Fuente de información:* Fermín Esandi, Luis J. Pascual Ojer, Agralco S.Coop. Ltda.

---

## CASO 20



# Sánchez Romero Carvajal Jabugo

*Producción de jamón y cárnicos*  
Jabugo (Huelva)

<b>Sector</b> Industria alimentaria	<b>Actividad</b> Elaboración de jamón y cárnicos	<b>Tipo de actuación</b> Renovación de instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 1.780.107 kWh/año	<b>Inversión</b> 940.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 5,9 años

En 1879 D. Juan Rafael Sánchez Romero abrió el primer matadero de Jabugo, un pequeño pueblo de la provincia de Huelva. Desde entonces, *Sánchez Romero Carvajal Jabugo* ha elaborado productos derivados del cerdo ibérico, en un proceso que abarca desde la crianza del cerdo hasta la curación de cada pieza en sus bodegas.



**Figura 20.1. Vista aérea.**

*Fuente: Sánchez Romero Carvajal Jabugo.*

Actualmente, sus instalaciones para el secado de jamones tienen una superficie aproximada de 65.000 m<sup>2</sup> y cuentan con un sistema de ventilación natural que las mantiene a una temperatura media entre 5 y 10 °C en invierno y entre 18 y 25 °C en verano, temperaturas idóneas para el curado y maduración de las piezas.

Además, *Sánchez Romero Carvajal Jabugo* dispone de una fábrica dedicada a la producción de alimentos cárnicos, que procesa unos 110.000 cerdos al año, y donde se realiza todo el proceso productivo de estos cerdos ibéricos: sacrificio, despiece, salazón, post-salado, secadero y bodega. Fabrica también embutidos y conservas con los productos derivados y realiza la manipulación y comercialización de los productos frescos.

## **1. Instalaciones**

Entre los diferentes procesos existentes, el equipamiento frigorífico es uno de los elementos que mayor peso energético tiene sobre los productos finales, por lo que se actuó sobre ellos. El proyecto consistió en sustituir todo el equipo frigorífico de una de las salas de máquinas principales de producción de frío, que daban servicio a las salas de post-salados, 42 en total.

Se mantuvo esta sala como centro de distribución del agua glicolada fría y caliente para los espacios de post-salados, así como para otras cámaras, a las que se les eliminaron sus equipos y se centralizaron en ésta. Se mantuvieron también los depósitos y bombas, haciendo trabajar los nuevos equipos sobre los tanques existentes.

Se centralizaron también, desde esta misma sala, otra serie de post-salados que eran autónomos con máquinas individuales pequeñas; anteriormente había 10 equipos autónomos.

Desde otra sala antigua, que daba servicio a cámaras de conservación a 0 °C, aire acondicionado y conservación de congelados, se centralizaron los servicios de 0 °C y los servicios de congelados, donde también se sustituyeron los compresores.

Estos trabajos se realizaron de febrero a julio de 2009, fecha final de pruebas y puesta en marcha, realizándose los siguientes trabajos:

1. La sustitución de 21 compresores existentes por 5 de menor potencia y mayor eficiencia, que permitió una mejor racionalización de su funcionamiento al estar centralizados.
2. La implantación del sistema de control y de arrancadores suaves y variadores de frecuencia, que mejoraron el rendimiento de los motores eléctricos de los compresores de tornillo y alternativos.
3. La implantación de recuperadores de calor del circuito de condensación de los grupos frigoríficos, para en vez de disipar este calor en los condensadores evaporativos, cederlo al agua glicolada caliente, también necesaria en el proceso.

### **1.1. Sustitución de compresores**

De los análisis energéticos previos, se detectó que los compresores existentes disponían de una potencia sobredimensionada, unos 1.097 kW eléctricos para una producción de frío disponible de unos 2.700 kW frigoríficos con el *coefficient of performance* (COP) promedio de 2,5. Este sistema permitía conseguir las consignas de acondicionamiento de las salas muy rápidamente, pero a costa de un consumo energético excesivo que estaba provocado, principalmente, por un gran número de arranques/paradas al año así como por una reducida eficiencia de los equipos frigoríficos.



Los cambios introducidos se indican en la siguiente tabla:

Situación anterior	Real Inst. con Johnson Controls
<p><b>Sala máquinas Ramón Vizcaíno</b></p> <p>5 compresores FRICK XJS 120 S 125 cv x 5</p>	<p><b>Sala maquinas servicios Ramón Vizcaíno</b> Se racionaliza con 3 comp. y un variador de Hz 2 compresores SAP 193L (2x 200 kW) 1 compresor SAP 151L (VD) (1 x 160 kW) También atiende a: - Servicios de 0 °C de “ex Atlántica Sur” - Post-salados autónomos</p>
<p>Sala máquinas Atlantica Sur 6 compresores MYCON 125 LUD-MX 100 cv x 6 En parte trabajan para servicios de 0 °C</p>	
<p>Post-salados autónomos Secadero embutidos 2.10 35 cv Secadero embutidos 2.9 35 cv Secadero embutidos 2.8. 35 cv Secadero embutidos 2.7. 35 cv Secadero embutidos 1.37 50 cv Secadero embutidos 1.44 15 cv Secadero embutidos 1.45 15 cv Secadero embutidos 1.46 15 cv Secadero embutidos 1.47 15 cv Secadero embutidos 1.48 15 cv</p>	
<p><b>Otros compresores para servicios de congelación</b></p>	<p><b>Servicios de congelación</b> Se atienden con: 2 compresores SABROE SMC 112L 2 x 31 kW</p>
<p><b>Total 21 compresores</b></p>	<p><b>Total 5 compresores</b></p>

**Tabla 20.1. Cambios introducidos.**  
*Fuente: Sánchez Romero Carvajal Jabugo.*

Se estableció una potencia promedio óptima, se centralizó la producción de frío y se escogieron compresores de mayor eficiencia (COP entre 3,2 y 4,7). La solución óptima quedó establecida en 5 unidades de compresión (véase tabla anterior) con una potencia eléctrica de 622 kW y para una producción de frío disponible de unos 2.100 kW frigoríficos.



**Figura 20.2. Nuevos compresores.**  
Fuente: Sánchez Romero Carvajal Jabugo.

## 1.2. Sistema de control e implantación de arrancadores y variadores

La nueva sala de máquinas, con los nuevos equipos, pasó a usar un control centralizado de compresores y condensadores evaporativos, para trabajar siempre en las condiciones donde mejor rendimiento proporcionaban los compresores.

Se incorporó un controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID) que adapta en cada momento el número de compresores arrancados, su capacidad y número de vueltas a los requerimientos de servicio medidos. En este control también entraron en juego las bombas y ventiladores de los condensadores evaporativos, además del uso de variadores en las turbinas de los secaderos, de forma que se redujeron sustancialmente las puntas de consumos en los arranques/paradas de los equipos.

Todo el sistema dispone de un Sistema de Adquisición de Datos que centraliza el control y registros de toda la gestión de las salas de máquinas y cámaras.



**Figura 20.3. Sistema de Adquisición de Datos.**  
Fuente: Sánchez Romero Carvajal Jabugo.

### 1.3. Recuperadores de calor de condensación

La gran mayoría de los servicios para los que trabaja la sala de máquinas es para salas de post-salados, principalmente de jamones y paletas, y algunas de embutidos. Básicamente se necesita tener temperaturas bajas para conservación; el aire se distribuye por conductos forzándolo a través de una batería por donde interiormente circula el agua glicolada fría, enfriándose de esta forma el aire del recinto. Al trabajar con agua glicolada en torno a  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , parte de la humedad se adhiere a la batería como hielo. Cada cierto periodo de tiempo se hace pasar agua glicolada caliente (a unos  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), y de esta forma se desescarcha la batería y se puede extraer parte de la humedad del ambiente fuera de la cámara. Este ciclo se repite muchas veces, de forma que poco a poco se va secando el producto del interior que, al final, por equilibrio higrostático, también se despoja de su humedad interior.

Para mejorar este proceso de secado, también existe una batería de agua glicolada caliente que, intermitentemente, introduce calor en el aire, de forma que fuerza ese equilibrio de extracción de humedad del producto. Aunque principalmente se necesita frío, también es muy necesario el aporte de calor para estos dos procesos. Por esto, la nueva sala de máquinas con los nuevos compresores incorpora un recuperador-intercambiador de calor, para aprovechar el calor del circuito de condensación de los grupos frigoríficos: en vez de disiparlo en los condensadores evaporativos, este calor se cede al agua glicolada caliente. El resto de la demanda de calor, ya que esta a veces es mayor que el que se puede conseguir con esta recuperación, se aporta con intercambiadores de vapor o de agua caliente.



**Figura 20.4. Intercambiadores de calor.**

*Fuente: Sánchez Romero Carvajal Jabugo.*

## 2. Resultados

Con la implantación de las mejoras el consumo energético se redujo en un 43,2%, lo que representa 393,60 toneladas equivalentes de petróleo (tep) PCI/año, equivalente a unos 4.092 MWh al año, de ahorro de energía primaria, considerando que el rendimiento de la generación y transporte de la electricidad es de un 36,6%, y que se desglosa como sigue:

- **Sustitución de compresores:** al sustituir 21 compresores de una potencia total de 1.097 kW por 5 de una potencia total de 622 kW se ahorra 237,57 tep PCI/año, equivalentes a un ahorro eléctrico en fábrica de 966.876 kWh/año.
- **Implantación de variadores de frecuencia y arrancadores suaves:** el ahorro que se consigue es de 130,72 tep PCI/año, equivalentes a un ahorro eléctrico en fábrica de 532.011 kWh/año.
- **Implantación de recuperador de calor de condensación:** con esta medida se ahorran 25,31 tep PCI/año de gas natural, equivalentes a un ahorro en combustible en fábrica de 281.222 kWh/año.

Así que el ahorro de 393,60 tep de energía primaria al año se distribuye en ahorros de energía final en los procesos de:

- 281.222 kWh/año de gas natural en calderas de vapor.
- 1.498.885 kWh/año de electricidad en equipamientos.

Las inversiones en la sustitución de los equipos descritas ha sido de 1.438.424,00 €, habiéndose dispuesto de un incentivo de 154.043,00 € por parte de la Agencia Andaluza de la Energía. La inversión en las medidas que hacen referencia al ahorro energético, como son variadores de frecuencia y arrancadores, recuperadores de calor y sistema de control, ha sido de 855.793,54 €.

Teniendo en cuenta que los compresores sustituidos son una reinversión sobre bienes de equipo que ya estaban amortizados y que se necesitaba su renovación independientemente de la voluntad de mejorar la eficiencia energética, el coste que se ha considerado de estos equipos para valorar la rentabilidad de esta parte de la inversión es el del valor residual de los anteriores equipos, y que se ha estimado como un valor de 105.000 €. Por ello, la inversión que se ha considerado para valorar la rentabilidad de la misma ha sido la total realizada, menos el coste de los nuevos compresores, más el valor residual estimado de los compresores sustituidos, obteniéndose un valor aproximado de 940.000 €.

Con los parámetros energéticos descritos, y bajo una base de compras de energía de 10 €/kWh eléctrico y 25 €/MWh de gas, el beneficio económico que a día de hoy han representando las medidas implantadas ha sido:

Ahorro energético		Ahorro económico
Ingresos (por ahorros)	Energía eléctrica ahorrada 1.498,9 MWh/año	151.163 €/año
	Gas natural ahorrado 281,2 MWh/año	7.031 €/año
(por mantenimiento)	Ahorro en costes de mantenimiento compresores	9.143 €/año
<b>Margen total</b>		<b>158.193 €/año</b>
<b>Inversión</b>		<b>940.000 €</b>
<b>Tiempo de retorno simple</b>		<b>5,9 años</b>

**Tabla 20.2. Tabla resumen de resultados.**

*Fuente: Elaboración propia.*

---

*Fuente de información:* Javier Fernández, Sánchez Romero Carvajal Jabugo S. L. Agencia Andaluza de la Energía.

---

## CASO 21



# Nestlé Waters

**Embotelladora de agua mineral  
Herrera del Duque (Badajoz)**

<b>Sector</b> Industria alimentaria	<b>Actividad</b> Embotellado y comercialización de agua mineral	<b>Tipo de actuación</b> Renovación de instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 48.670 / 48.918 kWh/año	<b>Inversión</b> 3.700 / 12.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 0,8 / 2,5 años

*Nestlé Waters*, una empresa del *Grupo Nestlé* que se dedica a la comercialización de aguas embotelladas, el año 2002 decidió apostar por los acuíferos del manantial de Las Jaras, en Herrera del Duque, Extremadura. La planta embotelladora, que entró en funcionamiento en junio del 2004, se desarrolla en una extensión de 9.000 m<sup>2</sup> y en 2009 embotellaron 175 millones de litros de agua mineral bajo la marca *Aquarel*. La fábrica está considerada como una de las más modernas e innovadoras del sector, ya que sus instalaciones cuentan con tecnología de última generación que permite integrar la fabricación y el llenado de las botellas en un único proceso.



**Figura 21.1. Vista aérea de la fábrica.**

*Fuente: Cesar Barreira, EnergyLab.*

La fábrica de *Nestlé Waters* de Herrera del Duque dispone de 3 líneas productivas. La primera envasa botellas de 0,33 y 0,50 l a un ritmo de 24.500 botellas por hora; la segunda línea produce 4.000 garrafas de 5 l por hora; y finalmente la línea 3 tiene una capacidad de producción de 36.000 botellas por hora para los formatos de 1,5 y 2 l. En la planta se realiza el ciclo completo de producción, desde la fabricación de las botellas, que consiste en inyección y soplado del plástico, hasta el llenado y envasado de agua para su posterior distribución.

## 1. Instalaciones

La intervención se hizo en el sistema de fabricación de botellas. Por un lado, se realizó una optimización del funcionamiento de una bomba de agua, de una potencia de 30 kW, del circuito de refrigeración de las máquinas de inyección de plástico. El sistema de bombeo consiste en dos bombas conectadas en paralelo, con una regulación de tipo marcha-paro. En función de las necesidades del proceso de inyección de plástico se activa una o ambas bombas en paralelo. La consigna de trabajo es una presión de 6 bares que, previamente a la mejora, se conseguía mediante una válvula de estrangulación. Aunque es una solución poco eficiente en términos energéticos, este tipo de válvulas se utiliza habitualmente en la regulación de circuitos hidráulicos.



**Figura 21.2. Sala de bombas.**

*Fuente: Cesar Barreira, EnergyLab.*

Por otro lado, se hizo una optimización en la máquina de inyección hidráulica que se utiliza para la producción de las preformas necesarias para la fabricación de las botellas de plástico donde se envasará el agua embotellada. Es una máquina de la marca Husky, con un motor trifásico de inducción, de potencia nominal de 110 kW.

La máquina de inyección puede producir preformas de diferentes tamaños que se corresponden, tras el proceso de soplado, con las botellas de 2 l y 5 l. Para la producción de los distintos tamaños de preformas se varía el molde de la inyectora. Los consumos energéticos del equipo dependen del molde que se está utilizando en un determinado momento. Los componentes fundamentales del sistema de inyección son:

- La unidad de inyección, que es la parte de la máquina que efectúa la alimentación, la plastificación y la inyección del material termoplástico al molde.
- La unidad de cierre, que es la que contiene los moldes. Es básicamente una prensa que abre y cierra, accionada por un sistema hidráulico.
- La unidad motriz, que es la que engloba los elementos que permiten el funcionamiento de la máquina. Esta comprende el sistema hidráulico que empuja el pistón de desplazamiento de la unidad de cierre.



**Figura 21.3. Unidad de inyección.**

*Fuente: Cesar Barreira, EnergyLab.*





**Figura 21.4. Preformas para la fabricación de botellas.**

*Fuente: Nestlé.*

## **1.1. Soluciones aplicadas**

En los dos equipos descritos, por un lado la bomba de impulsión y por otro la máquina de inyección hidráulica, se ha realizado la optimización del consumo del motor eléctrico que las acciona mediante la introducción de un variador de velocidad.

Cabe recordar que aproximadamente un 40% de la energía eléctrica<sup>1</sup> consumida a nivel mundial se debe al funcionamiento de motores eléctricos, ya que mueven una gran cantidad de dispositivos, no sólo industriales sino también de infraestructuras, edificios grandes e incluso domésticos. Se considera que en Europa el consumo de motores es todavía más grande y llega a un 50% del total del consumo de la energía eléctrica<sup>2</sup>.

Para conseguir estos ahorros no siempre es necesario sustituir el motor. En muchos casos la mejora de la eficiencia del equipo se puede conseguir mejorando el sistema de regulación mediante los variadores de velocidad.

---

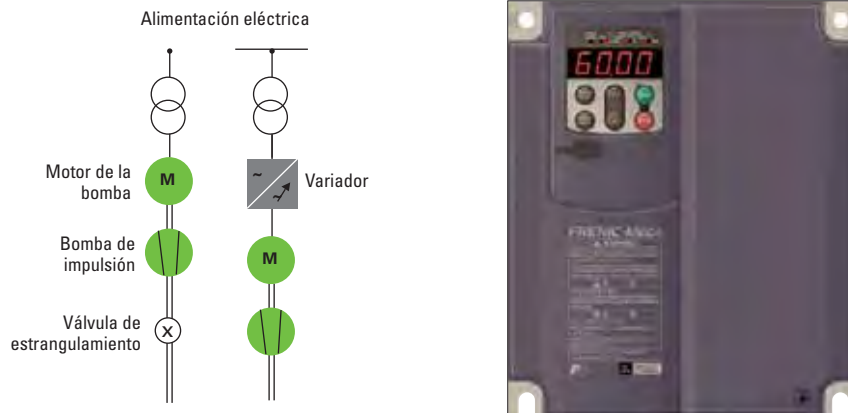
<sup>1</sup> IEA, *4E Electric Motor Systems Annex*, [www.motorsystems.org](http://www.motorsystems.org).

<sup>2</sup> A. Baggini, F. Bua, F. Buratti, *Energy efficient motor systems in Europe*, [www.leonardo-energy.org/webfm\\_send/235](http://www.leonardo-energy.org/webfm_send/235).

El variador de velocidad es un dispositivo electrónico de potencia que actúa sobre la alimentación eléctrica de un motor de inducción. Su utilización permite controlar la velocidad, revoluciones y eficiencia de un motor, consiguiendo en todo momento adecuar su funcionamiento a los requerimientos de la aplicación en la que está trabajando. El dispositivo convierte la señal eléctrica de la red, de frecuencia y voltaje fijos, en una señal de frecuencia y voltaje variables. Esta variación en frecuencia es la que permite controlar el funcionamiento del motor. Además permite variar el par que suministra el motor.

En un entorno industrial se pueden conseguir unos ahorros superiores al 20% instalando un variador de velocidad. Además de la reducción del consumo eléctrico, presentan otras ventajas adicionales: un mejor control del proceso productivo, mejorando de esta forma la calidad del producto final; posibilidad de arranque, parada y frenado dinámicos, con la consiguiente reducción del estrés en el motor, factor que prolonga la vida útil y reduce los costes de mantenimiento; y una mejora de la eficiencia del sistema a través de un aumento del factor de potencia.

En el sistema de bombeo del circuito de refrigeración de las máquinas de inyección de plástico se ha instalado el variador de frecuencia Fuji *Frenic* 30F1S-4E. De esta forma, la regulación que anteriormente se realizaba con la válvula de estrangulamiento ahora se efectúa mediante la variación de la velocidad del motor y, por consiguiente, de la velocidad de la bomba.



**Figura 21.5. Esquema de funcionamiento de la intervención. Antes y después.**

*Fuente: Elaboración propia/Fuji Electronics.*

La válvula de estrangulamiento regulaba el caudal en base a la pérdida de carga que introducía en el sistema hidráulico, lo que inducía un mayor consumo energético (en este

caso, eléctrico) en el grupo de impulsión. La introducción del variador ha permitido quitar esta válvula, eliminando el consumo energético que inducía y, además, se ha podido ajustar el consumo eléctrico a las necesidades de caudal requeridas por el proceso en cada momento.

En la máquina de inyección se apostó por la implementación de un variador de frecuencia Fuji *Frenic* 110G11S-4E que permite ajustar el funcionamiento del motor del equipo al ciclo de producción.

## 2. Resultados

Una vez instalados los equipos, se realizó una monitorización del consumo eléctrico del proceso productivo. La monitorización del funcionamiento de los equipos y el análisis de los resultados fue realizado por el Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética EnergyLab.

Los resultados de la monitorización indican que la implementación del variador de frecuencia en el sistema de bombeo permitió obtener un ahorro promedio de un 23% de energía activa. Si se extrapola este resultado a nivel anual, resulta una reducción del consumo del orden de 48.670 kWh. En términos económicos esto significa un ahorro superior a 4.900 €/año. Teniendo en cuenta el coste de la medida, que se sitúa en unos 3.700 €, el periodo de retorno de la inversión en este caso es inferior a 9 meses.

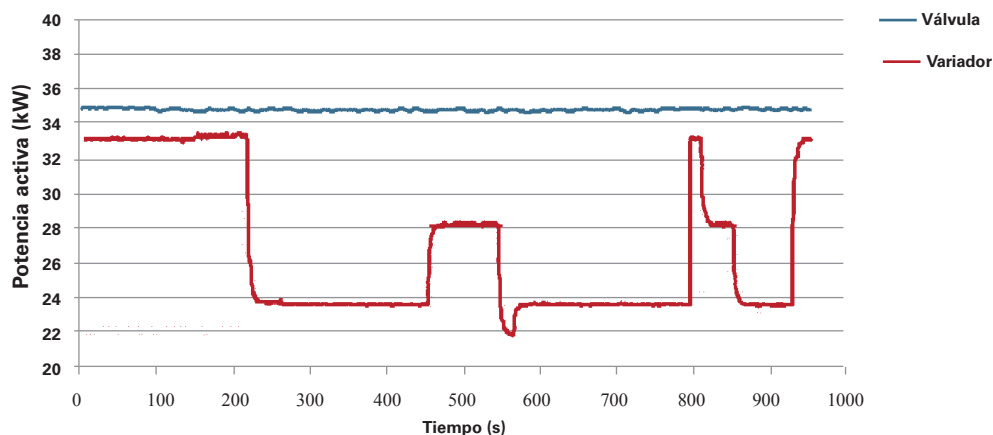


Figura 21.6. Potencia ciclo válvula-variador.

Fuente: EnergyLab.

En cuanto a la máquina inyectora, se ha realizado una medición detallada a lo largo del ciclo de trabajo de la máquina. Es un ciclo de una duración de 15,50 segundos que se divide en tres fases fundamentales: la carrera de preparación, la inyección y plastificación, y finalmente la carrera de desmoldeo y retorno. Las mediciones se realizaron de forma repetida a lo largo de numerosos ciclos de trabajo.

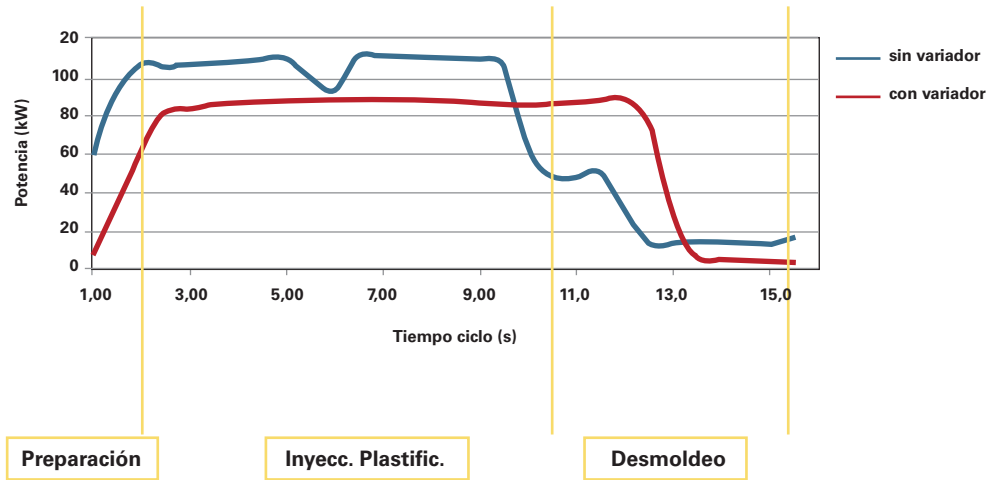


Figura 21.7. Potencia ciclo sin/con variador.

Fuente: EnergyLab.

Introduciendo el variador de frecuencia se consigue una reducción de 30 Wh por ciclo o 8,1 kWh por cada hora de funcionamiento de la máquina. En términos relativos, esto representa un ahorro promedio de un 11% de energía eléctrica. Al mismo tiempo, se consigue una reducción del 62% en la potencia reactiva. Los ahorros en el consumo anual, extrapolados a partir de los datos obtenidos del estudio detallado del ciclo de trabajo, se sitúan en unos 48.918 kWh. Esta valoración se puede considerar conservadora, ya que las mediciones detalladas fueron realizadas en el ciclo de fabricación de preforma de 2 litros, que es la más desfavorable en cuanto a la reducción de los consumos energéticos. Las piezas de 2 litros son las más pequeñas que produce la máquina analizada y las que más rápidamente se enfrían. Por esto, el tiempo durante el cual se puede reducir la velocidad del motor es el más corto. A mayor tamaño de la pieza el ahorro de electricidad es superior.

Como consecuencia de la reducción del consumo eléctrico de la máquina inyectora se obtiene un ahorro económico superior a 4.900 €/año. Teniendo en cuenta el coste de implantación de la mejora, de unos 12.000 €, el periodo de retorno de la inversión es inferior a 2,5 años.

Además de los ahorros obtenidos en consumo de energía, en este caso, la instalación del variador ha permitido la reducción de pérdidas en la instalación, un menor calentamiento de la misma y un menor desgaste mecánico debido a la mayor suavidad de maniobra.

---

*Fuente de información:* Gas Natural Fenosa. Cesar Barreira, EnergyLab. Iván Martínez, Fuji Electric.

---



# VIII. Otras industrias

**CASO 22** Holmen (Fuenlabrada, Madrid)

**CASO 23** Hidrocolor  
(Llinars del Vallès, Barcelona)

**CASO 24** BSH Electrodomésticos (Zaragoza,  
Estella, Esquíroz, Santander y Vitoria)

**CASO 25** Novartis  
(Barberà del Vallès, Barcelona)

**CASO 26** Tau Cerámica  
(Castellón de la Plana)



## CASO 22

**HOLMEN**

# Holmen

## *Fabricación de papel* Fuenlabrada (Madrid)

<b>Sector</b> Industria papelera	<b>Actividad</b> Fabricación de papel prensa	<b>Tipo de actuación</b> Mejora de instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 60.000 MWh/año	<b>Inversión</b> 2.300.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 1,9 años

*Holmen Paper Madrid* es una fábrica dedicada a la producción de papel prensa y revista 100% reciclado para su uso en periódicos, detallistas y editoriales de revistas.

En 1998 puso en marcha la máquina y línea de producción de papel MP61 y desde 2006 cuenta con una nueva línea de producción MP62. Con estas dos líneas de producción se dispone de una capacidad total de producción de papel de 470.000 t/año.



**Figura 22.1. Vista aérea.**  
*Fuente: Paisajes Españoles.*



*Holmen Paper Madrid* dispone de la Certificación de Gestión Energética de acuerdo a la norma UNE216301 desde 2009 y cuenta con la Autorización Ambiental Integrada desde 2007, entre otras certificaciones.

La fábrica trabaja todas las horas del año, a excepción de 2 semanas para operaciones de mantenimiento, con más de 8.400 h de producción al año. Cuenta con una planta de cogeneración de 47 MW en sus instalaciones desde el año 2001 y otra que se acaba de poner en marcha, en enero de 2010, de 31 MW.

## **1. Instalaciones**

La fabricación de papel conlleva varios tipos de procesos y tratamientos, pero sus principales consumos energéticos son electricidad y gas natural, éste último, principalmente, para la producción de vapor para el secado del papel y para la generación de agua caliente para los procesos de fabricación.

La fábrica, antes de la implantación de la primera cogeneración, generaba su vapor para procesos mediante tres calderas pirotubulares de gas natural de 33 t/h cada una.

La primera cogeneración se planteó como un agente externo de producción energética eficiente, cuya generación de electricidad y vapor se integraba en las instalaciones existentes de calderas y servicios generales. Se diseñó en base a la demanda térmica y la salida de vapor de cogeneración se conectaba al colector de distribución de vapor existente de fábrica. La conexión eléctrica se realiza en el mismo punto eléctrico donde está la demanda de fábrica, de forma que se puede exportar aquella producción eléctrica que no se consume en fábrica o bien exportar toda la energía generada e importar toda la consumida.

La planta no basó su rentabilidad en la exportación de electricidad, sino en su maximización del uso de la energía térmica de cogeneración y el ahorro en coste de combustible que suponía, obteniéndose como resultado una planta de cogeneración con turbina de 47 MWe y una caldera de recuperación con postcombustión con una capacidad de generación de vapor de 110 t/h a 63 bar el circuito de alta presión y a 5,5 bar el circuito de baja presión.

En el consumo eléctrico, se consideraba que la red de suministro era un elemento fiable, aunque en el periodo de la implementación de la cogeneración, en el año 2001, la propia cogeneración ayudó a darle estabilidad.

## 1.1. Soluciones aplicadas

En el año 2008, de cara a reducir el consumo de vapor en la máquina PM61 y conseguir un mejor dimensionamiento de la nueva cogeneración, se implementaron las siguientes mejoras:

- Se instalaron intercambiadores de calor vahos-aire (1 unidad) y vahos-agua (7 unidades) para reutilizar la energía térmica residual contenida en los vahos extraídos de la campana de máquina después de la primera etapa de recuperación, de manera que dichos vahos calientes, a través de estos intercambiadores, tanto aguas de proceso como aire para el acondicionamiento de la nave de máquina.
- Se instalaron variadores de velocidad en los ventiladores de extracción de vahos (3 unidades) e impulsión de aire (3 unidades) a la campana, para optimizar el consumo de vapor en los secadores existentes.
- Se optimizó el sellado de la campana, para reducir las pérdidas de calor en ésta.



**Figura 22.2. Máquina MP61.**

*Fuente: Holmen Paper.*

## **1.2. Intercambiadores de calor**

Desde la puesta en marcha de la máquina MP61 en 1998 ya existía una primera etapa de recuperación de calor por medio de tres intercambiadores vahos-aire que precalentaban el aire exterior impulsado en la campana con los propios vahos extraídos de la campana por medio de tres ventiladores axiales. Respecto a los nuevos intercambiadores podemos decir:

- Se instalaron tres intercambiadores de calor vahos-agua para calentar el agua de proceso (aguas blancas) en una segunda etapa de reaprovechamiento energético de los vahos extraídos de la campana. Para ello, ha sido necesario realizar también la instalación de las tuberías, con su correspondiente bombeo, desde el depósito origen de agua blanca hasta el depósito final, desde donde se alimenta la máquina de papel.
- Se instalaron tres intercambiadores de calor vahos-agua para recalentar el agua templada de fábrica en una tercera etapa de reaprovechamiento energético de los vahos extraídos de la campana. Para ello, ha sido necesario realizar también la instalación de las tuberías, con su correspondiente bombeo, que, partiendo del depósito de agua templada, bombea hasta el intercambiador para retornar de nuevo al mismo depósito.
- Se instaló un intercambiador de calor vahos-agua para calentar agua en una cuarta etapa de reaprovechamiento energético. El agua que ha sido calentada se hace pasar mediante un circuito cerrado de tuberías, con sus correspondientes bombeos, a través de dos baterías de intercambio aire-agua para precalentar el aire de soplado a máquina.
- Se instaló un intercambiador de calor vahos-aire para calentar, en una última etapa de aprovechamiento, el aire impulsado a la zona superior de la nave de máquina.

Todos estos circuitos de aguas y aires de acondicionamiento de máquina eran anteriormente calentados por medio de vapor, bien directamente o bien a través de intercambiadores aire-vapor.

## **1.3. Ventiladores de extracción**

Debido a la instalación de los nuevos intercambiadores, ha sido necesario realizar el cambio de los tres ventiladores axiales de extracción existentes por otros tres nuevos ventiladores centrífugos con motores de mayor potencia. Dichos motores han sido equipados con variador de frecuencia para optimizar su consumo eléctrico.

Estos variadores de velocidad en los accionamientos de los tres ventiladores de extracción y los tres ventiladores de impulsión de vahos en campana son comandados en función de los datos obtenidos por las sondas de temperatura y humedad instaladas en la campana, con el objetivo de optimizar tanto la extracción como el soplado en la campana para conseguir trabajar en las máximas condiciones de humedad, lo que minimiza el consumo de vapor en los secadores de la campana.

#### **1.4. Sellado de la campana**

Se han realizado mejoras en todos los cierres de la campana para minimizar las pérdidas existentes en ella y de este modo disminuir el aporte de vapor a los rodillos secadores existentes dentro de campana.

#### **1.5. Sistema de cogeneración**

Con la entrada de la nueva máquina de papel MP62, en el año 2006, se planteó una nueva cogeneración, así como una reducción de las necesidades energéticas de la línea de producción existente MP61 (reducción que se consiguió mediante las mejoras descritas anteriormente) para tener un dimensionamiento más ajustado de la nueva planta.

La reducción del consumo energético de la fábrica, reformando los puntos de mayor consumo, permitió concebir una planta de cogeneración de menores dimensiones y, en consecuencia, reducir también en un 20-30% la inversión necesaria.

La nueva planta incluye como equipos principales una turbina de gas con quemadores de bajo  $\text{NO}_x$ , modelo LM2500+G4 de *General Electric* de 31 MW y una caldera de recuperación, de tecnología *once through*<sup>1</sup> y fabricada por la empresa canadiense IST, con una capacidad de producción de 49 t/h de vapor a 63 bar el circuito de alta presión y 5,5 bar el circuito de baja presión.

---

<sup>1</sup> Tecnología de diseño de calderas de un solo paso. Son de tipo acuotubulares, donde los tubos por donde pasa el agua a presión van adosados o integrados en el cuerpo de caldera con un horgar central, introduciéndose el agua por su parte inferior y recogiendo el vapor generado en su parte superior.



**Figura 22.3. Planta de cogeneración.**

*Fuente: Holmen Paper.*

La energía eléctrica neta producida será transferida en su totalidad al sistema, conectándose en 220 kV a la red de transporte en la subestación de Fuenlabrada.

La producción conjunta de ambas cogeneraciones es de 78 MW y convierte esta agrupación en el generador de energía más importante de la Comunidad de Madrid en el 2010.

Con las dos plantas de cogeneración en marcha se conseguirá obtener un ahorro de 40.000 t CO<sub>2</sub>/año, que son las emisiones que se emitirían en el caso de utilizar otras técnicas para la generación de vapor y la electricidad.

## **2. Resultados**

Con la implantación de las mejoras en la máquina MP61 las curvas de consumo energético se redujeron en el orden de un 16% en el consumo de vapor.

El ahorro total de vapor ha sido de 82.966 t vapor/año, equivalentes a 50.609 MWh/año, que junto a la recuperación de condensados y rendimientos de transmisión (conside-

rados del 90%), representan un ahorro en necesidades energéticas de prácticamente 60.000 MWh/año, distribuidos de la siguiente forma que se indica a continuación:

- Recuperación de vahos-agua blanca:  
En verano se pueden calentar 345,6 m<sup>3</sup>/h de agua desde 48 °C hasta 54 °C, lo que supone una recuperación de calor de 2.400 kW. En invierno se pueden calentar 302,4 m<sup>3</sup>/h de agua desde 48 °C hasta 54 °C, lo que supone una recuperación de calor de 2.100 kW. Con esta recuperación se disminuye el consumo de vapor en 31.291 t vapor/año.
- Recuperación de vahos-agua templada:  
En verano se calentarán 50 m<sup>3</sup>/h de agua desde 15 °C hasta 49,3 °C, lo que supone una recuperación de calor de 2.000 kW. En invierno se calentarán 50 m<sup>3</sup>/h de agua desde 15 °C hasta 47,7 °C, lo que supone una recuperación de calor de 1.900 kW. Con esta recuperación se disminuye el consumo de vapor en 12.312 t vapor/año.
- Recuperación de vahos-agua de ventilación:  
En invierno se calentarán 67 m<sup>3</sup>/h de agua desde 30 °C hasta 45 °C, lo que supone una recuperación de calor de 1.174 kW, para aplicar al calentamiento de 168.000 kg/h de aire de acondicionamiento de la nave desde 0 °C hasta 25 °C. Con esta recuperación se disminuye el consumo de vapor en 5.758 t vapor/año.
- Recuperación de vahos-aire de soplado a techo:  
En verano se calentarán 90.000 kg/h de aire desde 20 °C hasta 48,5 °C, lo que supone una recuperación de calor de 700 kW. En invierno se calentarán 90.000 kg/h de aire desde 0 °C hasta 43,7 °C, lo que supone una recuperación de calor de 1.100 kW. Con esta recuperación se disminuye el consumo de vapor en 8.603 t vapor/año.
- Control del punto de rocío en la campana:  
Mediante sondas de temperatura y humedad se comandan los variadores de los ventiladores de extracción para aumentar el punto de rocío dentro de la campana a los 160 gH<sub>2</sub>O/kg a.s. en lugar de los 110 gH<sub>2</sub>O/kg a.s. anteriores; de forma que la eficiencia en la transferencia de calor es mayor, consiguiéndose disminuir el consumo de vapor en 25.004 t vapor/año.

- Recuperación de condensados en intercambiadores:

La recuperación de los condensados que se producen en los intercambiadores supone la recuperación de 91.126 m<sup>3</sup>/año a una temperatura de 50 °C, lo que representa una recuperación de calor de unos 375 kW, considerándose la temperatura media de aportación a 20 °C. Con esta recuperación se disminuye el consumo de combustible en 3.527 MWh/año.

La intervención descrita en las mejoras de la máquina MP61 supuso una inversión por parte de *Holmen Paper Madrid* de 2.300.000 €. Con los ahorros energéticos indicados, el retorno de inversión se sitúa en torno a 1,9 años.

Máquina MP61 Ingresos (por ahorros)	
Ahorro energético Ahorro en GN para vapor 59.759 MWh/año	Ahorro económico 1.195.188 €/año
Inversiones Mejoras en MP61 (Total): 2.300.000 €	
Tiempo de retorno simple: 1,9 años	

**Tabla 22.1. Resumen de resultados.**

*Fuente: Elaboración propia.*

A su vez, la nueva infraestructura de cogeneración de 31 MW, cuyas obras comenzaron a finales del año 2008 y finalizaron en enero de 2010, ha supuesto una inversión aproximada de 30 millones de euros, cuyos resultados económicos se podrán evaluar en los próximos años.

---

*Fuente de información:* M<sup>a</sup> Jesús Molina, Javier Pastor, Francisca Pérez, Holmen Paper.

---

## CASO 23



# Hidrocolor

## *Producción de tinturas y acabados* Llinars del Vallès (Barcelona)

<b>Sector</b> Industria textil	<b>Actividad</b> Tinturas y acabados	<b>Tipo de actuación</b> Ampliación de instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 2.043.000 kWh/año	<b>Inversión</b> 111.100 €	<b>Retorno de la inversión</b> 1,9 años

*Hidrocolor* es una empresa dedicada a tinturas y acabados de tejidos. Dispone de procesos que permiten tintar todo tipo de fibras y realizar procesos de acabado mecánico o de acabado químico. La empresa inició su actividad el año 1978.



**Figura 23.1. Vista aérea.**

*Fuente: Hidrocolor.*

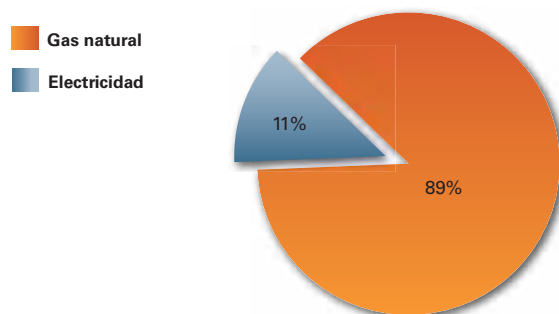


La voluntad de la empresa es dar un servicio de calidad y profesionalidad, y eso se traduce en una apuesta por la innovación tecnológica constante y el estudio exhaustivo de sus procesos productivos con el objetivo de optimización de recursos y del tiempo.

Delante de los retos de la globalización, que implican en primer lugar un importante grado de deslocalización del sector textil y, como consecuencia de ello, una masiva importación de los productos de los países asiáticos, y ante el impacto de la crisis económica, la empresa *Hidrocolor* está velando por reducir su consumo energético y, por consiguiente, sus gastos de producción.

## 1. Instalaciones

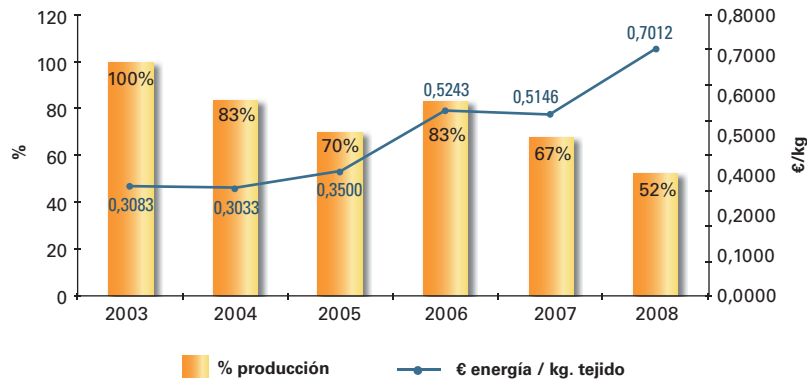
La industria textil es muy intensiva en consumo de calor, por esta razón en *Hidrocolor* predomina el consumo del gas frente a la electricidad, en una relación del 90% frente al 10%. El año 2006, por ejemplo, se consumió 20.150.712 kWh de gas y 2.983.734 kWh de electricidad.



**Figura 23.2. Distribución de consumo de energía.**

*Fuente: Hidrocolor.*

En cuanto a los costes de la producción, la factura energética ha pasado de un 10% en el año 2005 a un 21% en el 2007. Esto se debe a dos factores: por un lado la reducción de la producción causa un incremento de la energía utilizada para tratar la unidad de producto. Por otro lado, el precio de la energía ha aumentado de forma considerable en este periodo.



**Figura 23.3. Evolución de producción y coste de energía.**

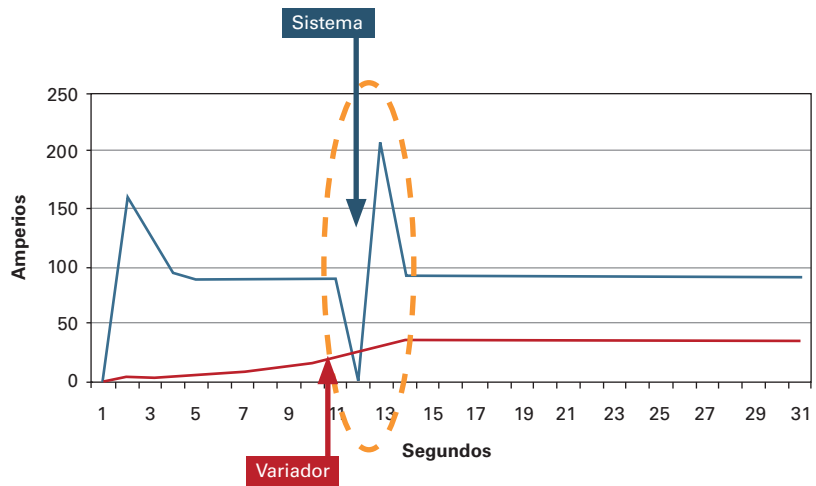
*Fuente: Hidrocolor.*

El tema de eficiencia energética no es nuevo en esta empresa, ya que en *Hidrocolor* hace 21 años que se recupera agua caliente de los intercambiadores de las máquinas de tintura, una medida que aporta tanto el ahorro de agua como de energía.

Recientemente, se han acometido nuevas medidas que mejoran la eficiencia, de la que se destacan dos de ellas significativamente:

**1) Instalación de variadores de frecuencia en las bombas de los equipos de tintura.** Esta medida ha supuesto diferentes beneficios:

- Eliminación de puntas de demanda de potencia.
- Reducción de número de paradas por roturas o desgaste de platos de unión y cojinetes.
- Eliminación de válvulas de regulación de caudal.
- Regulación más precisa.



**Figura 23.4. Reducción picos de potencia.**  
*Fuente: Hidrocolor.*



**Figura 23.5. Variadores de frecuencia.**  
*Fuente: Hidrocolor.*

2) El año 2006 se instaló un termocompresor con el objetivo de conseguir la **recuperación total del condensado**. Los condensados que anteriormente se perdían, ya que por la diferencia de presiones era imposible su reinyección a la caldera, al implementar el termocompresor se pueden recuperar. Este equipo aspira el vapor de la expansión de los condensados recogidos en el retorno, lo vuelve a comprimir y lo envía nuevamente a la red de distribución. Con esta medida se consiguió:

- Recuperar y reutilizar los condensados generados principalmente en los intercambiadores de calor de las máquinas de tintura.
- Eliminar las pérdidas del tanque de condensados.
- Disminuir el consumo de gas natural en un 10%.
- Disminuir las emisiones de vapor a la atmósfera.



**Figura 23.6. Instalación de vapor.**

*Fuente: Hidrocolor.*

Además, *Hidrocolor* dispone de un procedimiento de trabajo que establece un control regular de los contadores de energía. A partir de este registro, se conocen los indicadores de la energía consumida por la unidad de producto. Este procedimiento permite detectar disfunciones y acometer las medidas necesarias para su corrección.

## 2. Resultados

Como ya se ha mencionado, al disminuir la producción de la fábrica aumenta el consumo de energía por unidad fabricada, ya que existen consumos que no varían de forma lineal con la variación de la cantidad del producto final. Sólo aplicando políticas de eficiencia energética se puede llegar a corregir esta tendencia. En el caso de *Hidrocolor*, el efecto de aumento del consumo por unidad del producto se dio en el periodo 2003-2005. A partir del 2005, con la implementación de las medidas descritas, el consumo energético unitario empieza a reducirse.

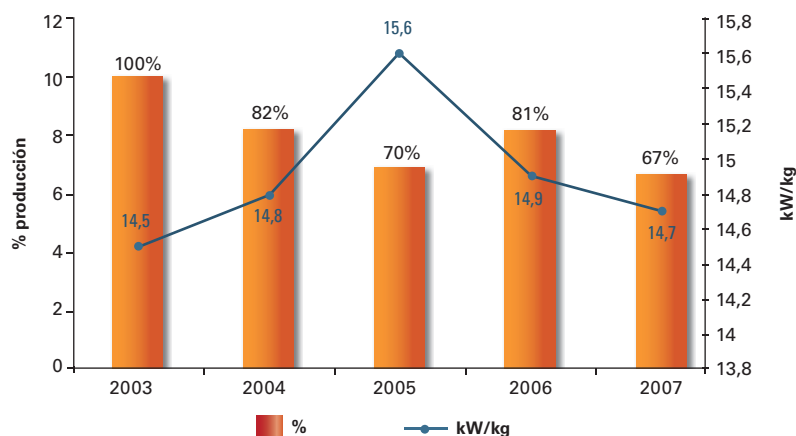


Figura 23.7. Consumo de energía.

Fuente: *Hidrocolor*.

La instalación de variadores de frecuencia en las bombas conlleva una disminución de 93.000 kWh al año o un 61% en el consumo de estos equipos, lo que equivale a un 3% del consumo eléctrico total de la fábrica. Por otro lado, con la utilización de termostatos se ha conseguido reducir el consumo de gas natural en 1.950.000 kWh al año o un 10% del consumo total del combustible. Estas dos medidas han tenido un plazo corto de retorno de la inversión, de 1,9 años, para una inversión total de 111.100 €.

---

Fuente de información: Josep Moré, *Hidrocolor*.

---

## CASO 24

# B/S/H/ BSH

## Electrodomésticos

*Diseño y fabricación de electrodomésticos*  
**Zaragoza, Estella, Esquíroz,**  
**Santander y Vitoria**

<b>Sector</b> Industria de equipos domésticos	<b>Actividad</b> Fabricación de electrodomésticos	<b>Tipo de actuación</b> Ampliación de instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 1.229.693 kWh/año <sup>1</sup>	<b>Inversión</b> 66.560 € <sup>1</sup>	<b>Retorno de la inversión</b> 3,6 años

*BSH Electrodomésticos España, S.A.*, que agrupa a grandes marcas del sector como *Bosch, Siemens, Balay, Gaggenau, Neff* y *Ufesa*, tiene una gran presencia en España,



**Figura 24.1. Distribución geográfica plantas BSH.**

*Fuente: BSH Electrodomésticos.*

<sup>1</sup> Ahorros e inversión referentes a la mejora de la calefacción de las naves.

tanto a nivel del mercado de electrodomésticos de línea blanca, como a nivel de su fabricación, pues cuenta con siete fábricas, en Zaragoza, Estella, Esquíroz, Santander y Vitoria. El grupo emplea aproximadamente a 4.000 personas en España.

La trayectoria de esfuerzo en mejora ambiental de *BSH* en España comienza el año 1993, cuando este tema se empieza a trabajar de forma sistemática. En cuanto a la eficiencia energética, la empresa se centra en dos grandes líneas: la eficiencia del producto final y la eficiencia del proceso de fabricación.

Para un fabricante de electrodomésticos, la eficiencia de sus productos es un factor clave. Las sucesivas directivas europeas y normas estatales a lo largo de los últimos quince años han ido impulsando la eficiencia de electrodomésticos mediante su etiquetado energético, creando una conciencia a los compradores. Los análisis de ciclo de vida de los electrodomésticos, realizados por *BSH*, indican que entre un 90 y un 95% de la energía total que utiliza un aparato a lo largo de su vida se centra en el periodo de uso. En la fabricación se consume entre un 4 y un 9%. Este hecho ha llevado a *BSH* a enfocar una gran parte de su esfuerzo en eficiencia energética en la concepción y diseño de sus electrodomésticos.



**Figura 24.2. Análisis del ciclo de vida.**

*Fuente: BSH Electrodomésticos.*

Para mejorar las prestaciones del producto final, *BSH* ha apostado por el concepto de ecodiseño que se basa en el análisis de ciclo de vida del producto. Los esfuerzos en innovación e incorporación de avances tecnológicos en los productos de *BSH* han hecho posible que en el 2009 un 100% de los frigoríficos, lavadoras y lavavajillas de *BSH* España cuenten con clasificación energética de clase A o superior. Por otro lado, cabe destacar las importantes reducciones en el consumo de agua en los productos de lavado: lavadoras y lavavajillas. El ahorro de agua en estos aparatos de uso masivo, además del beneficio ambiental directo en recurso hídrico, supone un ahorro derivado en cuanto al consumo de energía empleada en tratamiento, distribución y, en algunas ocasiones, calentamiento de agua de red y el tratamiento de las aguas residuales.

## 1. Proceso productivo

Las fases de desarrollo y diseño del producto son de vital importancia, ya que en ellas se determina la mayor parte del impacto ambiental de las posteriores fases del ciclo de vida.

Desde hace varios años *BSH* dispone de una norma interna de Ecodiseño que asegura que el impacto ambiental de los electrodomésticos se valora a lo largo del proceso de diseño de la misma forma que las prestaciones técnicas del aparato y la optimización de costes de su producción. En la planificación de productos y procesos, se establecen objetivos concretos de los aspectos ambientales más relevantes en cada caso, que prácticamente siempre incluye el consumo energético. Según esta norma, no se aprueba la fabricación de un nuevo modelo si sus prestaciones medioambientales son inferiores a los modelos anteriores. Un criterio similar se aplica al diseño de nuevas líneas de producción en las fábricas de *BSH*.

### 1.1. Electrodomésticos eficientes

La Comisión Europea puso en marcha en 1989 el sistema de etiquetas energéticas para informar a los usuarios del consumo de energía del electrodoméstico. Inicialmente había siete clases (A, B, C, D, E, F, G), siendo el consumo de los electrodomésticos con etiqueta A el más eficiente y siendo los de la G los que más consumen haciendo lo mismo. En el año 2004, después de una gran mejora generalizada de productos, se introducen en los aparatos de frío las etiquetas A+ y A++ para ir distinguiendo los esfuerzos de excelencia. Actualmente está pendiente de publicarse el



nuevo sistema de etiquetado, en el que la clase de eficiencia energética más alta para todas las gamas será la clase A+++.

En el periodo 1994-2009, *BSH* ha conseguido una gran reducción de consumo eléctrico y de agua de sus productos: un 40% en lavavajillas, un 50% en lavadoras, un 67% en secadoras y hasta un 63% en frigoríficos. En los electrodomésticos de lavado, un diseño pormenorizado y optimización de circuitos hidráulicos resulta en menores motores para el accionamiento de bomba. Sin embargo, para conseguir estas significativas mejoras, muchos productos introducen innovaciones importantes.



Figura 24.3. Consumos de los productos.

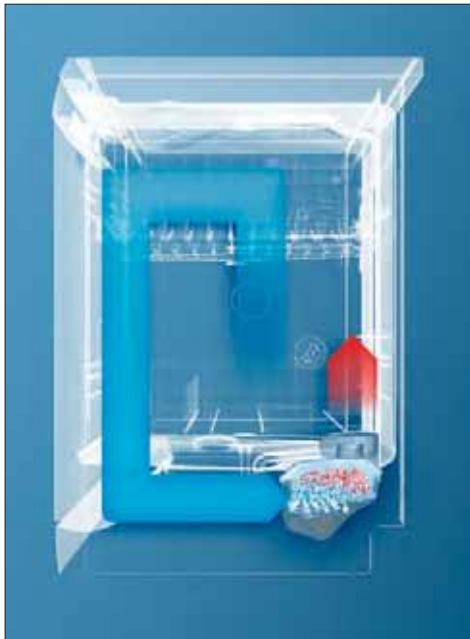
Fuente: *BSH Electrodomésticos*.

### 1.1.1. Lavavajillas con mínimo consumo energético

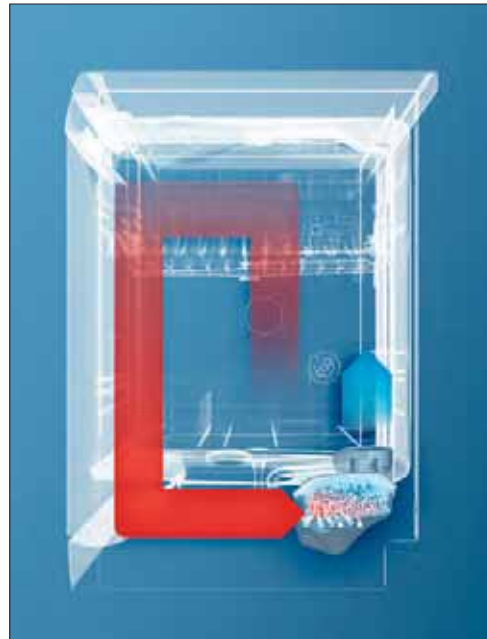
El consumo habitual de un lavavajillas de clase A en el mercado es de aproximadamente 1,05 kWh/ciclo. Sin embargo, los nuevos productos de alta eficiencia desarrollados por *BSH* reducen en un 20% este valor, situándose en 0,83 kWh/ciclo. Esta importante mejora en eficiencia energética se consigue gracias a la incorporación de una novedosa tecnología desarrollada por *BSH* basada en el uso de zeolitas, familia

de minerales aluminosilicatos cuya superficie porosa tiene la capacidad de absorber y almacenar la humedad generada en el interior del lavavajillas y desprender calor.

Las zeolitas se sitúan en un depósito comunicado con la cuba, por lo que el aire de ésta puede circular sobre ellas impulsado por un ventilador. En la fase de lavado el aire del interior de la cuba se conduce al depósito de zeolitas, donde se activa una resistencia eléctrica que calienta y deshumidifica el mineral. El aire caliente y húmedo se dirige de nuevo al interior del lavavajillas ayudando al templado de la vajilla. En la posterior fase de secado las zeolitas absorben la humedad del aire y le ceden el calor. El aire seco y caliente vuelve al interior del lavavajillas ayudando a secar la vajilla de forma más eficiente. Este proceso permite trabajar con temperaturas inferiores: el aclarado final no supera los 35 °C, cuando en los aparatos convencionales suele alcanzar temperaturas del orden de 65 °C. Esta ecoinnovación ha recibido en 2009 el premio KU (*Klima und Umwelt*), en la categoría de productos, que anualmente otorga el Ministerio de Medio Ambiente alemán.



Zeolitas actuando en la fase de secado.



Zeolitas regenerándose en la fase de lavado.

**Figura 24.4. Actuación de zeolitas.**

*Fuente: BSH Electrodomésticos.*

### 1.1.2. Secadoras con tecnología de bomba de calor

El calentamiento del aire en las secadoras convencionales se realiza por resistencia eléctrica, cosa que conlleva un consumo energético elevado e impide superar el límite de la eficiencia de clase B o 4-5 kWh/ciclo. En estas secadoras el aire húmedo originado durante el secado se condensa gracias al condensador formado por láminas de metal. El agua se recoge en un depósito situado en el frontal. Las secadoras de condensación con tecnología de bomba de calor consiguen reducir el gasto eléctrico a la mitad, superando con creces el límite de exigencia de la clase A. La aplicación de bomba de calor permite extraer el calor del aire húmedo procedente del tambor, transportarlo y reinyectarlo en el flujo de aire entrante, reduciendo en un 50% la necesidad energética del aparato.



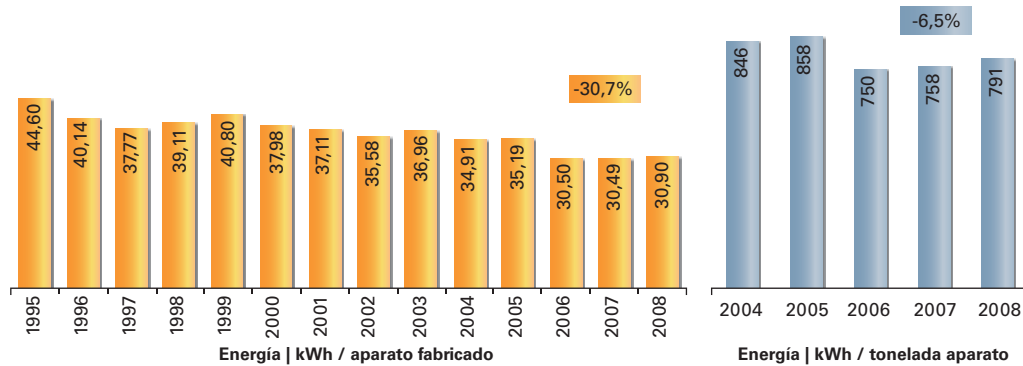
**Figura 24.5. Secadora con bomba de calor.**

*Fuente: BSH Electrodomésticos.*

## 1.2. Eficiencia energética en el proceso productivo

La mejora continua de la eficiencia energética es una constante para *BSH Electrodomésticos España*, que desde 1995 ha reducido en sus fábricas españolas de línea blanca en un 32% la cantidad de energía necesaria para producir un aparato. En los últimos cinco años la reducción ha sido de un 7%.

Esta reducción del consumo energético se debe a diferentes medidas, desde las decisiones conceptuales, como es, por ejemplo la máxima estandarización de componentes de diferentes productos, tratamiento de la materia prima, como es el pretratamiento de desengrasado de chapas metálicas al llegar a la fábrica, sustitución de los equipos, como los de calefacción de las naves y los sistemas de iluminación, o seguimiento de los consumos *stand-by* y su reducción mediante la concienciación del personal.



Datos de la mejora de eficiencia energética de las fábricas del grupo BSH en el periodo 1995-2008 (kWh / aparato producido) y 2004 - 2008 (kWh / tonelada producción)

**Figura 24.6. Mejora de eficiencia 1995-2008.**

*Fuente: BSH Electrodomésticos.*

### 1.3. Nuevo sistema de calefacción de las naves

La calefacción de las naves de las fábricas de *BSH* representa un consumo considerable. Es un consumo estacional y variable de un año al otro por la climatología. El sistema habitual de calefacción en las fábricas se ha basado en muchos casos en elementos calefactores de aire (aerotermos) que usan agua calentada generalmente por medio de calderas de gas o de instalaciones de cogeneración. La tarea de estas instalaciones es la de proporcionar cierto grado de confort a las personas que están trabajando. Sin embargo, la distribución de la ocupación de las naves industriales dista mucho de la ocupación en otro tipo de edificios. Al disponer de procesos de producción altamente automatizados, donde la manipulación y operaciones de producción, pintado y montaje de algunas partes del producto son efectuadas por robots, existen amplias zonas de las naves con escasa presencia de personal. Por otro lado, muchas operaciones de ensamblaje requieren de operarios, por lo que en algunas zonas de las

naves se concentran los puestos de trabajo. Asimismo, las dimensiones de las naves y sobre todo las grandes alturas, propician que al disminuir su densidad el aire caliente se eleva al techo de la nave, así que aumenta la temperatura de la zona próxima al techo, una zona donde no se requiere confort. Adicionalmente, se provocan corrientes de convección internas no deseables desde el punto de vista de la salud laboral. Finalmente, las condiciones en la zona laboral, próxima al suelo, no son las deseadas.

Para mejorar esta situación se introdujeron en algunas fábricas sistemas de ventilación que impulsan el aire desde las zonas altas, próxima al techo, hacia el suelo. Esto corrige en parte el funcionamiento del sistema de calefacción, pero incrementa las corrientes de convección, negativas para la eficiencia, el confort y la salud laboral.

Frente a estas instalaciones, en las zonas de montajes de la fábrica de aparatos de cocción a gas de Santander se inició la instalación de quemadores radiantes. Estos equipos, colocados sobre la zona ocupada por los trabajadores, crean un espacio donde se logra confort con varias ventajas respecto al sistema anterior:

- La zona de la influencia del equipo, donde se encuentran los trabajadores, está dentro de una horquilla de confort adecuada con temperatura de 19 a 20 °C.
- El aire de la nave se calienta mucho menos, lo que se traduce en menores corrientes de convección y menores pérdidas por la cubierta al ser menor la temperatura del aire próximo al techo.



**Figura 24.7. Calefacción en puestos de trabajo.**

*Fuente: BSH Electrodomésticos.*

Evidentemente, con este sistema la energía consumida para alcanzar el confort de los trabajadores es considerablemente inferior. Otro aspecto muy importante, desde el punto de vista de gestión de energía, es la posibilidad de sectorizar la calefacción de las naves y de la fábrica en conjunto. Esto permite acondicionar únicamente las zonas donde se realiza la actividad en cada momento, sin reducción del confort de los trabajadores. Esta sectorización supone flexibilidad de gestión y vincula el consumo de energía a las necesidades de producción y a la distribución de usos de los espacios. En los periodos de fuertes oscilaciones de la demanda y, por tanto, de las variaciones en la dinámica de producción, este factor de flexibilidad en la gestión de la energía es muy importante para contener los consumos innecesarios.

## 2. Resultados

El ahorro conseguido es difícil de cuantificar con precisión, pues influyen varios factores como los climáticos, o el hecho de un cambio progresivo a este sistema que requiere mantener en funcionamiento el anterior en muchas zonas. Asimismo, los cambios en la actividad en diferentes talleres de la fábrica, causados por cambios de demanda de los productos finales, impiden una valoración rigurosa. Aun así, se estima que la reducción del consumo energético se sitúa en un 20 a 25%, mientras la reducción del coste energético en calefacción ha sido entre un 40 y un 50% en las zonas calefactadas con tubos radiantes. La inversión realizada en la fábrica de Santander es de 66.560 €, con un período de retorno de 3,6 años. A partir de esta experiencia, el sistema se ha extendido en otras fábricas de *BSH*.

---

*Fuente de información:* José Angel Rupérez, Noelia Vela, BSH Electrodomesticos.

---



## CASO 25



# Novartis

## Industria farmacéutica

### Barberà del Vallès (Barcelona)

<b>Sector</b> Industria farmacéutica	<b>Actividad</b> Producción de galénicos sólidos	<b>Tipo de actuación</b> Ampliación de instalaciones
<b>Ahorro energético<sup>1</sup></b> 907.500 kWh/año	<b>Inversión</b> 75.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 2,7 años

La fábrica de *Novartis* de Barberà de Vallès fue inaugurada en el año 1994 y experimentó importantes ampliaciones en los años 2000 y 2008. La ampliación de 2008 comprende dos edificios nuevos y una ampliación de las instalaciones. Actualmente, esta planta es la mayor del grupo en cuanto a la producción de formas galénicas sólidas en España, con un volumen de 99 millones de envases en 2009 y una plantilla de más de 410 trabajadores. Cuenta con una cartera de 96 productos y 1118 presentaciones diferentes destinadas a 121 países. La fábrica se compone de cinco edificios de un total de 38.000 m<sup>2</sup> construidos, situados en un terreno de 73.800 m<sup>2</sup>.



**Figura 25.1. Fábrica de Novartis en Barberà de Vallès.**

*Fuente: Novartis.*

<sup>1</sup> Datos de ahorro, inversión y retorno de inversión relativos a la instalación del economizador.



Minimizar el consumo de energía es una de las prioridades de *Novartis*, tanto a nivel de su portafolio de responsabilidad social corporativa como para optimizar los costes de producción. *Novartis* también adoptó voluntariamente el compromiso de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en línea con los acuerdos del protocolo de Kyoto.

También se han establecido los Galardones Novartis de Excelencia Energética, que incentivan la implicación de los empleados para favorecer la eficiencia energética y la implementación de tecnologías de energías renovables.

En *Novartis*, la sostenibilidad se traduce en la gestión de los riesgos para garantizar la salud y proteger la seguridad de los colaboradores, clientes y cuantas personas estén involucradas en las actividades empresariales del grupo así como en la protección del medioambiente.

## 1. Instalaciones

La planta de Barberà de Vallès funciona 24 horas los días laborables. Los fines de semana los procesos productivos se detienen, aunque existen sistemas que no se pueden parar por la naturaleza de esta actividad industrial. La industria farmacéutica, por lo general, tiene unas exigencias de calidad muy estrictas, cosa que se refleja en la necesidad de conseguir ambientes de producción en un clima e higiene estrictamente controlados.

Los equipos de mayor consumo eléctrico son las enfriadoras, nueve en total, y los cuatro compresores que proporcionan aire comprimido. Por otro lado, las calderas de producción de vapor consumen gas natural.



**Figura 25.2. Generadores de vapor.**

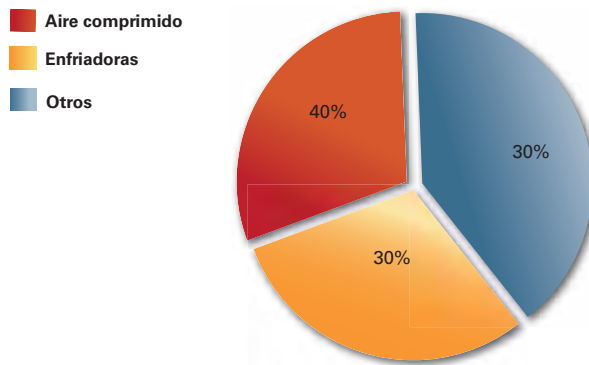
*Fuente: Novartis.*

## 1.1. Consumos energéticos

En el año 2006, en la fábrica de *Novartis* en Barberà de Vallès se comenzó un ambicioso programa para cumplir con el objetivo del grupo, el de reducir el consumo energético en un 2,5% al año durante el período 2007-2010. Inicialmente se realizó un estudio para caracterizar los diferentes consumos. El consumo dominante es el eléctrico que, en términos relativos, representa un 61%, mientras el restante 39% corresponde al consumo de gas natural.

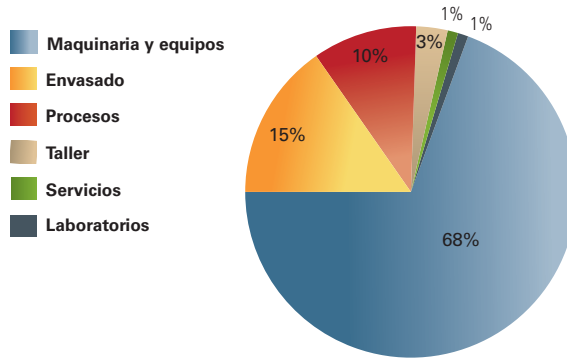
En cuanto a los usos de la energía, predominan los sistemas de climatización y de aire comprimido, con un 70%. El importante consumo de climatización se debe a la necesidad de un estricto control climático, tanto de la temperatura y humedad como de la calidad del aire que requieren los laboratorios y salas blancas de la industria farmacéutica. Por otro lado, el consumo de aire comprimido corresponde en gran medida a los procesos de empaquetado.

El gas natural alimenta una sala de calderas que da servicio a toda la fábrica. El régimen de funcionamiento de estas calderas es de 24 horas al día y una producción continua de 4.000 kg/h de vapor.



**Figura 25.3. Distribución de consumos energéticos por sistemas.**

*Fuente: Novartis.*

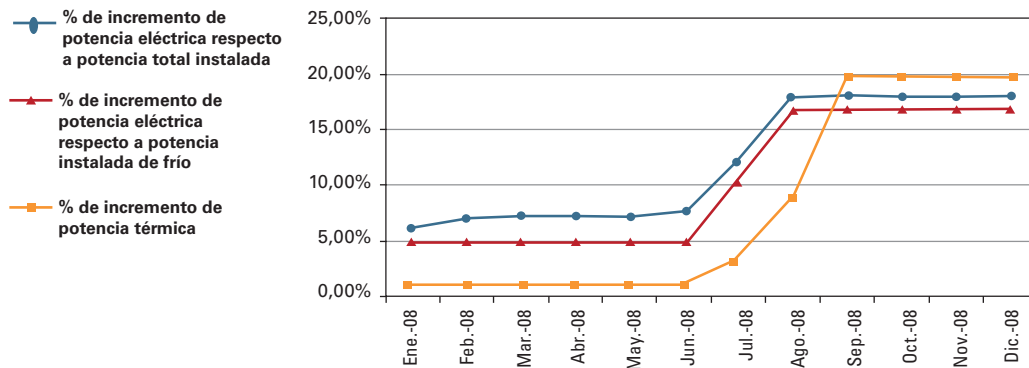


**Figura 25.4. Distribución de consumos energéticos por áreas.**

*Fuente: Novartis.*

Hasta la auditoría realizada en 2006, el sistema de climatización funcionaba a régimen constante siempre, 24 horas, 365 días al año. Asimismo, la auditoría identificó que el sistema de aire comprimido, que se utiliza mayoritariamente en las máquinas de empaquetado, así como en el sistema de purificación del agua, también funcionaba todo el tiempo. Esto se debe a que los sistemas de purificación de agua no paran nunca para minimizar los riesgos de contaminación microbiológica del circuito de agua, lo que obligaba a tener siempre operativa toda la red de aire comprimido.

En el año 2008 se realiza una importante ampliación de las instalaciones. Esta ampliación supuso un aumento de un 18% de la potencia eléctrica instalada y un 17% de la potencia calorífica instalada.



**Figura 25.5. Aumento de la potencia instalada después de la ampliación.**

*Fuente: Novartis.*

## 1.2. Soluciones aplicadas

Se empezó con las medidas de eficiencia relacionadas con el consumo eléctrico, ya que este representa la mayor parte de la factura energética total de la planta. Se ha creado un sistema de gestión energética que realiza las medidas de los parámetros del consumo eléctrico, que consta de treinta analizadores instalados e integrados con un sistema de control Scada.

Asimismo, se hizo un ajuste en los horarios de funcionamiento de los equipos de climatización: aunque hay que mantener unos criterios de calidad ambiental durante los periodos en los que la producción está parada, es posible reducir el número de equipos enfriadores en funcionamiento. Se realizó una conexión de los dos circuitos de agua fría que anteriormente estaban separados y se implementó un sistema común de control para todas las máquinas enfriadoras. Con esta actuación también se reforzó la fiabilidad del sistema que proporciona agua fría. Finalmente, se consiguió garantizar las condiciones necesarias en los periodos en que la producción está parada haciendo funcionar 14 climatizadores de un total de 78, que son necesarios para el acondicionamiento cuando los procesos productivos están en marcha. De igual manera, se instalaron variadores de frecuencia en los circuitos de los climatizadores.

Referente a la instalación del sistema de aire comprimido, se ha separado del resto el circuito que alimenta la instalación de agua purificada y ahora funciona con un nuevo compresor de capacidad menor. De esta forma, la instalación de aire comprimido, dimensionada para los procesos de empaquetado, deja de funcionar los días no laborales. Además, se hizo una revisión de las consignas de presión.

Por otro lado, se definieron unos protocolos para asegurar que se apagan los equipos y sistemas prescindibles durante los fines de semana. Aquí se incluyen los equipos de climatización e iluminación de las oficinas.

De la misma forma, la formación y participación de los colaboradores de *Novartis* sigue siendo una pieza clave en la mejora de sus sistemas e indicadores. Sin duda la sensibilización en materia de reducción de consumo energético también ha hecho de palanca de cambio en el proceso de mejora de uso de la energía consumida. Por ello durante el 2007 se realizó una campaña de sensibilización de ahorro energético para ahorrar energía y utilizarla de forma eficiente e inteligente, todavía hoy vigente.

A través de los diferentes canales de comunicación se buscó la contribución de los empleados/consumidores a los objetivos estratégicos de ahorro en esta materia que tiene la planta de Barberà.

En un siguiente paso, con el objetivo de ahondar en la eficiencia energética, en 2009 se instaló un economizador en la salida de humos de cada generador de vapor de la sala de calderas. Este equipo, compuesto por tubos en acero inoxidable con aletas de aluminio, se utiliza para calentar el agua de alimentación de la caldera mediante el calor recuperado de los gases de combustión del generador de vapor.



**Figura 25.6. Campaña de difusión interna para un uso más racional de la energía.**

*Fuente: Novartis.*

## 2. Resultados

Para poder evaluar los efectos de las medidas de eficiencia implementadas con las importantes ampliaciones de las instalaciones de la fábrica, se ha introducido una extrapolación del consumo anterior comparándolo con las nuevas condiciones.

El objetivo que se planteó en el año 2006 fue conseguir una reducción de 7,5% del consumo energético, equivalentes a 22.398.087 kWh, habiéndose superado con creces ese objetivo, como puede verse en la siguiente tabla:

Año	Consumo eléctrico kWh	Consumo de gas kWh	Consumo real total kWh	Consumo referente a las condiciones del 2009 kWh	Consecución de objetivos
2006	13.141.230,1	7.701.747,7	20.842.977,9	24.214.146,5	
2007	11.489.661,4	8.029.089,2	19.518.750,6	22.561.186,0	-6,83%
2008	12.143.180,5	8.898.657,3	21.041.837,8	21.041.837,8	-13,10%
2009	12.763.513,2	8.946.263,2	21.709.776,5	21.709.776,5	-10,34%

**Tabla 25.1. Consumos energéticos de la planta de Barberà.**

*Fuente: Novartis.*

En los años 2008 y 2009 el ahorro energético en la planta de producción de Barberà del Vallès superó el 10%.

Por otro lado, a partir de la instalación del economizador, se ha registrado una reducción del consumo de gas de 907.500 kWh/año, un 12% menos. Esta última medida ha supuesto una inversión de 75.000 € y cuenta con un período de retorno de inversión de 2,7 años.



## CASO 26



# Tau Cerámica

## *Fabricación de baldosas cerámicas Castellón de la Plana*

<b>Sector</b> Industria cerámica	<b>Actividad</b> Fabricación de baldosas	<b>Tipo de actuación</b> Instalación de cogeneración
<b>Ahorro energético</b> 43.006.000 kWh/año	<b>Inversión</b> 6.500.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 5,7 años

*Tau Cerámica* (Taullell, S. A.) es una empresa afincada en Castellón cuya actividad se centra en la fabricación y comercialización de baldosas cerámicas en sus múltiples variedades y formatos.



Figura 26.1. Vista general de la fábrica de porcelánico de Tau.

Fuente: *Tau Cerámica*.



La filosofía de *Tau* está basada en la mejora continua tanto de la calidad del producto como del proceso productivo, lo que le hace ser muy competitiva tanto a nivel nacional como internacional.

## 1. Instalaciones

El proceso de fabricación de baldosas cerámicas se desarrolla en una serie de etapas sucesivas, que pueden resumirse del modo siguiente:

- Preparación de las materias primas: recepción, molturado y atomizado.
- Conformación y secado en crudo de la pieza: prensado y secado.
- Esmaltado.
- Cocción o cocciones, con o sin esmaltado.
- Tratamientos adicionales.
- Clasificación y embalaje.

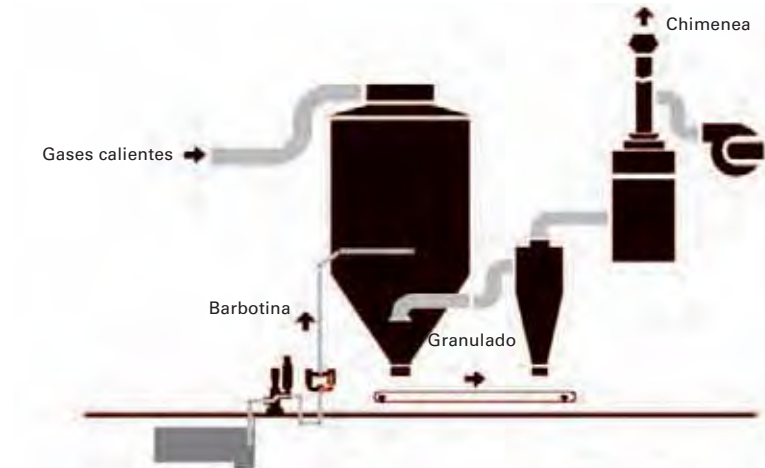
### Proceso de fabricación de baldosas cerámicas



**Figura 26.2. Detalle de etapas de tratamiento de materias primas y conformación en seco.**

*Fuente: Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos.*

El procedimiento que se ha impuesto totalmente en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos es la tecnología de la monococción en horno de rodillos, unida al proceso de atomizado y la implantación de las prensas hidráulicas automáticas.



**Figura 26.3. Proceso de secado y granulación del polvo atomizado.**

*Fuente: Instituto de Tecnología Cerámica.*

Las fases más destacables en cuanto al uso de la energía son:

- Secado del granulado por atomización.
- Cogeneración.
- El secado de las pieza conformadas.
- Cocción.

### **1.1. Secado del granulado por atomización**

Una vez realizada la primera mezcla de los distintos componentes de la pasta cerámica, ésta se somete a un proceso de molturación. Como consecuencia de las importantes mejoras técnicas que supone el proceso de vía húmeda, con posterior secado de la suspensión resultante por atomización, es el dominante en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos por monococción.

Después de pasar las materias primas por el molino de bolas, de la suspensión resultante se le elimina una parte del agua que contiene hasta alcanzar el contenido en humedad necesario para cada proceso. El método más utilizado en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos es el secado por atomización.

La suspensión se pulveriza en finas gotas y entra en contacto con gases calientes para producir un material sólido granulado de bajo contenido en agua, denominado polvo atomizado.

Estos gases pueden provenir de un quemador convencional aire-gas natural o de los gases de escape de una turbina de cogeneración. Como este proceso requiere un aporte de calor muy alto y por lo tanto tiene un consumo energético elevado, *Tau* optó por la recuperación de gases de turbinas de cogeneración.

La implantación del proceso de secado por atomización para la obtención de la materia prima del soporte (polvo atomizado) conlleva unas importantes ventajas que favorecen el desarrollo de las posteriores etapas del proceso de fabricación. Una de las ventajas más importantes es la obtención de gránulos más o menos esféricos, huecos en su interior y muy uniformes, lo que confiere al polvo atomizado una elevada fluidez, facilitando las operaciones de llenado de los moldes de las presas y el prensado de piezas de gran formato.

El coste energético de este proceso de secado es muy elevado pero consigue aumentar la rentabilidad del mismo por el aprovechamiento del calor de los gases y la generación de electricidad mediante el proceso de cogeneración.

## **1.2. Cogeneración**

La cogeneración se define como el aprovechamiento conjunto de la producción de electricidad y de la energía térmica útil. Las ventajas más importantes de la cogeneración en el proceso de atomizado son:

1. El aprovechamiento del calor de los gases de escape de las turbinas de cogeneración en el atomizado, sustituyendo al quemador.
2. El ahorro económico para el usuario como consecuencia del menor coste de la electricidad auto consumida y del beneficio adicional por el vertido a la red eléctrica de la energía excedente.

*Tau* dispone de una planta de 9.990 kW<sub>e</sub>, constituida por dos turbinas de 4.995 kW<sub>e</sub> cada una. La primera turbina se puso en marcha en 1998 y la segunda en 2005.

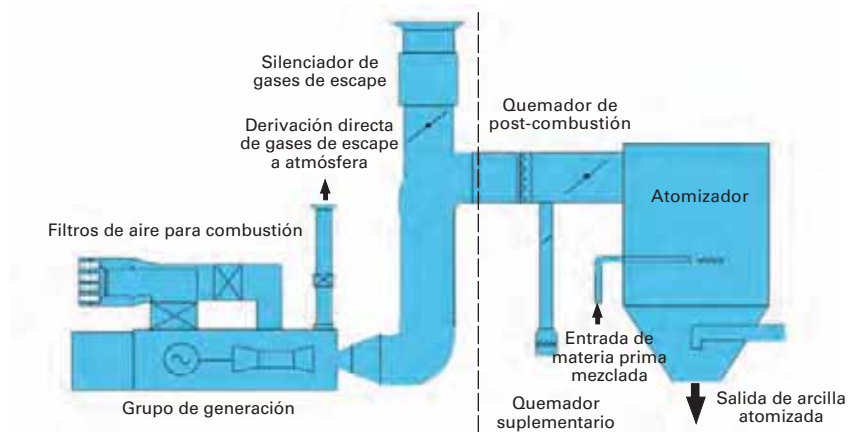
Además produce un beneficio global en:

3. Ahorro en energía primaria para el país.
4. Disminución de la contaminación global por CO<sub>2</sub> en la combustión de gas natural en el sistema combinado atomizado + electricidad frente al calentamiento de aire en un quemador.



**Figura 26.4. Turbina en proceso de montaje en el circuito de cogeneración.**

*Fuente: Tau Cerámica.*



**Figura 26.5. Turbina: atomizador y postquemador.**

*Fuente: Ingeniería y Equipos para Cogeneración, S.L.*

### **1.3. Secado de piezas conformadas**

La pieza cerámica una vez conformada se somete a una etapa de secado con el fin de reducir el contenido en humedad de las piezas tras su conformado hasta niveles lo suficientemente bajos (0,2-0,5%) para que las fases de cocción y, en su caso, esmaltado se desarrollen adecuadamente. En los secaderos que normalmente se utilizan en la industria cerámica, el calor se transmite mayoritariamente por convección, desde gases calientes a la superficie de la pieza, participando ligeramente el mecanismo de radiación desde dichos gases y desde las paredes del secadero a dicha superficie.

El aire que se utiliza debe ser seco y caliente, pues se utiliza no sólo para eliminar el agua procedente del sólido sino también para suministrar la energía en forma de calor que necesita esa agua para evaporarse.

Actualmente el secado de las piezas se realiza en secaderos de tipo vertical u horizontal. Tras el conformado de las piezas, éstas se introducen en el interior del secadero, en donde se ponen en contacto en contracorriente con gases calientes. Estos gases calientes son aportados por un quemador aire-gas natural, por los gases de combustión provenientes de la cogeneración o por gases calientes procedentes de la chimenea de enfriamiento del horno. El principal mecanismo de transmisión de calor entre el aire y las piezas es el de convección.

En los secaderos verticales las piezas se colocan en planos metálicos, formando entre varios planos diferentes unidades denominadas habitualmente “cestones”. El conjunto de cestones se mueve por el interior del secadero verticalmente, entrando el conjunto cestón-pieza en contacto con los gases calientes. Normalmente la temperatura en este tipo de secaderos es inferior a 200 °C y los ciclos de secado suelen estar entre los 35 y los 50 minutos.

La concepción de los secaderos horizontales es del tipo horno monoestrato de rodillos. Las piezas se introducen en diversos planos en el interior del secadero y se mueven horizontalmente en su interior por encima de los rodillos. El aire caliente que entra en contacto en contracorriente con las piezas es aportado por quemadores situados en los laterales del horno. La temperatura máxima en este tipo de instalaciones suele ser mayor que en el caso de los secaderos verticales (alrededor de los 350 °C) y los ciclos de secado son menores, entre 15 y 25 minutos.

En general los secaderos horizontales tienen un consumo menor que los verticales, debido a la mejor disposición de las piezas dentro del secadero y a la menor masa térmica. La emisión resultante de la operación de secado es una corriente de gases a una temperatura de 110 °C y con muy baja concentración de partículas en suspensión arrastradas de la superficie de las piezas por esta corriente.



**Figura 26.6. Prensa hidráulica automática.**  
*Fuente: Tau Cerámica.*

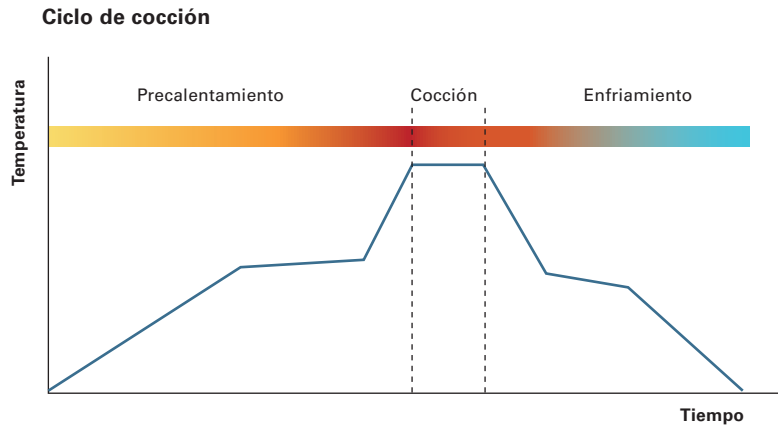


**Figura 26.7. Salida de gases del secadero vertical.**  
*Fuente: Tau Cerámica.*

## 1.4. Cocción de las piezas

La cocción de los productos cerámicos es una de las etapas más importantes del proceso de fabricación, ya que de ella dependen gran parte de las características del producto cerámico: resistencia mecánica, estabilidad dimensional, resistencia a los agentes químicos, facilidad de limpieza, resistencia al fuego, etc.

Las variables fundamentales a considerar en la etapa de cocción son el ciclo térmico (temperatura-tiempo, figura 26.8) y la atmósfera del horno, que deben adaptarse a cada composición y tecnología de fabricación, dependiendo del producto cerámico que se desee obtener.



**Figura 26.8. Ciclo típico de cocción de baldosas cerámicas de revestimiento poroso.**  
*Fuente: Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos.*

La operación de cocción consiste en someter las piezas a un ciclo térmico durante el cual tienen lugar una serie de reacciones que provocan cambios en la microestructura de la pieza y que les confieren las propiedades finales deseadas.



**Figura 26.9. Horno monoestrato de rodillos.**  
*Fuente: Tau Cerámica.*

Actualmente predomina la cocción rápida, que se realiza en hornos monoestrato de rodillos, lo que ha permitido reducir extraordinariamente la duración de los ciclos de cocción hasta tiempos inferiores a los 40 minutos debido a la mejora de los coeficientes de transmisión de calor de las piezas y a la uniformidad y flexibilidad de los mismos.

En los hornos monoestrato, las piezas se mueven por encima de los rodillos y el calor necesario para su cocción es aportado por quemadores aire-gas natural, situados en las paredes del horno. Los mecanismos principales de transmisión de calor presentes durante este proceso son la convección y la radiación.

Al tratarse de hornos no muflados, el contacto de los gases con el producto es directo, lo cual mejora los coeficientes de transporte de calor, disminuyendo la duración del ciclo de cocción, reduciendo el consumo energético y aumentando la flexibilidad de estos hornos respecto a los anteriormente empleados para este proceso.

Los gases calientes resultantes de la operación de cocción se emiten a la atmósfera por dos focos emisores. Por una parte, los humos procedentes de la zona de precalentamiento y cocción se emiten al exterior por una chimenea que se encuentra a la entrada del horno, y por otra parte los humos de la zona de enfriamiento se emiten por una chimenea que se encuentra a la salida del horno.

Los humos procedentes del proceso de precalentamiento y cocción se componen principalmente de sustancias procedentes de la combustión y compuestos gaseosos de carácter contaminante procedentes de la descomposición de las materias primas y partículas de polvo en suspensión. En cuanto a los humos de la etapa de enfriamiento, se trata de aire caliente, pudiendo contener partículas de polvo.

## **2. Resultados**

Las mejoras en eficiencia energética van a ser fruto de los métodos de fabricación de la industria cerámica. Además de los apuntados en este texto, el reto del sector es el aprovechamiento máximo de los sumideros de energía, como son las chimeneas del atomizador o turbina, secaderos y hornos.

Las energías térmicas de los gases de combustión, en mayor medida la de los hornos con temperatura de 200-220 °C, se deberán utilizar en economizar el proceso de combustión en secaderos y en mantener la temperatura de piezas esmaltadas en los parques de pulmón. Los humos de salida del atomizador, muy cargados de agua pero



con temperatura baja (90-110 °C) son el mayor reto tecnológico al que se enfrenta el proceso de cerámica por:

- Aprovechar la energía térmica de esa enorme cantidad de gases.
- Recuperar parte del agua que contienen para su utilización de nuevo en el proceso industrial.

La situación previa que se daba en el proceso de atomización antes de la instalación de la cogeneración requería los siguientes consumos:

<b>ATOMIZADOR (sin cogeneración)</b>	
Producción total de atomizado	217.696 t/año
Consumo de gas	116.514 MWh/año
Coste de gas	3.076.690 €/año
Otros costes y amortizaciones	125.000 €/año
Costes TOTALES	3.201.690 €/año
Coste del atomizado	14,71 €/t

**Tabla 26.1. Características del funcionamiento sin cogeneración.**

*Fuente: Tau Cerámica.*

Con la implantación de la cogeneración y la recuperación de sus gases de escape y postcombustión, los consumos y resultados económicos que se obtuvieron fueron:

ATOMIZADOR (con cogeneración)	Energías	Coste €/año
Consumo de gas MWh/año	236.531 MWh/año	6.245.273 €/año
Otros costes y amortizaciones		1.100.000 €/año
	<b>TOTAL COSTES</b>	<b>7.345.273 €/año</b>
Electricidad entregada a red	27.958 MWh/año	2.521.763 €/año
Electricidad entregada a fábrica	29.470 MWh/año	2.946.985 €/año
Electricidad comprada a red	2.491 MWh/año	-189.534 €/año
	<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>5.279.215 €/año</b>
	<b>MARGEN FINAL</b>	<b>2.066.058 €/año</b>
	Producción total de atomizado	217.696 t/año
	Coste del atomizado	9,49 €/t

**Tabla 26.2. Características del funcionamiento con cogeneración.**

*Fuente: Tau Cerámica.*

Esta instalación de cogeneración ha producido un ahorro energético sustancial, que se ha trasladado a la obtención de un margen de ahorro de 5,22 €/t que, para la producción total de atomizado, representan un ahorro equivalente a 43.006 MWh/año de consumo de gas natural y una reducción de coste de unos 1.136.000 €/año, valor que ha permitido recuperar la inversión de 6.500.000 € de la cogeneración en 5,7 años.

---

*Fuente de información:* Joaquín Cabedo, Taulell S.A.

---





# IX. Transporte y logística

**CASO 27** Ferrocarrils de la Generalitat  
(Barcelona)

**CASO 28** Maersk España (Algeciras, Cádiz)

**CASO 29** Bicing (Barcelona)





# Ferrocarrils de la Generalitat

## *Transporte público*

### Barcelona

<b>Sector</b> Transporte	<b>Actividad</b> Ferroviaria	<b>Tipo de actuación</b> Renovación de instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 1.890.000 kWh/año	<b>Inversión</b> 1.122.390 €	<b>Retorno de la inversión</b> 5,2 años

*Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya* (FGC en adelante) es heredera de diferentes empresas de larga tradición ferroviaria. Se creó el 5 de septiembre de 1979 y se constituyó formalmente unos meses después, el 20 de diciembre de 1979, convirtiéndose así en la primera empresa pública de la Generalitat de Catalunya.

La perspectiva histórica de más de 30 años en operación ha servido para dar valor a todos los elementos que han protagonizado la evolución de *FGC* y que han permitido adecuar las instalaciones, los equipamientos, las estaciones y el material móvil a las necesidades de los clientes y a los nuevos requerimientos del transporte público (Fig. 27.1).



Figura 27.1. Imágenes del nuevo centro de control (izquierda) y de los trenes y estaciones de FGC (derecha).

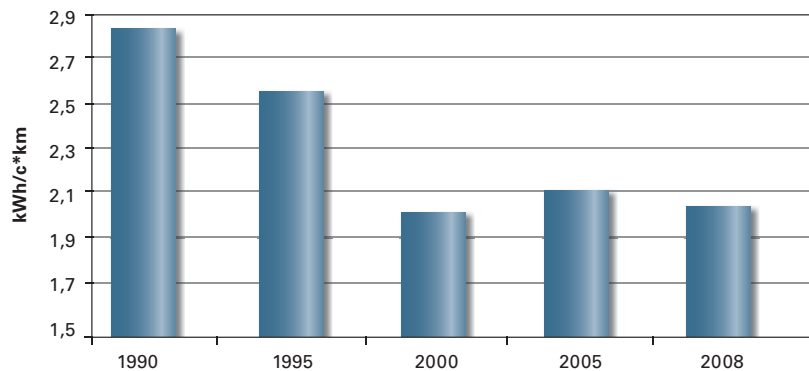
Fuente: FGC.

## 1. Descripción de la situación inicial

En las empresas ferroviarias, y *FGC* no es una excepción, la factura energética es la segunda más importante después de la del personal. La liberalización de la energía ha permitido mantener y hasta reducir el coste unitario de la energía, pero la falta de un precio de referencia, la presión de la demanda y el aumento de los precios del crudo en los últimos años, ha provocado que el modelo de contención de los gastos de la energía basado únicamente en la mejora de su precio de adquisición ya no sea suficiente.

Se hace, por tanto, necesario aplicar otros modelos de actuación que, sin olvidar las posibilidades de conseguir un buen precio, hagan un énfasis especial en el ahorro y en la eficiencia energética.

Esta sensibilidad por la eficiencia energética ha existido siempre en *FGC* y así, por ejemplo, la renovación del parque de material rodante por unidades de mayor potencia instalada, pero más eficientes al poder enviar energía a la catenaria durante la fase de frenado, le ha permitido reducir en un 25% el consumo específico (en kWh/c·km) de dichas unidades durante la década de 1990 a 2000, tal y como muestra la figura 27.2.

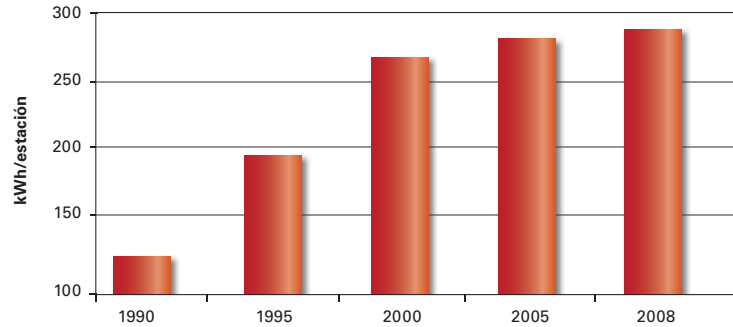


**Figura 27.2. Evolución del consumo específico del parque de material.**

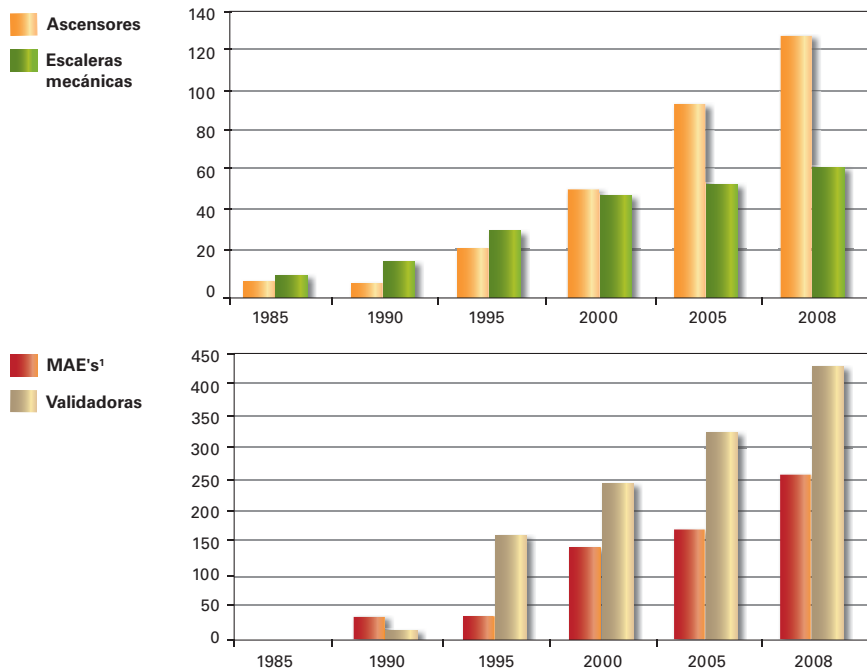
*Fuente: Josep Lluís Arques. FGC.*

En las estaciones, aunque también se han aplicado numerosas medidas, el consumo medio por estación no ha dejado de aumentar hasta duplicarse durante el mismo periodo

(Fig. 27.3), lo cual ha sido debido, fundamentalmente, al incremento y complejidad de las instalaciones necesarias para mejorar la movilidad de los clientes, la venta automática de billetes, el control de los accesos y su seguridad entre otros (Fig. 27.4).



**Figura 27.3. Evaluación del consumo anual medio de energía por estación.**  
Fuente: Josep Lluís Arques. FGC.



**Figura 27.4. Evolución del número de equipos existentes en las estaciones.**  
Fuente: Josep Lluís Arques. FGC.

<sup>1</sup> Máquinas automáticas de expedición de billetes.



Se hacía necesario, por tanto, impulsar nuevas políticas que ahondaran en la reducción global del consumo de la energía y no de forma local o aislada, sino mediante un plan global de mejora de la eficiencia energética.

## **2. Mejoras implementadas**

### **2.1. Actuaciones en el material móvil**

La reducción del consumo de energía destinada a la tracción del material, mediante la renovación del parque más antiguo por material nuevo más eficiente, es un modelo cuyo ciclo es largo (los 30 ó 40 años que dura cada serie de material) y, por tanto, no es de aplicación ni de resultados inmediatos.

Sin embargo, *FGC*, como cualquier otro ferrocarril suburbano, tiene un parque de material que está dimensionado para dar servicio con preferencia en las horas punta; quiere esto decir que en las horas valle existe un material sobrante que no presta servicio, lo cual se aprovecha para efectuar la revisión de algunas unidades mientras que el resto se estaciona en diferentes puntos de la línea, y aun cuando este material estacionado debería estar desconectado, no siempre lo está, por diversas razones. La posibilidad de incorporar al material dispositivos que automáticamente cierren las puertas en el caso de estar abiertas y desconecten los equipos de alumbrado y de climatización cuando la unidad esté estacionada un tiempo determinado, parece de gran utilidad para reducir un consumo de energía que no tiene ninguna utilidad para el cliente.

Otro hecho a considerar es que, desde el punto de vista energético, el equipo de tracción de las unidades se comporta como una caja negra, pues se tiene constancia del estado de su funcionamiento o de su avería, pero no se dispone de información para saber si cuando funciona lo hace de modo energéticamente eficiente. En estas condiciones se planteó estudiar si la evolución de la energía consumida y de la energía regenerada en cada unidad, y su comparación con el resto de unidades, podía servir para diagnosticar la eficiencia del equipo de tracción de la unidad durante su funcionamiento. Este análisis de los consumos también serviría como predictor de posibles fallos de ciertos componentes del sistema de tracción.

En el 2006 se instaló un primer dispositivo en una unidad de tres coches (dos de ellos motorizados con motores de continua y equipos *chopper*) y después de un periodo de prueba y validación se extendió a la totalidad de la serie a lo largo de 2007. En

2008, se adoptó y mejoró el dispositivo para las unidades más modernas de cuatro coches (tres coches motorizados con motores trifásicos asíncronos y onduladores directos de tensión). Actualmente, están en curso de instalación dichos equipos para nuevas unidades, con lo que a final del año 2010 *FGC* tendrá equipado con este dispositivo aproximadamente el 40% de su parque.

## 2.2. Actuaciones en las estaciones y dependencias

Las acciones realizadas hasta la fecha en las estaciones y dependencias han consistido, principalmente, en instalar equipos de corrección del factor de potencia (energía reactiva), difusores de alto rendimiento, cebadores electrónicos en fluorescentes e iluminación de bajo consumo en exteriores, así como generalizar dispositivos de encendido y apagado accionables a distancia y automáticamente.

También se ha favorecido la instalación de ascensores electromecánicos frente a los ascensores hidráulicos por su menor consumo, así como la renovación de las antiguas escaleras mecánicas de funcionamiento continuo por nuevas escaleras con arranque automático a dos velocidades, más eficientes.

Sin embargo, la diversidad y el número de equipamientos e instalaciones en las estaciones es tan grande que se hace necesario conocer cuál es su impacto en el consumo global de cada estación y concretar las medidas que faciliten su reducción, sin olvidar la rentabilidad de las mismas. Por ello, en 2008 se realizó un estudio de la eficiencia energética de dos estaciones tipo (una, exterior y la otra, subterránea) con el objetivo de establecer los criterios y los materiales a instalar en las mismas para tener un consumo de energía más eficiente y que sirviera tanto para el diseño de las nuevas estaciones como para la adecuación de las existentes.

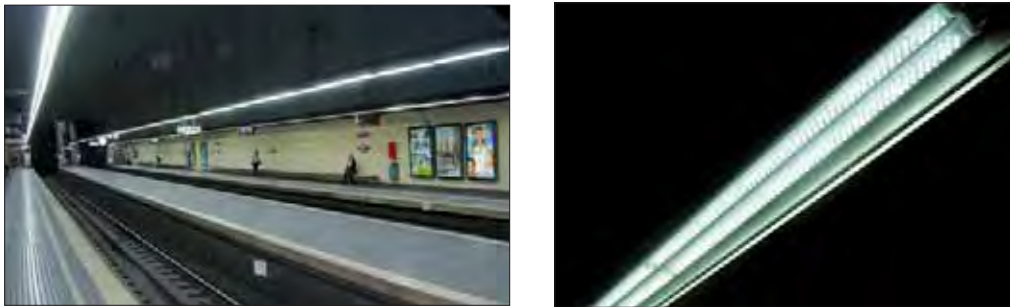


Figura 275. Imágenes de tubos de *light-Emitting Diode* (leds) en una estación.

*Fuente: FGC.*

Una de las iniciativas recogidas en este estudio fue la posibilidad de sustituir los fluorescentes convencionales por un conjunto de leds de alta luminiscencia instalados en un tubo de idéntico tamaño, lo que facilita su sustitución (Fig. 27.5). Otra fue la instalación de estabilizadores-reductores de tensión en el sistema de alumbrado con lámparas de vapor de sodio.

Los tubos de leds llevan funcionando en los vestíbulos de dos estaciones el tiempo suficiente para constatar unos resultados totalmente satisfactorios, no sólo en consumo sino en valores de eficiencia energética (VEEI) dada la menor potencia instalada en relación a la situación precedente. Por su parte, en 2007 se probó el primer estabilizador-reductor de tensión en el taller de Rubí, con resultado satisfactorio, que se ha ido extendiendo a otras dependencias posteriormente.

Asimismo, y como complemento a todo lo anterior, *FGC* realizó en 2008 y 2009 auditorías energéticas en aquellas estaciones y dependencias cuyo consumo es superior a los 200.000 kWh/año, tomándose este criterio del Programa de Ahorro y Eficiencia Energética del Govern de la Generalitat de Catalunya de julio de 2007. Estas auditorías confirman que la iluminación es la parte más importante del consumo de las estaciones y confirman, asimismo, la rentabilidad de los tubos de leds como sustitutivos de los tubos fluorescentes.

No menos importante ha sido también la instalación en las estaciones anteriores durante el año 2009 de un sistema de telemedida, pues permitirá iniciar un proceso de evaluación y mejora de las curvas de consumo de cada una de ellas.

No obstante, la máxima eficiencia sólo se conseguirá si el diseño de la estación es el estrictamente necesario para el volumen de viajeros que accederán a la misma; por ello, paralelamente, se inició en el año 2009 un trabajo interno para determinar la tipología de estación estrictamente imprescindible para dar el servicio necesario al volumen previsto de viajeros, ya que, por ejemplo, la decisión de construir uno o más andenes y uno o más accesos con sus correspondientes vestíbulos, influirá en el número de equipamientos e instalaciones y, en definitiva, en el consumo de energía de la estación una vez en servicio.

También fue motivo de actuación el nuevo edificio corporativo de *FGC*. Tanto su configuración arquitectónica y la calidad de los materiales constructivos utilizados, como el sistema de gestión y control (automático y totalmente parametrizable), cuyo diseño contó con la colaboración del Institut Català de l'Energia (ICAEN).

### 3. Resultados

Con la implantación de las mejoras anteriormente descritas, el ahorro anual global de energía se sitúa actualmente en los 1,89 GWh/año de los 2,26 GWh/año previstos, lo que representa una reducción de 755 toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

#### 3.1. Actuaciones en el material móvil

Los valores obtenidos hasta la fecha con las unidades de tracción UT-111 permiten confirmar que el consumo horario de una unidad estacionada, con el dispositivo de ahorro de energía activado, es un tercio del consumo de dicha unidad estacionada sin el dispositivo de ahorro o si éste está inactivo. El ahorro de energía directamente obtenido es superior al 3,6% en relación a la energía consumida en pantógrafos y con posibilidades de alcanzar el 6%; asimismo, se ha observado que la instalación de estos dispositivos ha incentivado la desconexión de las unidades estacionadas, siendo el ahorro total del 8,8% en relación de la energía consumida en pantógrafos.

Este dispositivo permite, además, conocer con detalle y para cada coche el consumo de sus equipos auxiliares, de los motores de tracción así como la energía generada por éstos durante el freno y enviada a la red o consumida en las resistencias, lo que es de extraordinario interés para establecer balances globales de energía o para analizar el comportamiento de cada elemento del sistema de tracción (Fig. 27.6). En este sentido, los resultados obtenidos hasta ahora en la línea Barcelona-Vallès indican que el envío de energía a la red (catenaria) durante la fase de frenado de las unidades permite reducir en un 30% el consumo de energía de la red exterior, lo que supone una elevada eficiencia del sistema.



Figura 27.6. Monitorización de los consumos de las unidades de tren.

Fuente: Josep Lluís Arques. FGC.

Sobre las posibilidades de actuar este sistema como predictor de averías, todavía es pronto para llegar a conclusiones; no obstante, se observa que los consumos específicos medios mensuales de las distintas unidades muestran una elevada dispersión y que ésta diferencia permanece cuando se comparan los valores mensuales de unidades con valores extremos (Fig. 27.7), aunque por el momento no podemos confirmar si esta dispersión es la natural del equipo de tracción o si se debe al diferente estado de algún componente determinado.

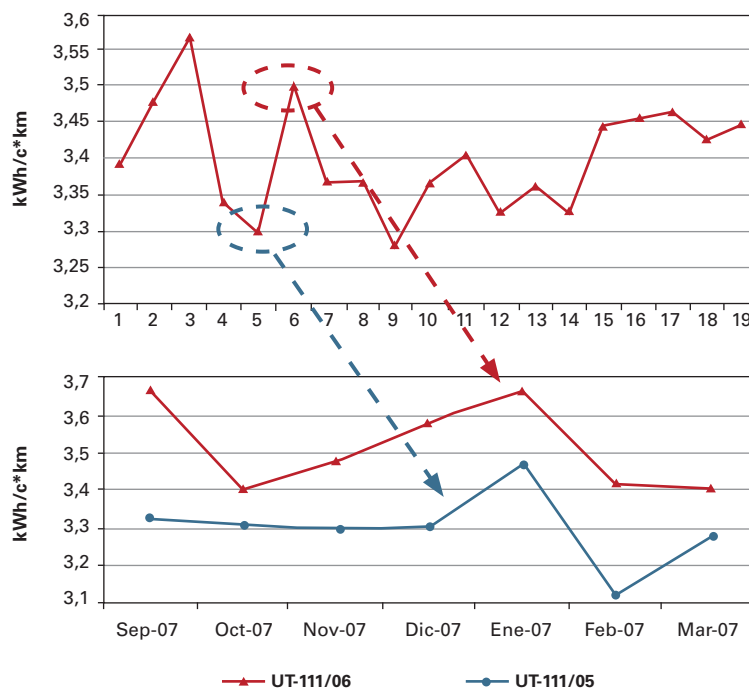


Figura 27.7. Diferencia de consumo de energía de tracción en diferentes unidades de tracción.

Fuente: Josep Lluís Arques. FGC.

### 3.2. Actuaciones en las estaciones y dependencias

En 2007 se realizó la primera instalación de un sistema estabilizador-reductor de tensión en el sistema de alumbrado con lámparas de vapor de sodio en el taller general de Rubí. Los resultados confirmaron la reducción del 36% de consumo, por lo que en 2009 se instalaron estos mismos dispositivos en otras dependencias cuyo consumo global es de 1.260.000 kWh/año, lo que supone un ahorro anual total de 600.000 kWh.

Por otro lado, la sustitución de fluorescentes por tubos de leds en el vestíbulo de la estación de Muntaner ha permitido reducir el VEEI<sup>1</sup> de 10,1 a 5,1, valor éste inferior al máximo permitido por el Código Técnico de Edificación. Este valor se determina en W/m<sup>2</sup> por cada 100 lux, mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Siendo P la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares [W];  
S la superficie iluminada [m<sup>2</sup>];  
E<sub>m</sub> la iluminancia media horizontal mantenida [lux]

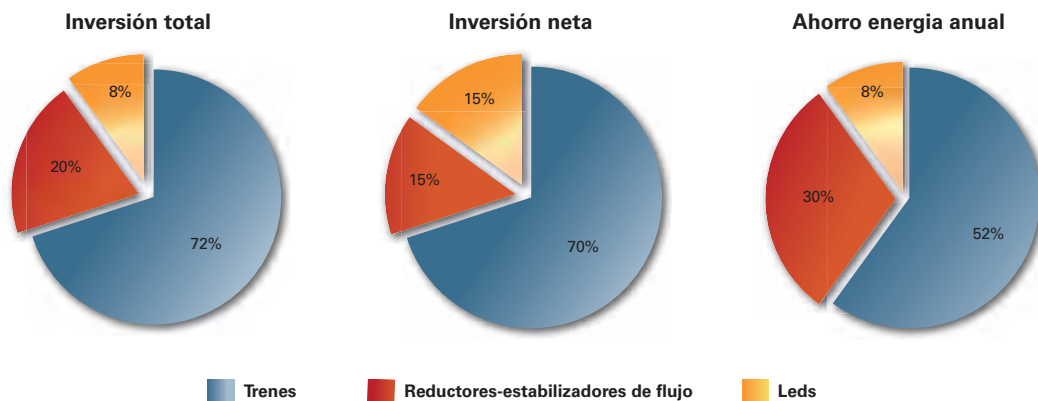
Posteriormente, la sustitución de la totalidad de los tubos fluorescentes en dicha estación ha permitido reducir el consumo anual equivalente en dicha estación en 116.000 kWh/año, lo que representa el 25% del consumo total de la misma. Asociada a esta intervención, también se producirá una reducción en el número de horas y de materiales en mantenimiento dada la mayor duración de vida estimada de los nuevos tubos de *leds* en relación a los tubos fluorescentes actuales. Una segunda estación se halla recientemente equipada con tubos de leds con un ahorro anual de 107.000 kWh.

### 3.3. Resultados económicos

La rentabilidad media de las inversiones realizadas en los proyectos anteriormente descritos da un tiempo de retorno simple de 5,2 años, oscilando entre un mínimo de 1,8 años para el proyecto de leds hasta un máximo de 7,7 años para el proyecto del material rodante. Si consideramos la subvención obtenida, el este tiempo de retorno global mejora notablemente, alcanzando un valor de 3,9 años frente a los 5,2 años del cálculo anterior.

Como complemento, en la figura 27.8 se han representado las inversiones global y neta (global menos la subvención) realizadas junto con el ahorro energético conseguido hasta el momento. En esta comparación directa se desprende que el proyecto que ofrece un mayor ahorro de energía en relación a su inversión asociada es el de reductores-estabilizadores de flujo, mientras que el proyecto del material rodante ofrece, por el momento, un ahorro menor.

<sup>1</sup> Valor de Eficiencia Energética en una instalación de iluminación. Definido en el Código Técnico de la Edificación.



**Figura 27.8. Comparación entre la inversión realizada y el ahorro energético obtenido.**

*Fuente: Josep Lluís Arques. FGC.*

---

*Fuente de información:* Artículo cedido por Josep Lluís Arques, Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya.

---



# Maersk España

## *Terminal de contenedores* Algeciras (Cádiz)

<b>Sector</b> Transporte	<b>Actividad</b> Logística portuaria	<b>Tipo de actuación</b> Ampliación de instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 2.081.770 kWh/año	<b>Inversión</b> 902.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> 4,5 años

El grupo danés *A. P. Moller-Maersk*, fundado en 1904, cuenta con una amplia experiencia internacional, ocupando el primer lugar en el ranking mundial del transporte de mercancías en contenedores. *Maersk line*, empresa que representa a la compañía en el transporte marítimo a nivel mundial, inició su actividad en España en 1984, cuando la empresa *Maersk España, S.A.* estableció sus primeras oficinas comerciales en Valencia, Algeciras, Barcelona, Madrid y Bilbao, abriendo con posterioridad otras en Sevilla, Vigo y Las Palmas.

La apuesta de *Maersk line* por el Puerto de Algeciras estuvo basada principalmente en las condiciones naturales y geoestratégicas que la bahía y el Campo de Gibraltar poseían para el comercio nacional e internacional. Esta zona, que desde tiempos inmemoriales fue utilizada como punto de intercambio comercial, ha visto incrementada su actividad en los últimos años debido al desarrollo del transporte intercontinental.

Tras una profunda reorganización en toda la estructura de líneas marítimas de la compañía, se decidió convertir al Puerto de Algeciras en el centro neurálgico de operaciones, donde la mayoría de las líneas de navegación iban a converger, teniendo como objetivo principal conseguir un punto de trasbordo de los contenedores transportados por todos los buques. Esta decisión formaba parte de un amplio y complejo estudio estratégico, encaminado a conseguir la máxima flexibilidad en las líneas de navegación y, por ende, una mayor rentabilidad de la flota a nivel mundial.

En marzo de 1986 el *Grupo A. P. Moller Maersk* comenzó a operar en la Terminal de Contenedores de Algeciras, gestionada por la empresa *Maersk España, S.A.*,



perteneciente al mismo grupo, con una extensión de 45.000 m<sup>2</sup>. Sucesivas ampliaciones en 1988, 1992, 1995 y finalmente 2002, han elevado la superficie de la terminal a 598.578 m<sup>2</sup>, convirtiéndola en una de las terminales de contenedores más modernas y sofisticadas del mundo. Además, por su estratégica situación, por donde confluyen muchas de las mejores líneas comerciales, se ha convertido en un punto de conexión clave para el comercio por todo el mundo.

A esto hay que añadir que, mediante el desarrollo y uso de las últimas tecnologías y con un motivado y cualificado equipo de operaciones, la terminal de Algeciras se ha convertido en una de la más eficientes del mundo, realizando hasta 3,5 millones de movimientos por año, sin dejar de lado una de las aspiraciones y señas de identidad del grupo al que pertenece: perseguir el crecimiento sostenible mediante la adquisición de maquinaria y equipos eficientes.

En los últimos años, el volumen de tráfico marítimo de contenedores ha experimentado un gran crecimiento a nivel mundial. Cada año se realizan más de 200 millones de desplazamientos de contenedores entre los puertos del mundo. Por esto, las grúas portuarias que ejecutan el movimiento de contenedores son unas piezas clave en las operaciones portuarias. Asimismo, son elementos susceptibles de mejora en la eficiencia energética.

En cuanto al sistema de trabajo, antes de que un buque atraque en el muelle, se planifica toda la descarga y carga de contenedores y se le asigna el número de *manos* de trabajadores portuarios (entre una y cinco) que van a operar en el mismo. Una *mano* está formada aproximadamente por una grúa de muelle, tres grúas de patio, ocho camiones y un capataz; estos equipos suelen ser manipulados por un total aproximado de 21 trabajadores.

## 1. Instalaciones

Las grúas de patio son de tipo *RTG* (*Rubber-Tired Gantry Crane* o *transtainer*), que es una grúa de pórtico sobre neumáticos, usada principalmente para operaciones de apilado de los contenedores. La grúa se acciona por un grupo electrógeno alimentado con gasóleo, que permite manipular contenedores de hasta 50 toneladas. *APM Terminals Algeciras* tiene más de 60 grúas de patio de tipo RTG, lo que la convierte en la terminal del mar Mediterráneo con mayor número de este tipo de maquinaria.

El año 2004 *APM Terminals* y *Siemens* hicieron una apuesta conjunta de desarrollo de una grúa tipo RTG energéticamente eficiente. Inicialmente, se realizó la conversión de

una grúa existente cambiando su grupo generador, a partir de una tecnología desarrollada por Siemens para otro tipo de vehículos híbridos. En el año 2005 en Algeciras se desarrolló el prototipo del modelo ("Eco-RTG"). A partir de esta experiencia de I+D+i, pionera a nivel mundial, se han ido implementando las nuevas grúas de tipo *Eco-RTG* en las instalaciones de *APM Terminals* en Algeciras.



**Figura 28.1. Grúa Eco Siemens Eco-RTG.**

*Fuente: APM terminals.*

La innovación realizada consiste en una gestión más eficiente de la potencia del motor, pues el generador diésel solo funciona cuando es necesario y siempre en las condiciones de trabajo más eficiente. El sistema eco consiste en la instalación de equipos reguladores del motor compuestos por un sistema electrónico de osciladores, que posibilita que los motores de las grúas trabajen por debajo de su régimen a una velocidad variable de giro, de hasta 500 r.p.m., considerablemente inferior al régimen de giro estándar de 1.500 r.p.m.

Por otro lado, incorporan los dispositivos de almacenamiento de energía, tales como bancos de supercondensadores, que pueden almacenar la energía liberada durante el descenso de los contenedores y reutilizarse para un uso posterior. En las grúas RTG estándar esta energía se disipa al ambiente mediante bancos de resistencias de frenado.



**Figura 28.2. Detalle del generador eléctrico del motor.**  
*Fuente: APM terminals.*



**Figura 28.3. Sistema de control que permite hacer la regulación del giro del motor.**  
*Fuente: APM terminals.*



**Figura 28.4. Batería de condensadores en prototipo de grúa Eco-RTG.**

*Fuente: APM terminals.*

## 2. Resultados

Una monitorización pormenorizada permitió contrastar los consumos de gasóleo de una grúa RTG estándar y una Eco-RTG y evaluar las mejoras obtenidas. La adaptación del régimen de giro del grupo generador diésel que alimenta las grúas, junto con la incorporación un sistema de aprovechamiento de la energía de frenado de la carga permiten una reducción del consumo de combustible, pasando de unos 19 litros a la hora a menos de 10 litros a la hora, un ahorro de un 48%.

Después del desarrollo del prototipo, en el Puerto de Algeciras *APM Terminals* instaló 24 grúas del tipo ECO-RTG, las últimas cuatro con el apoyo de la Agencia Andaluza de la Energía.

Entre las cuatro grúas incentivadas por la Agencia Andaluza de la Energía se estima un ahorro de 205.000 litros de gasóleo al año o 179 toneladas equivalentes de petróleo (tep) de energía primaria, lo que equivale a unos 2.081.770 kWh/año, y gracias a ello se prevé dejar de emitir al ambiente 558 t de CO<sub>2</sub> al año. La inversión necesaria para la instalación de las cuatro nuevas grúas ha sido de 4.714.480 €, de los cuales unos 902.000 € se pueden considerar relativos a la mejora de la eficiencia energética.

El periodo de retorno de la inversión, sin considerar los ahorros en mantenimiento derivados del funcionamiento más óptimo de los motores, se sitúa en unos 4,5 años.

Esta tecnología tiene un alto grado de replicabilidad en empresas con grúas puente y grúas pórtico, tanto a la hora de adquisición de nuevas unidades como en la actualización de las existentes.

---

*Fuente de información:* Diego González Solano, APM Terminals Algeciras. Agencia Andaluza de la Energía.

---

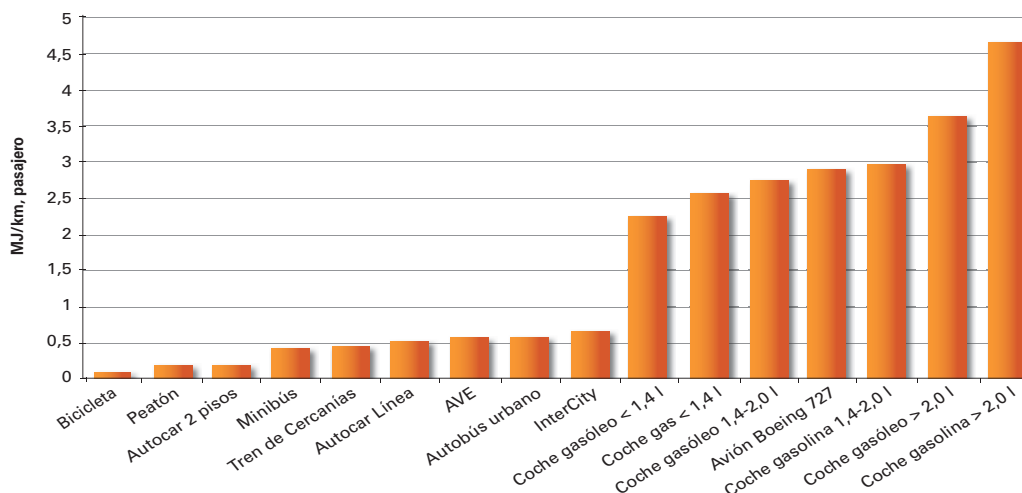


# Bicing

## Bicicletas públicas Barcelona

<b>Sector</b> Transporte	<b>Actividad</b> Alquiler de bicicletas	<b>Tipo de actuación</b> Nuevas instalaciones
<b>Ahorro energético<sup>1</sup></b> 1.165.895 kWh/año	<b>Inversión</b> No disponible	<b>Retorno de la inversión</b> No disponible

La bicicleta es uno de los medios de transporte más eficientes en cuanto a la energía necesaria para realizar el desplazamiento de las personas.



**Figura 29.1. Comparación del consumo de energía para diferentes medios de transporte.**

*Fuente: Associació per a la Promoció del Transport Públic.*

<sup>1</sup> La reducción hace referencia exclusivamente a la sustitución de la movilidad relativa al cambio modal de vehículo privado por *Bicing*.

En el ámbito urbano, la bicicleta es especialmente apta ya que, además de tener este menor consumo energético por pasajero, aporta sustanciales ventajas relacionadas con la reducción de la congestión de tráfico y, consecuentemente, de su contaminación atmosférica y acústica.

El sistema de bicicleta pública comprende, además de las bicicletas, los puestos de estacionamiento y el sistema de gestión, que cuando se trata de un gran número de vehículos y usuarios adquiere una importancia significativa para el buen funcionamiento. Desde mediados del 2007, en las ciudades españolas se vive un auténtico auge de este tipo de sistemas. La respuesta ciudadana ha sido muy positiva, así que el número de municipios que los adopta va aumentando continuamente. Según el *Estudio sobre el impacto de la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España*, del Bicicleta Club de Catalunya (BACC), en julio de 2009 más de 100 ciudades españolas contaban con este tipo de sistema, con una flota total que superaba las 16.500 bicicletas y las 1.115 estaciones.



**Figura 29.2. Estación de Bicing.**

*Fuente: Barcelona de Serveis Municipals, S.A.*

El objetivo de estos sistemas es incorporar la bicicleta como transporte público en los hábitos de movilidad dentro del ámbito urbano.

El sistema *Bicing*, aplicado en Barcelona a partir de marzo del 2007 por impulso del Ayuntamiento y gestionado por la empresa municipal *Barcelona Serveis Municipals* (BSM), fue pionero en España y, junto al *Vélib'* de París, el principal promotor de la gran ola de implementación de bicicleta pública en ciudades de Europa y EE.UU.

Con el sistema *Bicing*, se ha conseguido implantar un nuevo servicio de movilidad sostenible y saludable, integrado plenamente dentro del sistema de transporte de la ciudad. Precisamente, una de las estrategias fue la de integrar la bicicleta pública dentro de la red general de transporte, bien como el medio único de realizar el desplazamiento o bien como elemento complementario, a modo de *last-mile*, dentro de un sistema de intermodalidad con otros medios de transporte públicos o privados. Un efecto colateral positivo es que el uso extendido de la bicicleta pública también ha dado un impulso al uso de la bicicleta privada.

Desde el punto de vista energético, la gran aportación de los sistemas de bicicleta pública es su condición de transporte público urbano individual de bajo consumo, fundamentalmente de energía metabólica. Respecto a otros vectores ambientales, destaca la condición de no contaminante y no ruidoso.

Cabe resaltar también que la bicicleta, como un “nuevo jugador” de peso en el espacio viario, en ocasiones ha generado tensiones, sobre todo en la relación peatón-ciclista. Se ha visto la necesidad de un espacio exclusivo para bicicletas; a su vez, esto ha abierto vías para reflexionar sobre el espacio público urbano dedicado a la movilidad.

## 1. Instalaciones

La puesta en marcha del sistema ha sido progresiva. Se inauguró en marzo del 2007 con 14 estaciones y 200 bicicletas. Durante primeros meses se fueron añadiendo estaciones hasta llegar a 94, con 1.500 bicicletas en junio de ese mismo año. Un año más tarde ya se contaba con 394 estaciones y 6.000 vehículos. Hoy, el sistema cuenta con unas 420 estaciones.

Fase	Fecha	Nº estaciones	Nº bicicletas	Usuarios
1	jun-07	94	1.500	70.781
2	dic-07	200	3.000	102.146
3	jun-08	394	6.000	114.959
4	jun-09	420	6.000	156.480
Actualmente	jun-10	420	6.000	113.081

**Tabla 29.1. Fases de implantación del sistema Bicing.**

*Fuente: Barcelona de Serveis Municipals, S.A.*



Como uno de los objetivos principales es potenciar la intermodalidad entre la bicicleta y otros medios de transporte, como bici-metro, bici-tren o bici-ferrocarril, la red de estaciones atiende los puntos neurálgicos del sistema de transporte público: las estaciones de metro, ferrocarril y zonas importantes de generación o atracción de viajes, como ejes comerciales, centros de enseñanza, parques, playas y equipamientos deportivos, entre otros. La red de estaciones se ha diseñado de manera que se garantice el acceso a puntos de recogida y entrega de bicicletas a menos de 300 metros de distancia de estos lugares.

Al sistema *Bicing* se accede a través de una tarjeta de abono, nominal, unipersonal e intransferible. Esta tarjeta es el elemento que permite que el sistema reconozca al usuario y le facilite el vehículo.



**Figura 29.3. Reconocimiento del usuario para facilitar la bicicleta.**

*Fuente: Barcelona de Serveis Municipals, S.A.*



**Figura 29.4. Mapa de las estaciones de Bicing.**

*Fuente: Barcelona de Serveis Municipals, S.A.*

## 2. Resultados

Actualmente, el sistema cuenta con 113.081 usuarios. Este número llegó incluso a ser superior a 170.000 pero, pasado el efecto de la “novedad”, cuando se vio que muchos usuarios utilizaban poco o nada el sistema, se hizo una reducción con una previsible estabilización en torno a 100.000 usuarios. Con el sistema *Bicing* se recorren del orden de 30 millones de kilómetros al año. Concretamente, el año 2009 el sistema contabilizó 29.136.596,4 kilómetros con un viaje promedio de 2,7 km. El sistema se utiliza más los días laborables que los días festivos.

En cuanto al perfil de los usuarios, los titulares son mayoritariamente hombres (un 55% frente a un 45% de mujeres); según las encuestas de frecuencia del uso, a los hombres también les corresponde más del 70% de los viajes realizados. El 68,2% de desplazamientos con *Bicing* están relacionados con la movilidad obligada, o sea, por motivos de trabajo o estudios. Asimismo, un 43,5% de los usuarios utiliza *Bicing*

habitualmente en combinación con otro medio de transporte, sobre todo el metro y el tren de cercanías.

Las encuestas también indican que los viajes sustituidos por *Bicing* son en su mayoría los que anteriormente se realizaban en metro o a pie, con un 32,9% y un 26,1% respectivamente. El 9,6% de los usuarios indican que con *Bicing* han sustituido desplazamientos en coche o en moto.

Metro	32,90%
Cercanías	21,85%
FGC	2,60%
Bus	18,40%
A pie	26,10%
Tranvía	1,20%
Bus interurbano	4,03%
Coche (conductor)	2,80%
Coche (acompañante)	0,50%
Moto	6,30%
Bici propia	6,30%

**Tabla 29.2. Medios de transporte a los que ha sustituido Bicing, según la encuesta del 2008.**

*Fuente: Barcelona de Serveis Municipals, S.A.*

A partir de esta información, y teniendo en cuenta los consumos promedios de los diferentes medios de transporte, podemos estimar la reducción del consumo energético conseguido con el sistema *Bicing*. Para el año 2009 la reducción fue de unos 3.899.063 kWh, de los cuales un 30% (1.165.895 kWh) corresponde a la reducción del uso del vehículo privado (coches y motos). La reducción de emisiones de efecto invernadero relativa a la sustitución del vehículo privado se puede estimar en 261 toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

Por lo general, existen dos modos de financiar el sistema de bicicleta pública. En Barcelona, su implantación se financia con las cuotas de los abonados y con los excedentes obtenidos del sistema de regulación integral del aparcamiento.



**Figura 29.5. Carril bici.**

*Fuente: Barcelona de Serveis Municipals, S.A.*

---

*Fuente de información: Barcelona de Serveis Municipals S.A. - Serveis a la Mobilitat.*

---





# X. Procesos de urbanización

**CASO 30** Ayuntamiento de Alicante (Alicante)

**CASO 31** Ciudad Agroalimentaria  
(Tudela, Navarra)

**CASO 32** Districlima (Barcelona y Sant Adrià  
de Besòs)





# Ayuntamiento de Alicante

## *Alumbrado de vías urbanas* Alicante

<b>Sector</b> Procesos de urbanización	<b>Actividad</b> Alumbrado público	<b>Tipo de actuación</b> Renovación de instalaciones
<b>Ahorro energético</b> 66.505 kWh/año	<b>Inversión</b> 100.435,76 €	<b>Retorno de la inversión</b> 10 años

El alumbrado público es uno de los consumos energéticos predominantes para la administración pública local. Según el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE)<sup>1</sup>, el peso específico del consumo del alumbrado público podría incluso llegar a representar el 50% del consumo eléctrico total de un Ayuntamiento. A título de ejemplo, podemos mencionar que el alumbrado público representaba un 43% del consumo de la energía final del consistorio de Barcelona el año 2000. Por otro lado, hay que resaltar que el alumbrado público supone un consumo eléctrico del orden del 1,8% del consumo total eléctrico de España. En la última década, se ha hecho un gran esfuerzo para introducir mejoras de eficiencia de la iluminación de espacios públicos que ha ido mano a mano con la voluntad de protección del cielo nocturno. Sin embargo, los últimos avances de la tecnología *Light-Emitting Diode* (LED), abren un nuevo camino para aumentar la eficiencia energética del alumbrado público y mejorar la calidad del espacio urbano.

El alumbrado público superó el pasado año el consumo de 3 millones de megavatios de electricidad, del que un 95% correspondió a instalaciones municipales. Para paliar este importante consumo, el año 2008 se adoptó el *Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones de Alumbrado Público* (RD 1890/2008), que obliga a racionalizar el consumo específico de instalaciones de alumbrado exterior.

<sup>1</sup> IDAE, *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación – Alumbrado Público*, Madrid, 2001



El reglamento es de aplicación en el caso de nuevas instalaciones, a las instalaciones existentes cuando, mediante un estudio de eficiencia energética, la Administración Pública competente lo considere necesario, así como a las instalaciones existentes sujetas a modificaciones que afectan a más del 50% de la potencia o luminarias instaladas. IDAE evalúa que con la aplicación de este reglamento, las nuevas instalaciones de alumbrado exterior podrán disminuir su consumo de electricidad en algo más de un 30%, con una mejor aplicación de la luz a los espacios que realmente necesitan ser iluminados.

## **1. Instalaciones**

El Ayuntamiento de Alicante ha sido uno de los pioneros en España en apostar por tecnología emergente de iluminación LED. A lo largo del año 2009 ha renovado el alumbrado público de la avenida Maisonnave y de la plaza de la Montañeta.

- **Avenida Maisonnave**

La Avenida Maisonnave es el principal eje comercial de Alicante. En ella se ubican dos de los grandes centros comerciales de Alicante, además de numerosas tiendas y boutiques especializadas. La avenida se encuentra en pleno centro de la ciudad y tiene una importante actividad durante todo el día. El Ayuntamiento de Alicante ha reforzado en los últimos años el carácter cívico y comercial de la Avenida Maisonnave mediante una reforma del espacio público que incluye la ampliación de aceras, la renovación del mobiliario urbano y, recientemente, la mejora de la iluminación con la instalación de luminarias *LED*.

- **Plaza de la Montañeta**

La Montañeta es una céntrica plaza ubicada a escasos metros de la avenida Maisonnave que reúne a su alrededor diversos edificios institucionales, entre ellos la Subdelegación del Gobierno en Alicante, la Delegación del Ministerio de Economía y Hacienda o la Iglesia de Nuestra Señora de Gracia. La plaza, que dispone de un aparcamiento subterráneo, ha sido remodelada recientemente. Además de la construcción de una nueva fuente y de la renovación del mobiliario urbano se ha instalado una nueva iluminación de tecnología *LED*.

El uso de la tecnología *LED* data de los años sesenta y en aplicaciones sobre componentes electrónicos, pero no empezó a utilizarse en iluminación hasta hace unos diez años, y que fue sobre señales de tráfico y, especialmente, en los semáforos. Esta

aplicación tuvo una rápida aceptación, tanto por su menor consumo (se conseguían ahorros entre el 85 y el 95% con respecto a los semáforos con lámparas incandescentes o halógenas), como por las ventajas en cuanto a una mayor fiabilidad y menor mantenimiento respecto a las alternativas convencionales. A esta aplicación, se le unió su uso para la iluminación ornamental; hasta el día de hoy que se ha llegado al uso de la tecnología *LED* en el alumbrado de espacios exteriores.

Con la reducción de costes y mejora de luminosidad de los diodos, su aplicación se ha empezado a extender en el alumbrado de espacios exteriores. Las principales ventajas del alumbrado con *LEDs* son las siguientes:

- Ahorro energético superior al 50%, con el consecuente ahorro económico y la reducción de impacto ambiental.
- Mejora de la calidad lumínica en cuanto a la uniformidad y la reproducción cromática.
- Posibilidad de incorporar regulador de flujo individual, por punto de luz.
- Menor necesidad de mantenimiento debido a la larga vida útil de la luminaria.

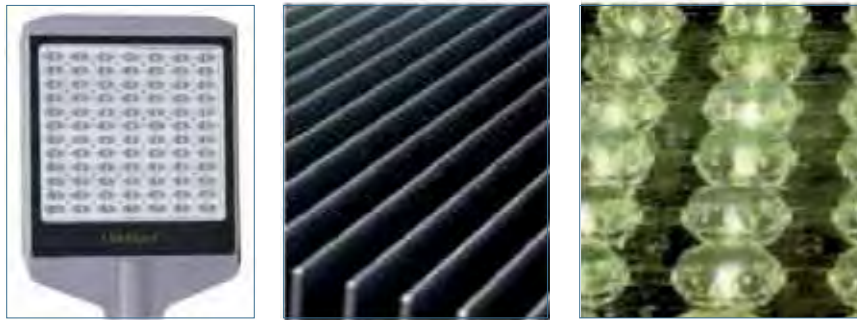


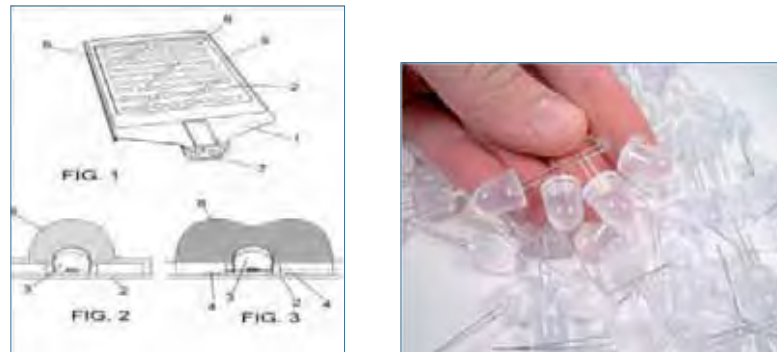
Figura 30.1. Detalles de la luminaria LED.

Fuente: Lidolight.

Las luminarias de LED, utilizadas en alumbrado público en Alicante, de marca *Lidolight*, se componen de una estructura estanca de aluminio, con aletas de ventilación para disipar el calor generado por la propia iluminación, para prolongar al máximo su tiempo de vida. El uso del aluminio frente a otros metales permite prevenir la corrosión, factor a tener en cuenta en las zonas de costa. El transformador se encuentra en la parte posterior, anexa a la luminaria pero fuera del sistema estanco del cuerpo de la luminaria para que su eventual cambio no requiera abrir el cuerpo de la luminaria y evite los posibles problemas de estanqueidad de esta.

La luminaria dispone de un circuito de control de información para medir la temperatura de *LED* y del sistema de iluminación, como la regulación del flujo lumínico. Las luminarias poseen internamente un regulador de flujo lumínico que se puede programar según la necesidad, haciendo una discriminación horaria que varía el flujo lumínico.

Los *LED* están dispuestos sobre unas regletas reflectantes sobre las que se colocan las lentes que focalizan la luz generada para generar una mayor apertura y longitud con mayor uniformidad de luz.



**Figura 30.2. Regletas reflectantes.**

*Fuente: Lidolight.*

Las luminarias utilizadas para el alumbrado de la plaza de la Montañeta son del modelo *Lidolight E 112 F1*. Esta luminaria, de 112 diodos, de una potencia de 141 W, proporciona un flujo lumínico superior a los 10.000 lux. Las 44 luminarias instaladas están dispuestas sobre unos báculos de 10 m de altura.



**Figura 30.3. Iluminarias LED.**

*Fuente: Lidolight.*



**Figura 30.4. Plaza de la Montañeta con la iluminación LED.**

*Fuente: Corso.*

Las luminarias LED emiten una luz más blanca respecto a las luminarias de vapor de sodio de alta presión que habitualmente se utilizan en el alumbrado de calles. Esto permite visualizar mejor las formas y colores frente a la iluminación anaranjada de las farolas tradicionales de vapor de sodio, cosa que mejora la sensación de seguridad y confort visual.



**Figura 30.5. Comparativa de la calidad de iluminación anterior y con la tecnología LED.**

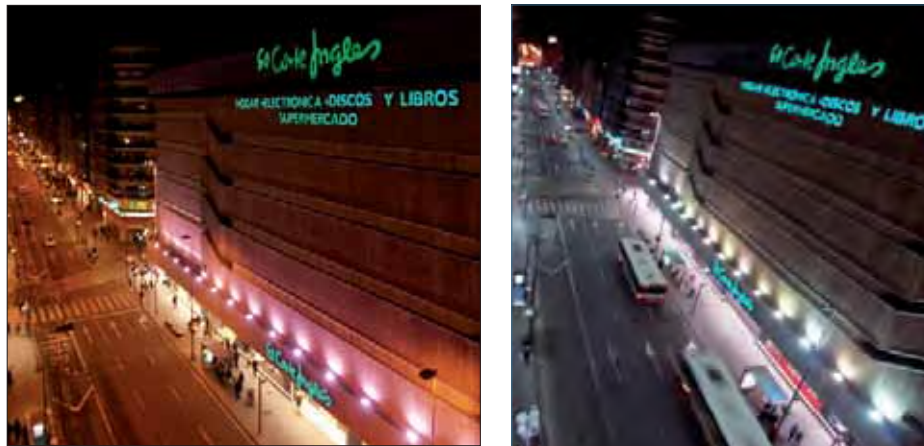
*Fuente: Corso.*



**Figura 30.6. Plaza de la Montañeta - Comparativa de la calidad de iluminación anterior y con la tecnología LED.**

*Fuente: Corso.*

En la avenida Maisonnave se utilizaron 99 luminarias, combinando los modelos E 46 y E 196 de *Lidolight*. Las luminarias instaladas están dispuestas sobre unos báculos de 12 m de altura. La vida útil de las luminarias LED utilizadas supera las 50.000 horas, lo que es aproximadamente 4 veces más que la iluminación pública convencional.



**Figura 30.7. Avenida Maisonnave - Comparativa de la calidad de iluminación anterior y con la tecnología LED.**

*Fuente: Corso.*

## 2. Resultados

Mediante un adecuado diseño y el uso de las luminarias tipo LED, la potencia instalada del alumbrado público se ha reducido, en el caso de la plaza de la Montañeta, de 250 W a 141 W por luminaria, o sea un 44% de reducción en potencia. Además de por la reducción de potencia, el ahorro de energía se consigue por el uso del regulador del flujo lumínico, llegando de esta forma a reducir el consumo en 32.500 kWh al año o un 60%, lo que resulta en unos 4.550 € al año. La renovación del alumbrado de la plaza supuso una inversión de 60.557 euros.

Las 99 luminarias LED de la avenida Maisonnave, 65 luminarias de 52 W y 34 luminarias 235 W sustituyen a otras tantas de 150W y 400W de vapor de sodio de alta presión, reduciendo de esta forma la potencia instalada en 51%. La reducción del consumo eléctrico en este caso alcanza un 65% o 66.505 kWh al año, lo que comporta un ahorro de 8.720 € anuales. El coste de esta instalación ascendió a 100.435,76 €. Incluyendo los ahorros de mantenimiento de luminarias, el periodo de retorno de esta inversión se sitúa en unos 10 años.

El proyecto ha sido apoyado por la Agencia Valenciana de la Energía con una subvención de un 50% de la inversión. De esta manera se acorta a 5 años el periodo de retorno de la inversión realizada por el Ayuntamiento de Alicante.

---

*Fuente de información:* David Navarro, Lidolight.

---





# Ciudad Agroalimentaria

*Parque empresarial  
de promoción pública*  
Tudela (Navarra)

<b>Sector</b> Procesos de urbanización	<b>Actividad</b> Parque empresarial	<b>Tipo de actuación</b> Centralización de energía
<b>Ahorro energético</b> 40% <sup>1</sup>	<b>Inversión</b> 55.000.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> No disponible

La Ciudad Agroalimentaria de Tudela, inaugurada a finales del año 2008, es un ambicioso proyecto de promoción del sector agroalimentario, impulsado por el Gobierno de Navarra. Una de las principales apuestas en este parque empresarial es el concepto de compartir infraestructuras y servicios para potenciar la competitividad de las empresas y reducir el impacto medioambiental del conjunto. En una primera fase, el parque cuenta con unas 120 Ha, de las que unas 65 corresponden a parcelas industriales, mientras que el resto está destinado a viales y espacios verdes. Las futuras ampliaciones podrían alcanzar hasta 300 Ha.

La promoción del proyecto se llevó a cabo por la empresa pública *Sociedad de Promoción de Inversiones e Infraestructuras de Navarra*. Actualmente, unas 15 empresas están instaladas en el polígono.

<sup>1</sup> En el consumo de energía eléctrica del sistema de refrigeración.





- Gestión de residuos sólidos.
- Saneamiento de aguas pluviales.
- Agua contra incendios.
- Red de vigilancia y telecomunicaciones.

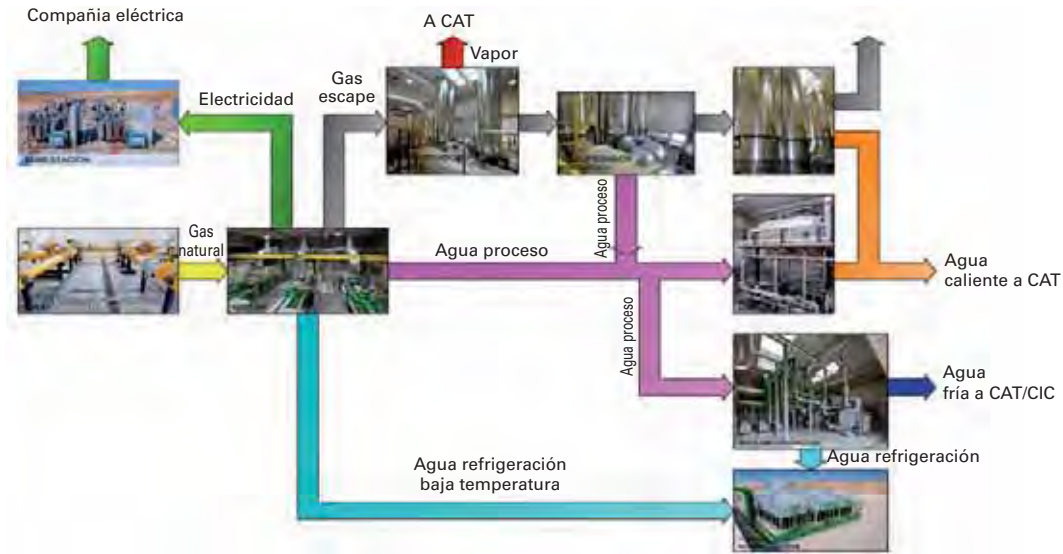
Describiéndose a continuación los que hacen referencia a la generación y distribución de energía.

### **1.1. Sistema de generación y suministro de energía calórica y frigorífica**

Este sistema parte de la idea de compartir las infraestructuras para abaratar costes, mejorar la seguridad de aprovisionamiento y reducir el impacto ambiental de la actividad industrial que allí se desarrolla.

La industria agroalimentaria se caracteriza, en muchos casos, por una demanda simultánea de calor y frío. En el caso de un parque empresarial con varias empresas del sector, debido a estas demandas simultáneas, es posible aprovechar las sinergias energéticas de distintos procesos productivos concentrados en un área reducida. Es un concepto contemporáneo, que se desarrolla en el marco de lo que se denomina *Ecología Industrial*.

Este aprovechamiento de las sinergias generadas entre las diferentes industrias del polígono da como resultado una importante optimización de los recursos utilizados. Para ello se crea un sistema de aprovisionamiento energético común, centralizado. La centralización también permite ajustar las potencias instaladas y optimizar los equipos debido al aumento de escala del conjunto respecto a las instalaciones individuales. Por otro lado, conlleva un ahorro por la reducción de costes en operación y mantenimiento. Por tanto, la generación centralizada permite obtener un rendimiento energético muy elevado y satisfacer las demandas energéticas de los industriales con un ahorro considerable.



**Figura 31.2. Esquema funcional de la central de infraestructuras comunes.**

*Fuente: IDOM.*

El sistema ofrece una amplia gama de suministro de la energía calorífica y frigorífica para usos industriales y climatización de espacios, con diferentes rangos de temperaturas ajustadas para cubrir las necesidades de la industria agroalimentaria. El sistema ofrece a las empresas del polígono:

- Agua caliente (80 °C).
- Agua fría (5 °C).
- Agua glicolada (-10 °C).
- Fluido frigorífico, CO<sub>2</sub> en este caso, a -10 °C.
- Vapor a 10 bar.

La infraestructura del sistema energético consta de dos partes básicas: la central de infraestructuras comunes y la red de distribución de fluidos portadores.

La central de infraestructuras comunes, dispuesta en una parcela de unos 22.000 m<sup>2</sup>, incorpora todos los sistemas de generación de calor y frío: el sistema de trigeneración, el sistema de generación de calor convencional, el sistema de generación de frío

convencional así como el sistema de gestión y control. Es un punto neurálgico de todo el polígono. Para el diseño de sus sistemas se ha utilizado el criterio de redundancia, ya que la seguridad de suministro a los clientes es una prioridad absoluta. Por esto, muchos de los equipos son duplicados o incluso triplicados, para que la calidad y seguridad del suministro sean óptimas.

A partir de la central, la energía final se distribuye mediante las redes de tuberías alojadas en un *rack* aéreo, de 2 km de longitud, que recorre los principales ejes del polígono con el objetivo de alcanzar todas las parcelas industriales.

## **1.2. El sistema de trigeneración**

El sistema cuenta con tres motogeneradores de combustión interna, modelo *Jenbacher JMS 620 GS-N.L.*, de una potencia eléctrica de 3.333 kW<sub>e</sub> cada uno. Estos motores están alimentados con gas natural. La electricidad generada por los motores es vendida a la red de distribución eléctrica.

El aprovechamiento térmico se realiza en varias etapas. Los gases de escape, de alta temperatura (400 °C) se conducen a una caldera de recuperación, equipada con sobrecalentador y economizador, de potencia térmica de 2.913 kW, que llega a generar 5.265 kg/h de vapor a 225 °C y 12,5 bar. De la caldera de recuperación de vapor, los gases de escape se conducen a otra caldera de recuperación, donde se genera agua caliente de proceso a 95 °C. Esta caldera tiene una potencia térmica de 1.066 kW. Finalmente, los gases de escape, a una temperatura de 120 °C, entran a una tercera caldera de recuperación, donde se reduce su temperatura de los 120 °C a 70 °C. En este proceso se condensa el vapor de agua contenido en los gases de escape, aprovechando también la energía latente de éste. La caldera genera agua caliente a 80 °C. El subproducto de esta última operación es agua condensada procedente de los gases de escape, unos 3 m<sup>3</sup> por hora, que se reutiliza como agua de reposición en el sistema de refrigeración de motores.

El sistema de trigeneración incluye cuatro unidades enfriadoras de absorción de simple efecto. Son máquinas Carrier, de una potencia frigorífica unitaria de 907,5 kW y un *coefficient of performance* (COP) del orden de 0,65. Estos equipos proporcionan agua a 5,5 °C, que se distribuye a los usuarios.

Finalmente, el sistema cuenta con torres de refrigeración que disipan el calor del circuito de refrigeración de baja temperatura de los motores, y de refrigeración de los equipos de absorción.



**Figura 31.3. Sala de motores.**  
*Fuente: Ciudad Agroalimentaria de Tudela.*

### **1.3. El sistema de generación de frío industrial**

El sistema de frío es una de las apuestas clave del sistema energético de la Ciudad Agroalimentaria, tanto por su aportación en la eficiencia como por su singularidad en cuanto a la magnitud del sistema, que trabaja a temperaturas inferiores a 0 °C.

El sistema, desarrollado por la empresa *Ramón Vizcaíno*, consta de dos líneas independientes de producción de frío, ya que este servicio se considera vital para todo el complejo. Cada línea consiste en dos enfriadoras tipo compresor de tornillo, conectadas en serie, de marca *Howden*: una es el modelo WRV 255/1.65 de 1.386,2 kW frigoríficos y un *coefficient of performance* (COP) de 3,67, y la otra es el modelo WRV 204/1.65 de potencia frigorífica de 697,31 kW<sub>f</sub> con COP de 3,61. Por temas de seguridad, existe una enfriadora adicional que sirve como equipo de reserva. Las enfriadoras trabajan con amoníaco, mientras el fluido secundario de distribución es CO<sub>2</sub>. La potencia frigorífica total instalada es de 5,59 MW<sub>f</sub>, a -10 °C. En las fases futuras de desarrollo del polígono, se prevé llegar a tener instalada una capacidad de generación de frío total del orden de 20 MW<sub>f</sub>.



**Figura 31.4. Planta de frío.**  
*Fuente: A. Ivancić.*

## 1.4. El sistema de generación de calor convencional

Este sistema cumple la función de apoyo y redundancia respecto a la generación de calor por trigeneración. Esto significa que el sistema funciona esporádicamente, pero es capaz de proporcionar vapor como agua caliente en las mismas condiciones que el sistema de trigeneración. Tanto el sistema consta de dos calderas de vapor pirotubulares, con quemador dual y modulante, cada con una con una potencia térmica de 8.060 kW, que produce vapor sobrecalentado, y un intercambiador de calor vapor-agua caliente.

## 1.5. El sistema de distribución

La distribución consta de cuatro circuitos cerrados, alojados en el *rack* metálico elevado de 2 km de longitud y en un pequeño tramo en galería de servicios. Los cuatro circuitos corresponden a:

- Impulsión y retorno de agua caliente a 80/50 °C.
- Impulsión y retorno de agua fría a +5,5/+13 °C.
- Impulsión de vapor sobrecalentado a 10 bar y retorno de condensados.
- Impulsión de CO<sub>2</sub> líquido a -10 °C y retorno de gas CO<sub>2</sub>.

Existe la posibilidad de suministrar también el agua glicolada a -10 °C a las parcelas próximas a la central pensadas para la industria de una demanda limitada de frío. Asimismo, la red de suministro de CO<sub>2</sub> prevé la posibilidad de expansión del fluido en la subestación del cliente para poder alcanzar temperaturas más bajas, hasta -60 °C en el caso de que fuera necesario para el proceso industrial.



Figura 31.5. Vista de la red de distribución en forma de rack aéreo.

Fuente: A. Ivančić.

## 2. Resultados

El rendimiento global de los sistemas incorporados en la central de infraestructuras comunes se sitúa en un 68,62%. Se estima una reducción en el consumo de energía primaria respecto a la necesaria para la obtención de los mismos servicios por equipos convencionales, instalados de forma individual, en un 26,5%. En cuanto a la planta de trigeneración, su rendimiento energético se sitúa en un 87,04%, mientras que el rendimiento eléctrico equivalente del sistema es de un 84,5%. La mejora en la eficiencia de generación del frío industrial se valora en un 1,6 puntos de COP, lo que comporta una reducción del 40% en el consumo de energía eléctrica del sistema frigorífico.

La inversión desembolsada para el sistema energético de la Ciudad Agroalimentaria de Tudela es de unos 55 millones de euros.

---

*Fuente de información:* Luí́s Monźon, Ciudad Agroalimentaria de Tudela.

---



# Districlima

## *Sistema público de climatización de distrito*

### Barcelona y Sant Adrià de Besòs

<b>Sector</b> Procesos de urbanización	<b>Actividad</b> Climatización de distrito	<b>Tipo de actuación</b> Climatización centralizada
<b>Ahorro energético</b> 39.400.000 kWh/año <sup>1</sup>	<b>Inversión</b> 32.800.000 €	<b>Retorno de la inversión</b> No disponible

La demanda de refrigeración en los edificios está en continuo crecimiento. Esto se debe a varias razones: junto a un aumento de las exigencias de confort, aparecen nuevas tendencias en arquitectura (sobretudo el uso extensivo de fachadas acristaladas) así como cambios tecnológicos que conllevan un incremento de fuentes caloríficas (por ejemplo, los ordenadores). Hoy en día, la necesidad de climatización a lo largo de todo el año se asume como algo habitual.

Una de las soluciones que va tomando fuerza son los sistemas de climatización centralizada que satisfacen las demandas del edificio de una manera más eficiente, con un control del impacto ambiental más acotado y liberando los espacios habitualmente utilizados en los edificios para alojar las máquinas enfriadoras y las calderas.

En Europa, el frío centralizado es un servicio reciente, surgido en los años 90 del siglo XX. Sin embargo, por las distintas ventajas que conlleva, a este tipo de servicio se le augura un futuro de crecimiento exponencial.

Desde los primeros proyectos de integración de infraestructuras de climatización centralizada, de reciente realización en España, este servicio está atrayendo la atención tanto de la administración pública y empresas de servicios energéticos como de los profesionales del sector.

<sup>1</sup> Ahorro equivalente en energía primaria.



Los sistemas en funcionamiento todavía son escasos: los ámbitos de la Expo en Zaragoza y del *Centre Direccional de Cerdanyola del Vallès*, el del ParcBit en Mallorca, Tub-Verd en Mataró y el más grande y más conocido: el sistema de *Districlima* en Barcelona Llevant, inicialmente empezado en el ámbito Forum y actualmente en expansión por el distrito 22@. Aun así, el interés y las expectativas depositadas en ese servicio son grandes y esto lo demuestran, además del gran crecimiento del sistema barcelonés, los numerosos estudios que se están realizando en País Vasco, Cataluña, Andalucía y Galicia.



**Figura 32.1. Esquema de climatización de distrito.**  
*Fuente: Districlima.*

## 1. Instalaciones

El sistema de climatización centralizada de Barcelona fue concebido como una nueva infraestructura urbana que tenía que cumplir con dos condiciones: alta eficiencia energética y bajo impacto ambiental. La fuente energética que cubre la demanda base para la climatización de los edificios del ámbito servido es el vapor producido por la planta de incineración de residuos sólidos urbanos. El vapor se turbiniza para generar la electricidad y luego se extrae para ser aprovechado en el sistema de climatización. Este es un ejemplo de sinergia entre las dos instalaciones, donde un subproducto de la primera alimenta la segunda.

Desde el inicio, el sistema se basó en los siguientes principios:

- Empleo del vapor producido en la planta de tratamiento de residuos urbanos.
- Uso del vapor tanto para la calefacción como para la generación de frío mediante enfriadoras de absorción de doble efecto.
- Cobertura de la demanda punta de frío y calor mediante equipos convencionales, plantas enfriadoras y calderas de gas.
- Acumulación térmica de agua fría para maximizar el uso del vapor.
- Aprovechamiento del agua de mar para la condensación de las máquinas enfriadoras.
- Red de distribución de cuatro tubos empleando la tubería preaislada.



**Figura 32.2. Planta de generación de frío.**

*Fuente: Districlima.*

El acumulador de 5.000 m<sup>3</sup> es un elemento clave, ya que permite el funcionamiento continuo de los equipos de absorción. De esta forma, por la noche, aunque no haya demanda de frío, los equipos funcionan cargando el depósito. En cambio, durante el día, en los momentos de máxima demanda, tanto las máquinas como el depósito suministran a los clientes, aumentando considerablemente por encima de la nominal la potencia máxima servida.

La red de distribución se conforma a partir de unos tubos y accesorios especiales. La tubería viene preaislada de fábrica, ya que de esta forma se garantiza una buena calidad de aislamiento. La tubería aislada va recubierta con una carcasa exterior de

polietileno rígido que protege de humedad e impacto mecánico. Un tubo de estas características minimiza las pérdidas energéticas y prolonga la vida útil de la infraestructura. Finalmente, este tipo de tubos incorpora un sistema de detección de fugas que facilita las reparaciones. La red se compone de cuatro tubos, dos del circuito de suministro de calor y dos del circuito de frío.



**Figura 32.3. Montaje tuberías preaisladas.**

*Fuente: Districlima.*

La subestación en el edificio cliente son puntos de transferencia de la energía desde la red de servicio (circuito primario) a las instalaciones del usuario (red secundaria). Están formadas por tres elementos principales: intercambiadores de calor, grupos de bombeo y equipo de medición del consumo. Estos equipos ocupan un espacio muy reducido en comparación a lo que sería una instalación de generación de frío y calor convencional.



**Figura 32.4. Intercambiadores de recepción de energía.**

*Fuente: Districlima.*

## 2. Resultados

El sistema, promovido por la administración pública y concesionado a *Districlima*, un operador especializado y con gran experiencia internacional perteneciente al *Grupo GDF-Suez*, fue puesto en marcha el año 2003, con una decena de clientes en el ámbito Forum, una red de 3,3 km, una potencia de calor de 20 MW y una potencia de frío de 17 MW, repartida entre las máquinas de absorción y las de compresión, más un depósito de acumulación de agua fría de 5.000 m<sup>3</sup>.

El año 2005 el ámbito servido fue extendido al distrito tecnológico 22@. A mediados del año 2009, el sistema abastecía a más de 46 edificios conectados, con una superficie total superior a 488.000 m<sup>2</sup> y una red de 11,3 km. La capacidad de producción de frío fue ampliada en 14 MW, con enfriadoras de alta eficiencia, de un *coefficient of performance* (COP) igual a 7 que alcanza valores superiores a 10 cuando la temperatura del mar es baja.

La central actualmente dispone de los siguientes medios de producción de energía:

### Producción de frío:

- 2 equipos de absorción Broad de 4,5 MW por unidad.
- 1 depósito de acumulación de agua fría de 5.000 m<sup>3</sup>.
- 2 enfriadoras eléctricas Mc Quay de 4 MW por unidad.
- 2 enfriadoras eléctricas Johnson Controls de 7 MW por unidad.

**Sistema de refrigeración:**

- 3 intercambiadores agua de mar-agua refrigeración de 12,5 MW por unidad.
- 1 estación de captación de agua de mar de 5.000 m<sup>3</sup>/h.

**Producción de calor:**

- 4 intercambiadores vapor-agua de 5 MW por unidad.
- 1 caldera de gas de 20 MW (en reserva, sólo en servicio si no hay disponibilidad de vapor).

**Las principales magnitudes del sistema, el primer trimestre del 2010, son:**

- Número de edificios en servicio: 50.
- Superficie de techo climatizada: 525.000 m<sup>2</sup>.
- Potencia de calor contratada: 38 MW.
- Potencia de frío contratada: 57 MW.
- Extensión de la red: 12,3 km.

Está prevista la construcción de una segunda central de puntas y de bombeo con puesta en marcha el verano de 2011, así como nuevas centrales en la medida que el desarrollo del proyecto lo precise.

La inversión total del operador del sistema ha sido de unos 32,8 millones de euros, sin contar las inversiones iniciales de la Administración y los más de 15 millones de euros de inversión en la primera fase de la nueva central de puntas.



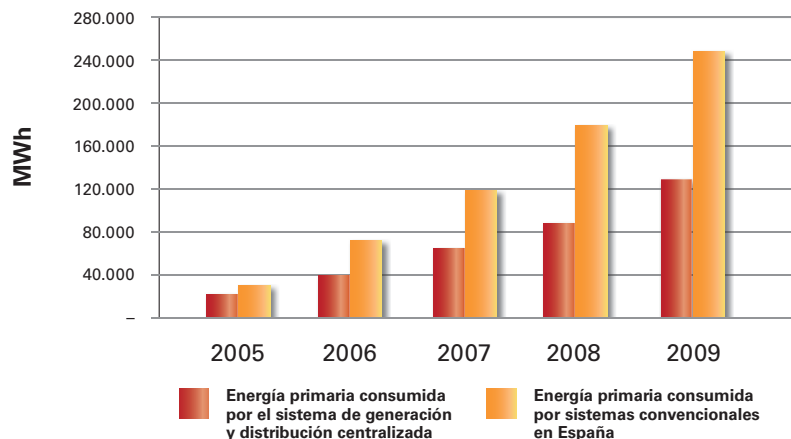
Figura 32.5. Vista exterior de la planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos.

*Fuente: A. Ivančić.*



Figura 32.6. Distribución de la red centralizada en Barcelona.

*Fuente: Districlima.*



**Figura 32.7. Comparativa de consumo de energía primaria.**

*Fuente: Districlima.*

Año	Ahorro energía primaria (MWh)	%
2004	8.188	30
2005	13.000	41
2006	19.726	49
2007	25.580	51
2008	28.376	52
2009	39.403	51

**Tabla 32.1. Ahorro de energía primaria de la red de Barcelona.**

*Fuente: Districlima.*

El ahorro energético del sistema de climatización centralizada ha ido aumentando de un año para otro, desde su puesta en marcha, ya que la red ha ido creciendo y adheriendo nuevos usuarios. En el período del 2005 a 2009, el ahorro de la energía primaria se ha multiplicado por tres, llegando a superar 39.400 MWh al año. Así mismo, el año 2009 gracias a este sistema se ahorró la emisión de 7.000 t de CO<sub>2</sub>. Con el futuro crecimiento del sistema, se espera que siga aumentando el ahorro energético relacionado con esta infraestructura.

Además de varios premios y galardones nacionales, la empresa *Districlima* ha sido oficialmente reconocida en la cumbre sobre el clima del 2009 de Copenhague por un equipo de expertos internacionales, presididos por la Agencia Internacional de la Energía (AIE).

---

*Fuente de información:* David Serrano, Districlima S.A.

---



## Anexo I

# Glosario

**Cogeneración:** concepto tecnológico que describe aquellos sistemas de generación eléctrica que, en vez de disipar en el ambiente la energía térmica (calor) que inevitablemente se produce al convertir la energía de un combustible en electricidad, son capaces de aprovechar esta energía para sus propios procesos o en usuarios próximos, de forma que se convierten en los sistemas de mayor capacidad de aprovechamiento energético por unidad de combustible usado. Cuando con este calor se produce frío para su uso, a través de máquinas de absorción, se le suele llamar trigeneración; y en algunos casos donde se ha conseguido un aprovechamiento aun mayor con el uso de los componentes químicos de los gases de escape, como ha sido la absorción controlada de CO<sub>2</sub> en invernaderos, se le ha nombrado tetrageneración.

La normativa vigente permite conectar los sistemas de cogeneración a la red de distribución eléctrica existente y vender la electricidad generada a un precio que se establece, por un lado, por el mercado eléctrico español y por otro por un complemento en forma de prima. Esta prima se establece en base al rendimiento energético de la cogeneración, cuya forma de cálculo viene determinado en la propia normativa.

**Conductividad térmica:** propiedad física de los materiales sólidos que mide su capacidad de transmitir el calor a través de ellos. El origen físico de esta capacidad reside en la transferencia de la energía cinética de las moléculas del material a las moléculas adyacentes. De esta forma, la conductividad térmica mide la cantidad de energía que es capaz de transferir un cuerpo en una unidad de tiempo, linealmente en su interior y para un diferencial de temperatura determinado. Se expresa en unidades de vatio por metro y grado Kelvin (W/mK) y es un valor elevado en los metales, bajo en polímeros o muy bajo en materiales como la fibra de vidrio, denominamos, por ello, aislantes térmicos.

**COP (*Coefficient of performance*):** rendimiento del equipo de generación de frío o de calor. Es la relación entre la potencia frigorífica o térmica nominal que dispone un equipo de generación y la potencia eléctrica o térmica (uso de combustible directo o de calor residual) que requiere para su funcionamiento. Se expresa en unidades adimensionales. A título de ejemplo, cuando se indica que un equipo genera 700 kW, bien sean frigoríficos o térmicos, con un COP de 3,5, significa que este equipo consumirá 200 kW, bien sean eléctricos o térmicos, para generar la potencia indicada.



**CTE (Código Técnico de la Edificación):** instrumento normativo que fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y de sus instalaciones, con el objetivo de mejorar la calidad de la edificación y promover la innovación y la sostenibilidad. A través de esta normativa se satisfacen ciertos requisitos básicos de la edificación relacionados con la seguridad y el bienestar de las personas, que hacen referencia tanto a la seguridad estructural y de protección contra incendios como a la salubridad, la protección contra el ruido, el ahorro energético o la accesibilidad para personas de movilidad reducida. Esta normativa incide de forma importante en la mejora de la eficiencia energética de los edificios.

**Emisividad:** energía térmica emitida por una superficie u objeto en forma de radiación electromagnética y para una diferencia de temperatura determinada. Todo cuerpo por encima de la temperatura de 0 K (cero absoluto) emite radiación. Se expresa en unidades de vatio por metro cuadrado y grado Kelvin ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ), y es una propiedad de los materiales que informa sobre la capacidad de éstos para emitir radiación, y por tanto energía.

**Energía:** el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española señala su origen del griego y la define básicamente como «eficacia, poder, virtud para obrar»; y en física se define como «la capacidad para realizar un trabajo». La energía es una magnitud física que está involucrada en todos los procesos de cambio de estado físico, se transforma y se transmite, pero, a nivel de un sistema cerrado, siempre se conserva. La energía es una magnitud escalar que se le asigna al estado de un sistema físico (energía cinética, energía mecánica, energía eléctrica, energía térmica, energía geotérmica, etc.) como una herramienta de abstracción matemática y, como tal, es el concepto que se utiliza en nuestra sociedad para medir y facturar. En el Sistema Internacional de unidades físicas se expresan en *Joules* (símbolo J), pero a nivel técnico se utiliza la unidad de vatios por segundo (símbolo W.s), siendo más habitual su expresión en kilovatios por hora (kWh). Suele ir acompañado de la descripción del tipo de energía a que hace referencia, como energía eléctrica, térmica, etc., y, como tal, se trata de un valor acumulativo al día, mes (kWh/mes es la unidad que encontramos normalmente en nuestras facturas energéticas) o año (kWh/año). Es sobre estos valores que se determinan las ganancias o pérdidas de eficiencia energética de las intervenciones o mejoras sobre una instalación, edificio u objeto.

**Iluminancia (lux):** cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área. Se expresa en la unidad de lumen por  $\text{m}^2$  ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ) y toma el nombre del latín *lux*. El lumen se puede explicar de forma menos rigurosa como una medida de la «cantidad» de luz visible en un ángulo determinado y emitida por una fuente dada. A título de ejemplo, una bombilla incandescente de 100 W emite aproximadamente 1.700 lm y una lámpara de vapor de sodio de la misma potencia unos 15.000 lm.

**LED (*Light-Emitting Diode*):** diodo electro luminiscente, o diodo emisor de luz, un dispositivo semiconductor que emite luz cuando se polariza de forma directa su unión p-n y circula por él una corriente eléctrica. El color de luz que puede emitir depende del material que se haya construido el diodo, pudiendo ir desde el ultravioleta, pasando por el espectro visible y hasta el infrarrojo. Se utilizan como indicadores y sensores en muchos dispositivos, y son cada vez más utilizados en iluminación, habiendo pasado a sustituir elementos de iluminación en la vida cotidiana, como fluorescentes o farolas, iluminación del automóvil (en particular, las luces de freno, intermitentes e indicadores) o de las señales de tráfico.

**Máquina de absorción:** máquina frigorífica que fue inventada a mediados del siglo XIX, aunque sus primeras aplicaciones industriales no se dieron hasta los años 40 del siglo pasado. Sus rendimientos son inferiores a los ciclos frigoríficos por compresión, pero han resultado muy útiles y eficientes para la generación de frío mediante la recuperación energética del calor residual de fuentes de generación térmica, como hornos o calderas, o eléctrica, como motores o turbinas, en estos últimos bajo el desarrollo de la cogeneración. Los ciclos de absorción se basan, físicamente, en la capacidad que tienen algunas sustancias, tales como el agua y algunas sales como el bromuro de litio, para absorber, en fase líquida, vapores de otras sustancias tales como el amoníaco y el agua, respectivamente. A partir de este principio es posible concebir una máquina en la que se produce una evaporación, con la consiguiente absorción de calor, que permite el enfriamiento de un fluido secundario en un intercambiador de calor que actúa como evaporador, para acto seguido recuperar el vapor producido, disolviendo una solución salina o incorporándolo a una masa líquida. El resto de componentes e intercambiadores de calor que configuran una planta frigorífica de absorción se utilizan para transportar el vapor absorbido y regenerar el líquido correspondiente para que la evaporación se produzca de una manera continua.

**Potencia:** cantidad de energía entregada o recibida en un determinado espacio de tiempo. Se expresa en *Joules* por segundo (símbolo J/s) o en vatios o *watt* (símbolo W), siendo más habitual su expresión en kilovatios (kW) o megavatios (MW). En las expresiones escritas se suele utilizar también una letra minúscula después de las unidades de medida para indicar el tipo de energía, que para el idioma español serían:

Potencia eléctrica:  $e$  (kWe).

Potencia frigorífica:  $f$  (kWf).

Potencia térmica:  $t$  (kWt).

**tep (toneladas equivalentes de petróleo):** equivale a la energía que contiene una tonelada de petróleo. Como esta energía es variable en función del tipo de petróleo que se considere, su valor es de 41.868 MJ (megajoule), que con el factor de conversión de 3,6 MJ por kWh se convierten en 11.630 kWh por tep. En diferentes ocasiones del texto se ha pasado de kWh eléctricos ahorrados en fábrica a tep ahorrados al país. Para realizar esta transformación, además del factor de conversión indicado, hace falta aplicar el factor que corresponde al rendimiento de generación de electricidad junto las pérdidas en transporte, característico para el sistema eléctrico del país que se esté considerando. Para el caso de España, los autores han tomado como este factor de pérdidas el equivalente a un 36,6%.

**Transmitancia térmica:** magnitud que mide la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en una unidad de tiempo, lo que equivale a la potencia que puede atravesar un cuerpo por unidad de superficie. Cuando se trata de un elemento constructivo de caras planas paralelas y entre esas caras existe un diferencial de temperatura, se denomina transmitancia térmica y sirve para evaluar la eficiencia de los cerramientos de un elemento constructivo. Se expresa en unidades de vatio por metro cuadrado y grado Kelvin ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ), y cuanto más bajo sea este valor menos energía se transferirá a través de dicho elemento constructivo.

## Anexo II

### Tabla de conversión de unidades energéticas

Se adjuntan dos tablas, una de conversión de unidades de energía y otra de conversión de unidades de potencia. El valor unitario de una determinada unidad indicada en la primera columna corresponde al valor indicado debajo de la unidad a la cual queremos realizar la conversión (por ejemplo, 1 tep = 11.630 kWh).

		Factor de conversión							
Unidad	J	kJ	MJ	GJ					
	Ws	kWs	MWs	GWs	Wh	kWh	MWh	GWh	
cal	4,2				1,16·10 <sup>3</sup>				
kcal	4200	4,2			1,16				
Mcal		4200	4,2			1,16			
Gcal			4200	4,2			1,16		
	cal	kcal	Mcal	Gcal	Wh	kWh	MWh	GWh	
J	0,24				0,28·10 <sup>3</sup>				
kJ	240	0,24			0,28				
MJ		240	0,24			0,28			
GJ			240	0,24			0,28		
tep						11630	11,63		
	cal	kcal	Mcal	Gcal	J	kJ	MJ	GJ	
Wh	860	0,86			3600	3,6			
kWh		860	0,86			3600	3,6		
MWh			860	0,86			3600	3,6	
GWh				860				3600	
tep		10 <sup>7</sup>	10 <sup>4</sup>				41868	41,87	

Tabla 1. Factores de conversión de unidades de energía.

		Factor de conversión							
Potencia	Unidad	J/h	kJ/h	MJ/h	GJ/h	W	kW	MW	GW
	cal/h	4,2				$1,16 \cdot 10^3$			
	kcal/h	4200	4,2			1,16			
	Mcal/h		4200	4,2			1,16		
	Gcal/h			4200	4,2			1,16	$1,16 \cdot 10^3$
		cal	kcal	Mcal	Gcal	Wh	kWh	MWh	GWh
	J	0,24							
	kJ	240	0,24			0,28			
	MJ		240	0,24		280	0,28		
	GJ			240	0,24		280	0,28	
		cal/h	kcal/h	Mcal/h	Gcal/h	J/h	kJ/h	MJ/h	GJ/h
	Wh	860	0,86			3600	3,6		
	kWh		860	0,86			3600	3,6	
	MWh			860	0,86			3600	3,6
	GWh				860				3600

**Tabla 2. Factores de conversión de unidades de potencia.**



[www.fundaciongasnatural.org](http://www.fundaciongasnatural.org)