

05-019

USE OF PHOTOVOLTAIC ENERGY AT A MUNICIPAL SPORTS CENTRE INDEPENDENT OF THE ELECTRICAL NETWORK

López González, Luis María; Las Heras Casas, Jesús; García Lozano, César;
López Ochoa, Luis María
Universidad de La Rioja

This paper presents the results of a study whose objective was to design and calculate a photovoltaic solar installation independent of the electrical network to meet the needs of a municipal sports centre. One of the primary drawbacks of those systems powered solely by photovoltaic solar energy is that while the goal may be to cover annual electrical needs, an energy deficit is at times inevitable, and this must be corrected by excess energy stored at other times. Two possible alternatives for operation have been examined. The first option attempts to fulfil the total annual electricity needs. And the second seeks only to cover annual lighting needs. Two possible solutions are analysed and compared for each of these options. The first solution consists of a photovoltaic installation run solely on batteries, and the second solution is a photovoltaic installation which has been economically optimised by increasing the number of photovoltaic modules so as to reduce the number of batteries. This study confirms that photovoltaic solar energy represents an adequate alternative to meet the electrical needs of municipal buildings independent of the network, although legal and economic frameworks still must adapt to the current needs of society.

Keywords: *Renewable energy; photovoltaic solar energy; electricity and lighting; energy storage; viability, State-run example.*

EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN UN POLIDEPORTIVO MUNICIPAL AISLADO DE LA RED ELÉCTRICA

Esta ponencia presenta los resultados de un estudio realizado cuyo objetivo era el diseño y cálculo de una instalación solar fotovoltaica aislada de la red eléctrica para cubrir las necesidades eléctricas de un polideportivo municipal. Uno de los principales inconvenientes que presentan los sistemas aislados basados en energía solar fotovoltaica es que, aunque tratemos de cubrir todas las necesidades eléctricas anuales, existen periodos de tiempo que presentan un déficit energético que debe ser paliado almacenando la energía excedente en otros periodos. Se han estudiado dos alternativas de funcionamiento. La primera trata de cubrir las necesidades anuales totales de electricidad. La segunda únicamente las necesidades anuales de iluminación. Para cada una de estas alternativas se estudian y comparan dos posibles soluciones: Una solución basada en una instalación fotovoltaica apoyada únicamente con baterías y otra solución basada en una instalación fotovoltaica que se ha decidido optimizar económicamente, incrementando el número de módulos fotovoltaicos para reducir el número de baterías. Se comprueba que la energía solar fotovoltaica puede ser una buena alternativa para cubrir las necesidades eléctricas de edificios municipales aislados de la red, si bien los marcos legales y económicos deberán adecuarse a las necesidades que la sociedad plantea.

Palabras clave: *Energías renovables; energía solar fotovoltaica; electricidad e iluminación; almacenamiento de energía; viabilidad; el ejemplo de la Administración*

Correspondencia: Luis María López González luis-maria.lopez@unirioja.es

Agradecimientos: Nuestro agradecimiento al Gobierno de La Rioja por su apoyo y confianza, al Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) por su ayuda mediante las ayudas concedidas al Proyecto del Plan Nacional ENE2012-38633-C03-03, siendo co-financiado conjuntamente entre MINECO y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

1. Introducción

En esta ponencia se presentan los resultados de un estudio realizado cuyo objetivo era el diseño y cálculo de una instalación solar fotovoltaica aislada de la red eléctrica para cubrir las necesidades eléctricas de un polideportivo municipal.

2. Objetivos

El objetivo es el diseño y cálculo de una instalación solar fotovoltaica aislada de red para cubrir las necesidades eléctricas de un polideportivo municipal, realizando un estudio de viabilidad para cada una de las dos alternativas propuestas.

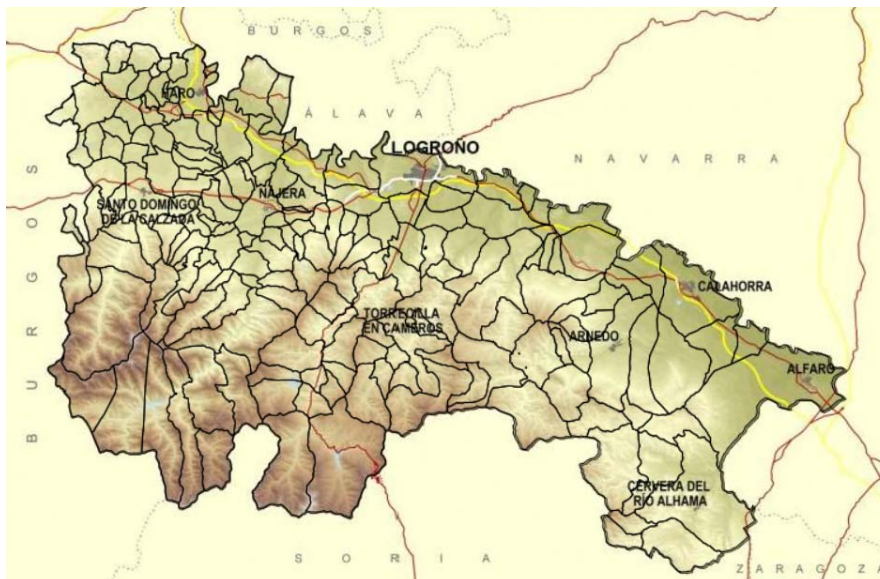
La primera alternativa consiste en cubrir todas las necesidades eléctricas del polideportivo, mientras que en la segunda se pretenden cubrir las necesidades de iluminación del mismo.

Para cada una de las dos alternativas hay dos casos diferentes planteados. Por un lado, se considera la posibilidad de cubrir con baterías los déficits que resultan de cubrir las necesidades anuales. Por el otro, se considera una solución optimizada reduciendo baterías y posibilitando el aumento del número de paneles solares.

3. Pabellón polideportivo

La instalación solar fotovoltaica se realizará en la cubierta de un pabellón polideportivo, situado en Calahorra (La Rioja), en el cual se pueden realizar todo tipo de actividades deportivas y de ocio (Figura 1).

Figura 1: Mapa de situación de Calahorra (La Rioja)



Su cubierta es metálica y se caracteriza por ser a dos aguas, teniendo una de ellas dos inclinaciones diferentes (Figura 2).

La extensión total de la cubierta es de 2.328,8 m². Esta superficie está repartida entre tres faldones: Uno de ellos, el más inclinado con 38,5° respecto a la horizontal; tiene una extensión de 703,2 m²; el segundo, con 6,3° de inclinación, tiene 482,6 m²; y, por último, otro faldón con 5,1°, con una superficie de 1.143,0 m².

Figura 2: Pabellón polideportivo municipal



3.1 Necesidades eléctricas del pabellón

Considerando los consumos anuales eléctricos de los últimos cinco años se han determinado la media de las necesidades, con un margen operativo en el lado de la seguridad. Para ello se han considerado los consumos de todas luminarias, proyectores, focos y sus equipos auxiliares.

El consumo anual eléctrico de la iluminación del pabellón asciende a 62.795 kWh, con un consumo del resto de elementos eléctricos de 14.771 kWh, lo que hace que el consumo anual eléctrico de todo el pabellón sea de 77.566 kWh/año.

Como el consumo eléctrico puede sufrir picos y alteraciones puntuales, se ha considerado un sobredimensionar de la instalación fotovoltaica en un 20 %, lo que posibilita el poder cubrir un consumo eléctrico total anual de 93.079 kWh/año.

3.2 Instalación fotovoltaica para el pabellón

La instalación para cubrir las necesidades eléctricas del pabellón polideportivo está compuesta por:

- 62 módulos fotovoltaicos, de 215 Wp de potencia cada uno.
- 4 ramales: tres con 18 módulos cada uno y uno con 8 módulos.
- 1 inversor de 20 kW.
- Sistema de almacenamiento.
- Protecciones eléctricas.
- Todos los cuadros y elementos auxiliares necesarios para un correcto funcionamiento.

La instalación de los módulos fotovoltaicos está prevista en el faldón de la cubierta cuya inclinación es de 38,5°, orientados al sur.

3.3 Producción eléctrica anual estimada

Se han considerado pérdidas por orientación e inclinación, por sombras, en el inversor, en la parte de corriente continua, por el deterioro de las células y por el cableado.

Todas ellas suman un total del 19,26%. Adicionalmente se considera un rendimiento del 95% por criterios de mantenimiento y una degradación anual de los paneles del 1 %.

Se pretende con ello estar con un margen operativo que garantice una lógica prudencia en la tomas de decisiones posteriores.

La energía total anual producida para cubrir todas las necesidades eléctricas, habiendo considerado todas las pérdidas y un coeficiente de seguridad adicional de ajuste debe alcanzar del orden de los 93.079 kWh/año.

3.4 Sistema de almacenamiento

En el mercado para este tipo de necesidades hay diversas soluciones, entre las que al día de hoy destacan las baterías. Se disponen de varios modelos, calidades, tipologías, etc. En esta ponencia se ha considerado un sistema de almacenamiento basado en baterías del tipo medio del mercado.

Para su cálculo se ha tenido en cuenta tanto una profundidad de descarga máxima estacional del 70% como una profundidad de descarga máxima diaria del 15%, de tal forma que se pueda tener autonomía tanto para un día como para un periodo de entre cuatro y cinco días.

4. Estudio de viabilidad

Se presentan dos alternativas diferentes, con dos soluciones para cada una de ellas:

- Alternativa 1: Se pretende cubrir todas las necesidades anuales de electricidad.
- Alternativa 2: Se pretende cubrir las necesidades eléctricas anuales de iluminación.

Para cada una de estas alternativas se estudian y comparan dos posibles soluciones:

- Caso A: Se plantea una solución basada en una instalación fotovoltaica apoyada con baterías para cubrir el déficit energético anual.
- Caso B: Se plantea una solución basada en una instalación fotovoltaica que se ha decidido optimizar económicamente, incrementando el número de módulos fotovoltaicos para conseguir reducir el número de baterías o asegurar una mejor autonomía, según la alternativa.

Para el estudio de viabilidad de cada una de las dos alternativas estudiadas y cada uno de los dos casos, se ha considerado que el consumo eléctrico anual del pabellón es de 93.079 kWh, que la inversión mínima requerida (sin sistema de almacenamiento) es de 97.927 €, que la tasa de incremento de ingresos y la de gastos es del 2,5%, y que el interés considerado es del 10%, por plantear una solución básica de referencia a partir de la cual se pueda afinar si procediere su realización posterior. Todo ello en el lado de la seguridad.

4.1 Alternativa 1: Cubrir todas las necesidades eléctricas

Caso A: Solución básica

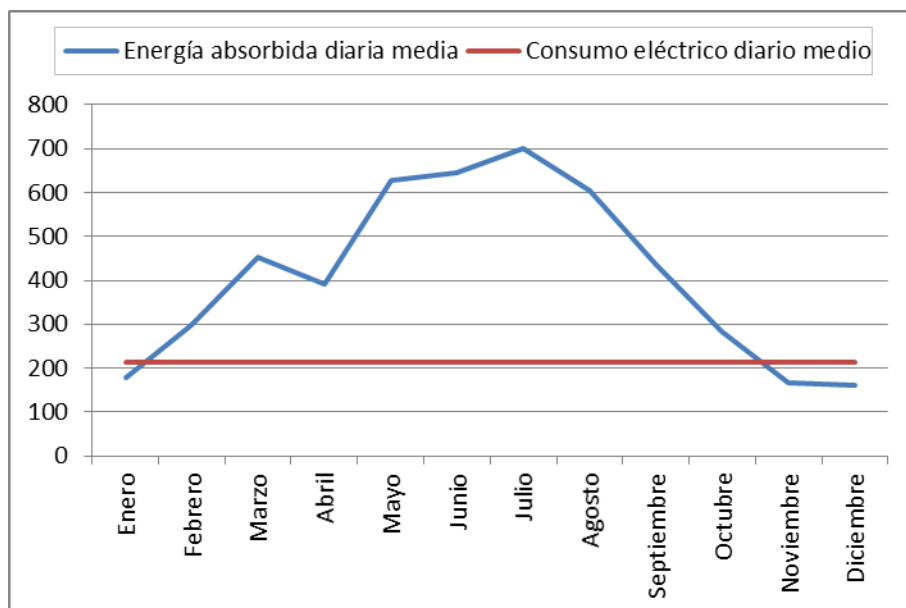
A partir de la energía absorbida diaria media (Figura 3), se ha evaluado el exceso o defecto medio del sistema fotovoltaico para cubrir todo el consumo eléctrico diario medio del pabellón polideportivo.

Existe un déficit a la hora de cubrir el consumo diario medio durante los meses de enero, noviembre y diciembre, siendo diciembre el mes más desfavorable con un déficit energético diario medio de 52,55 kWh/día.

Por lo tanto, las necesidades eléctricas que tienen que ser cubiertas con las baterías es la suma del déficit energético de los tres meses más, ya que son consecutivos, siendo dicho déficit acumulado del orden de los 4.129 kWh.

Esta solución, capaz de cubrir el déficit del consumo total del pabellón, requiere un total de 149 baterías de 24 V y 1.650 Ah de capacidad. Estas baterías son habituales en el mercado y están empleándose en varios edificios municipales de la zona con buenos resultados.

Figura 3: Energía absorbida diaria media y consumo eléctrico diario medio, en kWh/día



Caso B: Solución optimizada

En el mes de diciembre, que es el mes en que menos electricidad se genera, ya que la radiación es menor, se necesitan 21 módulos fotovoltaicos adicionales para eliminar dicho déficit.

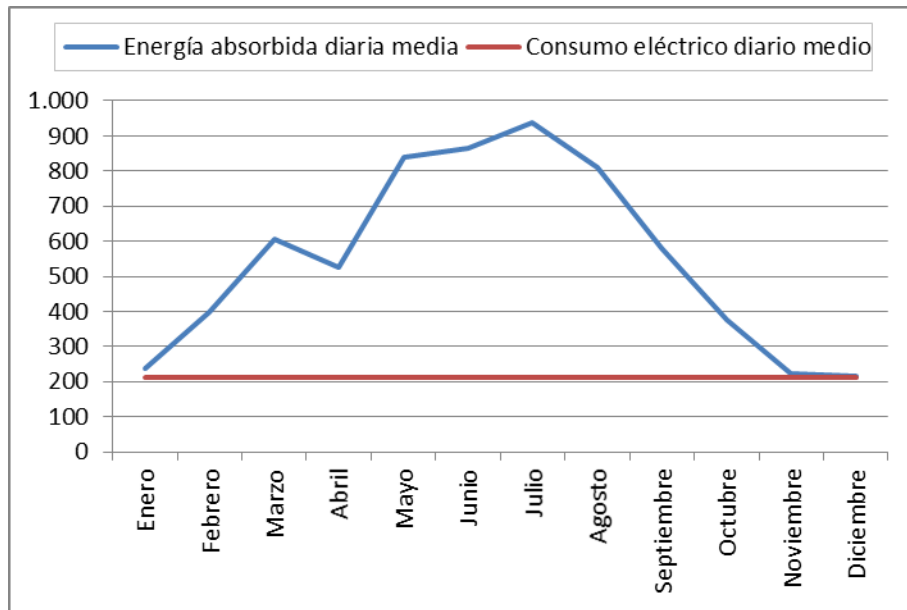
De esta forma, se asegura cubrir el consumo eléctrico total diario del pabellón en el mes más desfavorable y, por lo tanto, también en noviembre y enero, dejando de existir déficit energético (Figura 4).

Esta solución, capaz de cubrir el déficit del consumo total del pabellón, plantea un total de 21 módulos fotovoltaicos adicionales, 36 baterías de 24 V y 1.650 Ah de capacidad, con lo que se asegura una autonomía durante un día y un periodo de cuatro días y medio.

Resultados de las dos casos estudiados

La inversión requerida adicional para el caso A es de 713.040 €, ascendiendo el total a 810.967 €. Los gastos de mantenimiento anuales en el primer año son de 8.125 €. Tras el estudio de viabilidad se obtiene un VAN de -819.189 € y un gasto en un horizonte de veinte años de 901.108 €. Los precios y costes son medios de la zona.

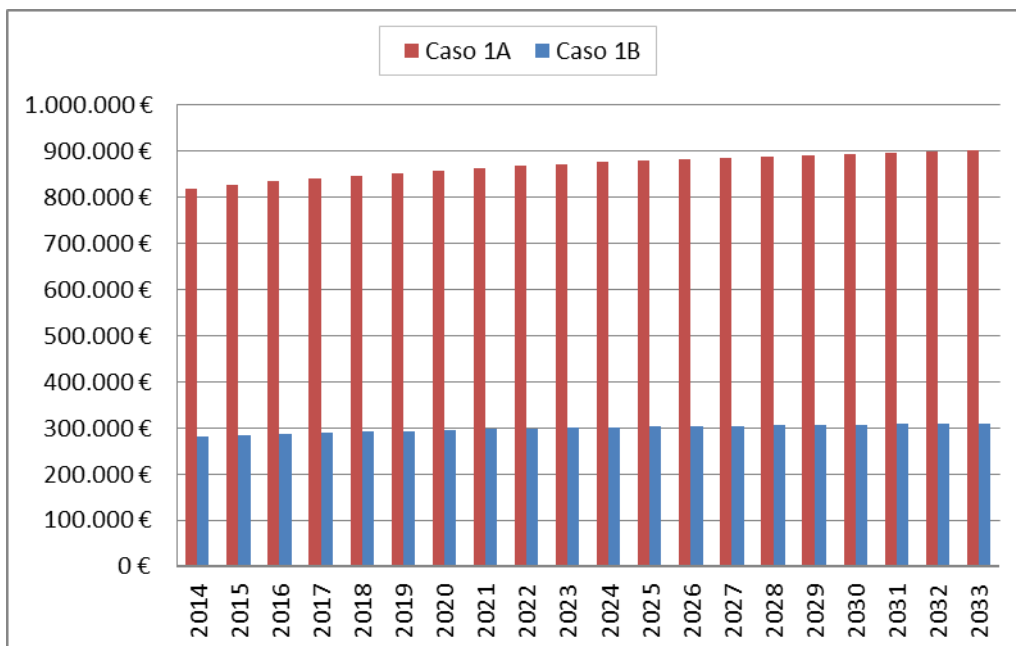
Figura 4: Energía absorbida diaria media y consumo eléctrico diario medio, en kWh/día



La inversión requerida adicional para el caso B es de 181.587 €, ascendiendo el total a 279.514 €. Los gastos de mantenimiento anuales en el primer año son de 2.750 €. Tras el estudio de viabilidad se obtiene un VAN de -281.839 € y un gasto en un horizonte de veinte años de 310.023 €. Los precios y costes son medios de la zona.

En la Figura 5 se enfrenta la evolución del gasto acumulado de los casos A y B de la primera alternativa.

Figura 5: Evolución del gasto acumulado de la alternativa 1: Casos A y B



4.2 Alternativa 2: Cubrir las necesidades eléctricas de iluminación

Caso A: Solución básica

A partir de la energía absorbida diaria media (Figura 6), se ha evaluado el exceso o defecto medio del sistema fotovoltaico para cubrir únicamente el consumo eléctrico de iluminación diario medio del pabellón polideportivo.

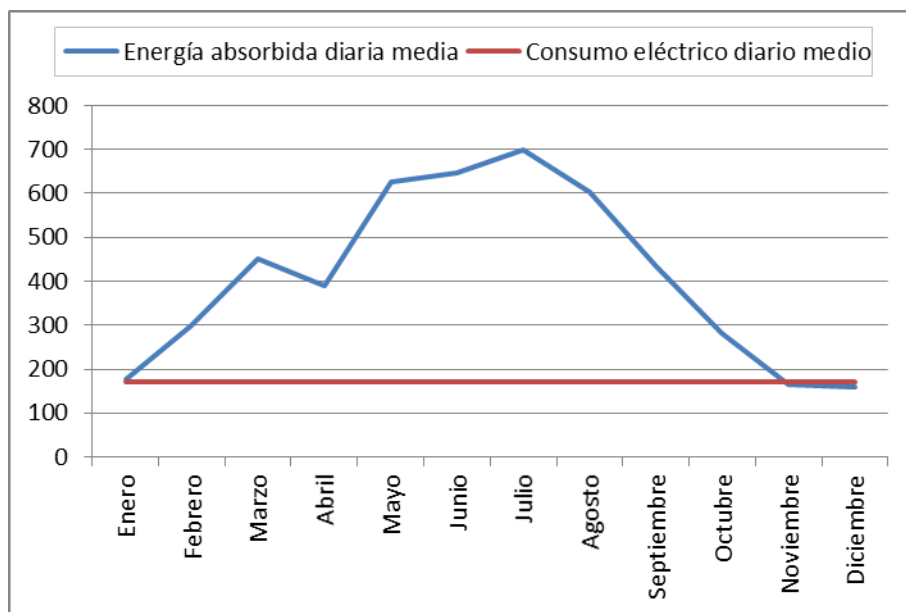
Existe un déficit a la hora de cubrir el consumo diario medio para la iluminación durante los meses de noviembre y diciembre, siendo diciembre el mes más desfavorable con un déficit energético diario medio de 12,08 kWh/día.

Por lo tanto la electricidad que tienen que cubrir las baterías es la suma del déficit energético de estos dos meses, ya que son consecutivos, siendo dicho déficit acumulado de 570 kWh.

Esta solución, capaz de cubrir el déficit del consumo de la iluminación del pabellón, requiere un total de 21 baterías de 24 V y 1.650 Ah de capacidad.

El problema de esta solución es que sólo asegura una autonomía diaria del 72,5% de las necesidades de iluminación y una autonomía de algo más del 70% de las necesidades durante un periodo de cuatro días y medio.

Figura 6: Energía absorbida diaria media y consumo eléctrico diario medio, en kWh/día



Caso B: Solución optimizada

En el mes de diciembre, que es el mes en que menos electricidad se genera, ya que la radiación es menor, se necesitan 5 módulos fotovoltaicos adicionales para eliminar dicho déficit.

De esta forma, se asegura cubrir el consumo eléctrico de iluminación diario del pabellón en el mes más desfavorable y, por lo tanto, también en noviembre, dejando de existir déficit energético (Figura 7).

Esta solución, capaz de cubrir el consumo de la iluminación del pabellón, requiere 5 módulos fotovoltaicos adicionales, 29 baterías de 24 V y 1.650 Ah de capacidad, asegurándonos autonomía durante un día y un periodo de cuatro días y medio.

Resultados de las dos casos estudiados

La inversión requerida adicional para el caso A es de 102.965 €, ascendiendo el total a 200.892 €. Los gastos de mantenimiento anuales en el primer año son de 1.950 €. Tras el estudio de viabilidad se obtiene un VAN de -202.296 € y un gasto en un horizonte de veinte años de 222.526 €. Los precios y costes son medios de la zona.

La inversión requerida adicional para el caso B es de 140.996 €, ascendiendo el total a 238.923 €. Los gastos de mantenimiento anuales en el primer año son de 2.400 €. Tras el estudio de viabilidad se obtiene un VAN de -241.408 € y un gasto en un horizonte de veinte años de 265.549 €. Los precios y costes son medios de la zona.

En la Figura 8 se compara la evolución del gasto acumulado de los casos A y B de la segunda alternativa.

Figura 7: Energía absorbida diaria media y consumo eléctrico diario medio, en kWh/día

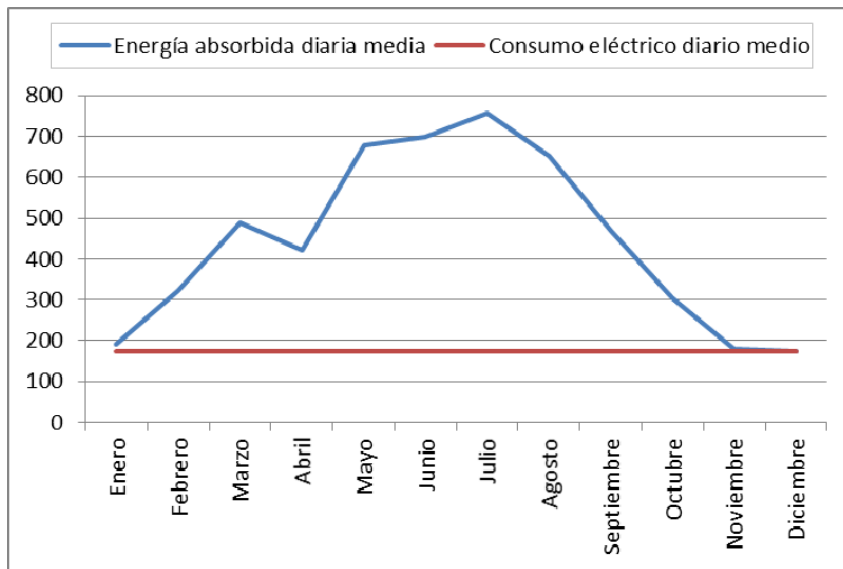
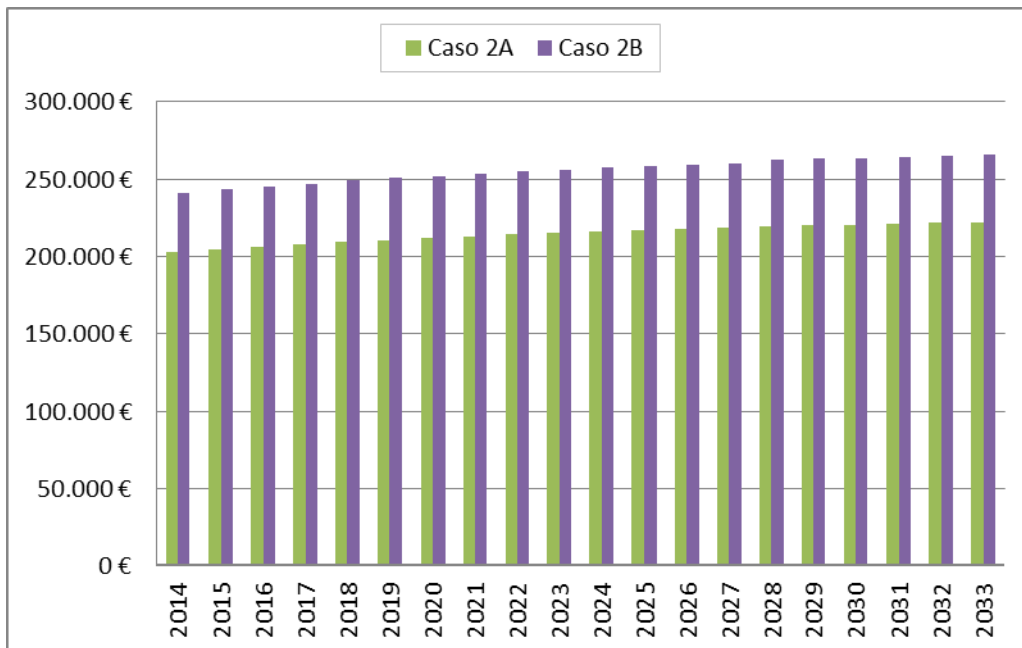


Figura 8: Evolución del gasto acumulado de la alternativa 2: Casos A y B



4.3 Solución óptima

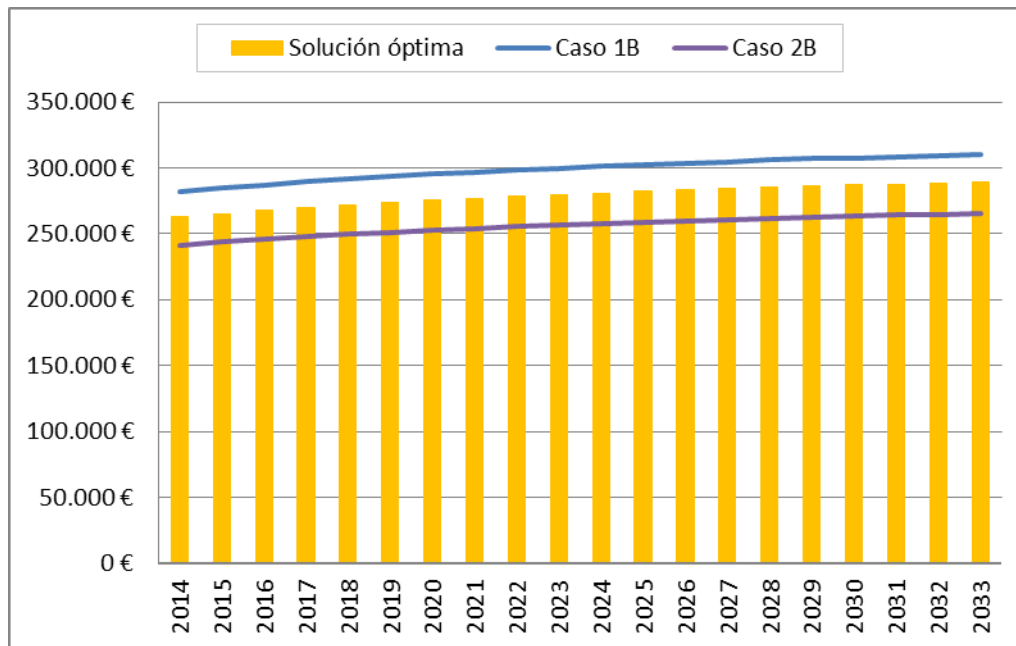
La solución mejor consiste en instalar 21 módulos fotovoltaicos adicionales para que no exista déficit eléctrico en ningún mes del año y 32 baterías de 24 V y 1.650 Ah de capacidad, cubriéndose las necesidades de electricidad diarias para iluminación, si bien sobredimensionadas por motivos de seguridad.

De esta forma se asegura un día de autonomía en el que se pueden cubrir el 100% de las necesidades de iluminación o el 89% de todas las necesidades eléctricas. Además, se pueden cubrir durante un periodo de cuatro días todas las necesidades eléctricas o durante un periodo de cinco días las necesidades de iluminación.

La inversión requerida adicional es de 162.445 €, ascendiendo el total a 260.372 €. Los gastos de mantenimiento anuales en el primer año son de 2.600 €. Tras el estudio de viabilidad se obtiene un VAN de -262.925 € y un gasto en un horizonte de veinte años de 289.217 €.

En la Figura 9 se comparan las soluciones optimizadas de las dos alternativas estudiadas y la solución óptima.

Figura 9: Evolución del gasto acumulado para el caso B de cada alternativa y para la solución óptima



5. Análisis de los resultados obtenidos

Siempre se han considerado precios medios y costes de la zona, en situaciones similares.

En la primera alternativa, la inversión requerida adicional para el primer caso (apoyo solamente con baterías) es de 713.040 €, ascendiendo el total de la misma a 810.967 €.

Los gastos de mantenimiento anuales en el primer año son del orden de 8.125 €. El gasto en un horizonte de veinte años de 901.108 €.

Para el segundo caso (solución optimizada), la inversión requerida adicional es de 181.587 €, ascendiendo el total a 279.514 €.

Los gastos de mantenimiento anuales en el primer año son de 2.750 €, con un gasto en un horizonte de veinte años de 310.023 €.

Para la segunda alternativa, en la que sólo se consideran las necesidades de iluminación, la inversión requerida adicional para el caso primero es de 102.965 €, ascendiendo el total de la misma a 200.892 €.

Los gastos de mantenimiento anuales en el primer año son de 1.950 €. El gasto en un horizonte de veinte años de 222.526 €.

Para el segundo caso, la inversión requerida adicional es de 140.996 €, ascendiendo el total a 238.923 €.

Los gastos de mantenimiento anuales en el primer año son de 2.400 €. El gasto en un horizonte de veinte años de 265.549 €.

6. Conclusiones

Uno de los principales inconvenientes que presentan los sistemas aislados basados en energía solar fotovoltaica es que, aunque se pretendan cubrir todas las necesidades eléctricas anuales, existen periodos de tiempo que presentan un déficit energético importante que debe ser paliado almacenando la energía excedente en otros periodos anteriores, si se quiere trabajar de forma aislada.

Para el correcto funcionamiento del polideportivo municipal se han considerado dos alternativas posibles de funcionamiento.

La primera trata de cubrir las necesidades anuales totales de electricidad que se consumen en el pabellón. La segunda, únicamente las necesidades anuales de iluminación del mismo.

Para cada una de estas dos alternativas se estudian y comparan dos posibles soluciones: Una solución basada en una instalación fotovoltaica apoyada únicamente con baterías y otra solución basada en una instalación fotovoltaica que se ha decidido optimizar económicamente, incrementando el número de módulos fotovoltaicos para reducir el número de baterías.

Es conocido ampliamente en el sector que cuando se ajusta la producción eléctrica al consumo, en el caso de las instalaciones conectadas, la viabilidad económica de las instalaciones, en general, es siempre negativa.

En el caso de las instalaciones aisladas, es preciso que se desarrolle una legislación más coherente y general con los objetivos perseguidos en Europa, como es el amparado en el denominado objetivo 20-20-20 para el 2020, teniendo las energías renovables un papel esencial en su cumplimiento, posibilitando una economía verde y sostenible.

Para cumplir este objetivo europeo serán necesarias, en el caso de edificios municipales, unas subvenciones estratégicas que aseguren una viabilidad y sostenibilidad, para estos casos y situaciones, lo que permitirá conseguir y servir de referencia a la propia Administración, en este caso la Comunidad Autónoma de La Rioja (CAR).

La Administración debe dar ejemplo, si bien debe disponer de los recursos necesarios para el mantenimiento de los servicios públicos, a ser posible siempre de forma sostenible en lo económico y en lo medioambiental.

Referencias

ASIF/UNEF (Asociación de la Industria Fotovoltaica/Unión Española Fotovoltaica). *La Energía fotovoltaica conquista el mercado. Informe anual 2014*. JOMAGAR. Madrid, 2015. También en: www.unef.es.

- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). *Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red*. PROGENSA. Madrid, 2009.
- IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. *Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*. PROGENSA. ISBN: 978-84-95693-62-4. Madrid, 2011.
- LÓPEZ GONZÁLEZ, L. M. *Las energías renovables y sus posibilidades en La Rioja*. Logroño: López & Da Vinci Editores, 2015 (en preparación). 368 p.
- LÓPEZ OCHOA, L. M. et al. *Estudio previo de diferentes líneas estratégicas como base de un futuro Plan Energético de La Rioja (2014)*. Logroño: Gobierno de La Rioja, 2014 (acceso restringido). 258 p.
- LÓPEZ OCHOA, L. M. et al. *Estudio previo de diferentes líneas estratégicas como base de un futuro Plan Energético de La Rioja (2014)*. Logroño: Gobierno de La Rioja, 2015 (Disponible Resumen ejecutivo). 48 p.

