

New regulatory aspects for grid-connected photovoltaic systems in Spain

José Alberto Santana Rodríguez¹, Jorge Muñoz Estrada¹, Francisco David Trujillo Aguilera¹,
Francisco José Ruiz Sánchez² y Carlos María Fernández Romero²

¹ Departamento de Tecnología Electrónica
Escuela Universitaria Politécnica, Universidad de Málaga
Plaza El Ejido s/n, 29013 Málaga (España)

Tel.:+34 952 131424/7172, fax:+34 952 132733, e-mail: jasantana@supercable.es, estrada@uma.es, fdtrujillo@uma.es

² Empresa Municipal Aguas de Málaga, S.A.
C/ Julio Verne, 2, 29010 Málaga (España)
Tel.:+34 952 641200, fax:+34 952 640056, e-mail: fjrs@emasa.es, cmfr@emasa.es

Resumen. El sol constituye una fuente de energía de vital importancia para la humanidad. Existen diferentes posibilidades de aprovechamiento de la energía procedente del sol. En los últimos años, se ha extendido la utilización de la energía solar para la generación de electricidad, siendo el empleo de instalaciones solares fotovoltaicas el método más común en la actualidad.

La producción de energía solar mediante la instalación de paneles fotovoltaicos en España se encuentra en una situación de elevado crecimiento. Se prevé que para el año 2010 la potencia solar fotovoltaica instalada sea diez veces superior a la del año 2004.

La legislación específica referida a la energía solar fotovoltaica en España ha ido desarrollándose de acuerdo al grado de madurez del sector en cada momento. El desarrollo de la energía solar fotovoltaica instalada ha exigido una renovación de la normativa específica en el último año.

Esta comunicación presenta los últimos avances que se han producido en la legislación del sector de la energía fotovoltaica en España y señala las tendencias que van a seguir las instalaciones solares fotovoltaicas en los próximos años. Como ejemplo, se muestra el proyecto de una instalación solar fotovoltaica analizada de acuerdo a la normativa actualizada.

Palabras llave: energía solar fotovoltaica, sistemas fotovoltaicos conectados a red, distribución de energía eléctrica, legislación sobre energías renovables.

1. Introducción

El sol ha sido una constante fuente energética en las diferentes áreas de actividad que el hombre ha desarrollado a lo largo de su evolución. El sol tiene alrededor de 4500 millones de años de edad. Desde su nacimiento ha consumido la mitad del hidrógeno de su núcleo; continuará irradiando su energía durante otros 5000 millones de años. Dicha energía radiante está producida por reacciones de fusión nuclear. Durante el presente año, el sol arrojará sobre la tierra cuatro mil veces más energía que la que se prevé será consumida por la población mundial en este año [1].

Las ventajas de la energía solar son muy numerosas en comparación con las de las energías convencionales. Es la energía más respetuosa con el medio ambiente y sus recursos son inagotables a escala humana. Su implantación no es perjudicial para la calidad del aire, de los suelos, del agua y de la flora y fauna. Son instalaciones silenciosas, limpias y con una larga vida útil (entre 20 y 30 años). Los costes de mantenimiento y el riesgo de avería de estas instalaciones son muy bajos. Permite generar energía cerca de donde se necesita, sin necesidad de construir y mantener costosas infraestructuras de transporte y permitiendo el suministro eléctrico en zonas de difícil acceso de la red de distribución de energía eléctrica. Es una energía descentralizada que puede ser captada y utilizada en todo el territorio. Además, una instalación de este tipo es fácilmente modulable, con lo que se puede aumentar o reducir la potencia instalada según las necesidades. Por último, se trata de una tecnología en rápido desarrollo que tiende a reducir costes y aumentar el rendimiento [2].

La energía solar fotovoltaica también presenta una serie de inconvenientes: la inversión inicial para la implantación de instalaciones es aún bastante elevada. Se prevé una reducción de costes en el futuro inmediato, debido a la mejora en la eficiencia de los paneles fotovoltaicos. La energía solar es discontinua en el tiempo y dependiente de factores meteorológicos (nubosidad, etc.), estación del año, etc. Asimismo, la energía solar llega de forma desigual a la superficie terrestre, produciéndose mayor incidencia en la zona del ecuador. Un último inconveniente radica en la imposibilidad de almacenar de forma eficiente la energía captada, siendo necesaria la utilización de baterías [2].

España es un país especialmente favorecido por la radiación solar, gracias a su privilegiada situación y climatología respecto al resto de países europeos, ya que sobre cada metro cuadrado de su suelo inciden al año unos 1500 kWh de energía, cifra similar a la de muchas regiones de América Central y América del Sur.

La energía solar se utiliza de dos formas diferentes: energía solar térmica y energía solar fotovoltaica. La energía solar térmica tiene como objetivo el calentamiento de agua para diversas aplicaciones, tanto en el ámbito doméstico como industrial: agua caliente sanitaria (ACS), calefacción, desaladoras, arquitectura bioclimática, centrales solares, etc. Por otro lado, el propósito de la energía solar fotovoltaica es la producción de energía eléctrica mediante paneles solares. Esta comunicación se centra en esta segunda forma de utilización.

Se define un sistema fotovoltaico como un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que son capaces de captar y transformar la energía solar disponible, transformándola en energía eléctrica. Las posibles aplicaciones de la energía solar fotovoltaica son muy diversas. En general se distingue entre aplicaciones aisladas de la red de distribución eléctrica y aplicaciones conectadas a la red. Entre las aplicaciones aisladas de la red se encuentran la electrificación de viviendas rurales, equipos y estaciones de comunicaciones, equipos de telediagnóstico, señalización, protección de gasoductos y oleoductos, iluminación pública, cargadores de baterías, etc. Por su parte, las aplicaciones conectadas a la red se pueden dividir en aplicaciones de pequeño tamaño (p.e., edificios de viviendas) y de gran tamaño (p.e., centrales solares, ver Fig.1) [2].



Fig. 1. Central solar Toledo PV (1 MW)

A continuación, en el apartado 2 se presentan las características principales de los sistemas fotovoltaicos conectados a red. En el apartado 3 se realiza un repaso de los antecedentes regulatorios en el campo de la energía solar fotovoltaica en España; se prosigue en el apartado 4 presentando las novedades regulatorias del sector. Se presenta en el apartado 5 una aplicación práctica de la regulación revisada. Finalmente, en el apartado 6 se detallan algunas conclusiones de la comunicación.

2. Sistemas fotovoltaicos conectados a red

Una instalación fotovoltaica conectada a la red de distribución de energía eléctrica está compuesta principalmente por un generador fotovoltaico y un sistema inversor que convierte la corriente continua procedente del generador fotovoltaico en corriente alterna. En el caso de sistemas no conectados a la red, es necesario también un sistema de acumulación (baterías).

La vida útil de este tipo de instalaciones es aproximadamente de 20 a 30 años. El período de recuperación energético (tiempo en el cual el panel fotovoltaico produce la energía que se empleó en construirlo) es aproximadamente de 2 a 3 años.

A continuación se describen los elementos constitutivos de un sistema de energía solar fotovoltaica conectado a la red [2]:

A. Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico es el resultado del ensamblaje de un conjunto de módulos fotovoltaicos. A su vez, los módulos fotovoltaicos están formados por asociación de células fotovoltaicas. Estas células son las que convierten la energía solar en electricidad. Los módulos fotovoltaicos pueden tener diferentes tamaños: los más utilizados están formados por 36 células conectadas eléctricamente en serie, con una superficie que oscila entre los 0,5 m² y los 1,3 m². Los módulos fotovoltaicos se ensamblan en serie o en paralelo para que el generador fotovoltaico proporcione al sistema las características de tensión e intensidad deseadas (normalmente tensión inferior a 48 V). Los módulos fotovoltaicos que componen el generador están montados sobre una estructura mecánica capaz de sujetarlos y orientada para optimizar la radiación solar (Fig. 2). El generador fotovoltaico produce energía eléctrica en forma de corriente continua.



Fig. 2. Generador fotovoltaico

B. Equipo de acondicionamiento de potencia

El generador fotovoltaico produce la energía eléctrica en forma de corriente continua. Para transformar la energía eléctrica producida por un generador solar fotovoltaico (corriente continua) en electricidad con las mismas características que las de la red convencional (corriente alterna a 220 voltios y frecuencia de 50 Hz) se necesita un inversor; inversor que debe sincronizarse con la frecuencia de red y proporcionar los mecanismos necesarios para minimizar la inyección de armónicos en la red eléctrica. Las instalaciones solares fotovoltaicas están obligadas a entregar la energía a la red en condiciones técnicas adecuadas, de forma que no se causen trastornos al normal funcionamiento del sistema eléctrico.

C. Equipo de protección y medida

Como en cualquier otro tipo de instalación eléctrica de baja tensión, en las instalaciones solares fotovoltaicas existe la posibilidad de descarga eléctrica y/o cortocircuito. Aunque en estas instalaciones el riesgo es muy bajo, para evitarlo existen los dispositivos de protección que se montan en las instalaciones normales de baja tensión: magnetotérmicos, interruptores diferenciales, tierras, etc. Además, el generador fotovoltaico necesita dos contadores ubicados entre el inversor y la red: uno, para cuantificar la energía que se genera e inyecta en la red para su posterior remuneración; y otro, para cuantificar el consumo del inversor en ausencia de radiación solar así como para garantizar a la compañía eléctrica el registro de los posibles consumos que el titular de la instalación pudiera hacer. El suministro de electricidad a la instalación se realiza desde la red, con su propio contador, siendo una instalación eléctrica totalmente independiente y en paralelo con la instalación fotovoltaica.

D. Punto de conexión a la red

La línea de conexión es la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de la red de la empresa distribidora o con la acometida del usuario, denominado punto de conexión y medida. Este punto de conexión se establecerá de común acuerdo entre el titular y la empresa distribidora. El titular solicitará a la empresa distribidora el punto que considere más apropiado, y la empresa distribidora notificará al titular la aceptación o justificará otras alternativas. Para establecer el punto de conexión a la red de distribución se tendrá en cuenta la capacidad de transporte de la línea, la potencia instalada en los centros de transformación y las distribuciones en diferentes fases de generadores en régimen especial provistos de inversores monofásicos.

La Fig. 3 presenta las diferentes partes de un sistema fotovoltaico conectado a red.

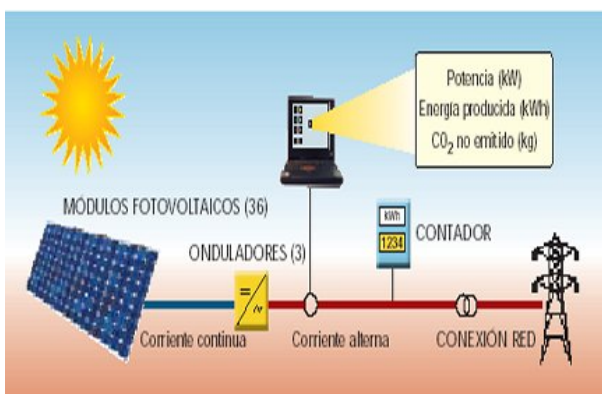


Fig. 3. Sistema fotovoltaico conectado a red

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red están conectados de forma permanentemente. Toda la energía eléctrica que genera un sistema fotovoltaico es transferida a la red eléctrica; mientras que los consumos

de la instalación solar fotovoltaica se realizan directamente desde la red eléctrica. El hecho de que las instalaciones solares fotovoltaicas no utilicen para su propio consumo la energía que ellos mismos generan se debe a la mayor rentabilidad obtenida al vender la energía generada a la empresa distribidora.

3. Antecedentes regulatorios

La legislación específica sobre energía solar fotovoltaica en España ha ido modificándose conforme el sector ha evolucionado.

La Ley 54/1997, de 27 noviembre, del sector eléctrico, supuso un nuevo marco en la organización y funcionamiento del sector eléctrico español. Esta Ley tuvo como fin básico establecer la regulación del sector eléctrico en España, con el triple objetivo de garantizar el suministro eléctrico, la calidad de dicho suministro y su realización con el menor coste posible, todo ello sin olvidar la protección del medioambiente, aspecto que adquiere especial relevancia dadas las características de este sector económico [3].

Esta Ley diferencia la generación de electricidad en régimen ordinario y en régimen especial. Así, en el Capítulo Segundo del Título IV se establece que, entre otras, tendrán consideración de régimen especial aquellas instalaciones de generación cuya potencia instalada no supere los 50 MW y utilicen como energía primaria alguna de las energías renovables no consumibles, biomasa o cualquier tipo de biocarburante, siempre y cuando su titular no realice actividades de producción en el régimen ordinario. Por tanto, el aprovechamiento de energía solar fotovoltaica en instalaciones conectadas a red tendrá consideración de régimen especial de producción eléctrica.

La misma Ley establece que el régimen retributivo de las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial se completará con la percepción de una prima, con objeto de promover la implantación de este tipo de instalaciones de generación. Además, en el caso de la energía solar fotovoltaica, la Ley señala que el Gobierno podrá autorizar primas superiores a las previstas para el resto de instalaciones de producción en régimen especial.

Posteriormente, el siguiente hito legislativo referido a las instalaciones solares fotovoltaicas fue el Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración. Este Real Decreto trata de adecuar el funcionamiento del régimen especial a la nueva regulación e introducción de competencia. Además, se impulsa el desarrollo de instalaciones de régimen especial mediante la creación de un marco favorable sin incurrir en situaciones discriminatorias que pudieran ser limitadoras de una libre competencia. Para alcanzar este objetivo, el Real Decreto establece un sistema de incentivos temporales para aquellas instalaciones de régimen especial que requieren de ellos para situarse en

posición de competencia en un mercado libre. Sin embargo, para las instalaciones basadas en energías renovables y de residuos, el incentivo establecido no tiene límite temporal debido a que se hace necesario internalizar sus beneficios medioambientales y a que, por sus especiales características y nivel tecnológico, sus mayores costes no les permiten la competencia en un mercado libre. Es decir, la prima a la producción de energía eléctrica mediante instalaciones solares fotovoltaicas estará presente a lo largo de toda la vida útil de estas instalaciones [4].

Asimismo, este Real Decreto otorga a los productores en régimen especial el derecho de conectar en paralelo su grupo o grupos generadores a la red de la compañía eléctrica distribuidora. Además, reconoce como derecho la posibilidad de transferir al sistema a través de la compañía distribuidora de electricidad su producción o excedentes de energía eléctrica, siempre que técnicamente sea posible su absorción por la red y percibir por ello el precio del mercado mayorista más los incentivos previstos (primas) en el régimen económico de este Real Decreto.

Los titulares de instalaciones incluidas en el régimen especial sólo podrán incorporar al sistema la energía eléctrica excedentaria de la producida por sus instalaciones, salvo la correspondiente a instalaciones incluidas en los grupos b.1, b.2, b.3, b.4 y b.5 del Artículo 2 de este Real Decreto, que podrán incorporar a la red la totalidad de la energía eléctrica producida, en tanto no se alcance el 12 por 100 del total de la demanda energética al que hace referencia la disposición transitoria 16.a de la Ley del Sector Eléctrico. Particularmente, las instalaciones solares fotovoltaicas se encuadran en el grupo b.1 (únicamente utilizan como energía primaria la energía solar). Como consecuencia, toda la energía que producen estas instalaciones puede ser inyectada en la red; esto permite la retribución de la prima correspondiente al total de la generación eléctrica producida.

El Artículo 23 del Capítulo IV, sobre régimen económico, determina que los titulares de instalaciones de producción en régimen especial no tendrán obligación de formular ofertas al mercado mayorista para dichas instalaciones; tendrán, eso sí, el derecho a vender la producción de energía eléctrica a los distribuidores al precio final horario medio del mercado de producción de energía eléctrica, complementado en su caso por una prima o incentivo.

La retribución que los productores obtienen por la cesión de energía eléctrica proveniente de instalaciones de producción en régimen especial será:

$$R = P_m + P_r \pm ER \quad (1)$$

siendo:

R = retribución en euros/kWh

P_m = precio de mercado

P_r = prima por régimen especial

ER = complemento por energía reactiva

Las instalaciones del grupo b.1 tendrán las siguientes primas: 39'67 c€/kWh para instalaciones con potencia instalada menor que 5 kW y 21'63 c€/kWh para instalaciones con potencia mayor o igual que 5 kW. Estas primas serán revisadas cada cuatro años. Se puede observar en esta reglamentación la promoción de instalaciones solares fotovoltaicas de pequeña potencia (en comparación con legislaciones posteriores) como consecuencia del grado de madurez del mercado solar fotovoltaico en el año de promulgación del Real Decreto.

Como tercer peldaño en el desarrollo legislativo de la energía solar fotovoltaica en España se encuentra el *Real Decreto 1663/2000*, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión. Este Real Decreto es de aplicación a las instalaciones fotovoltaicas de potencia nominal no superior a 100 kVA y cuya conexión a la red de distribución se efectúe en baja tensión. A estos efectos, se entenderá por conexión en baja tensión aquella que se efectúe en una tensión no superior a 1 kV [5].

Se señala en este Real Decreto como condición específicas de interconexión que se podrán conectar instalaciones fotovoltaicas en baja tensión siempre que la suma de sus potencias nominales no exceda de 100 kVA. Además, si la potencia nominal de la instalación fotovoltaica a conectar a la red de distribución es superior a 5 kW, la conexión de la instalación fotovoltaica a la red será trifásica. Dicha conexión se podrá realizar mediante uno o más inversores monofásicos de hasta 5 kW, a las diferentes fases, o directamente un inversor trifásico.

Además, se regula y especifica el procedimiento a seguir para la conexión a la red de baja tensión.

Este Real Decreto se complementa con la Resolución del 31 de mayo de 2001, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establece el modelo de contrato tipo y el modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

4. Regulación actual

La última incorporación regulatoria para los sistemas fotovoltaicos ha sido el *Real Decreto 436/2004*, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Con este Real Decreto queda derogado el Real Decreto 2818/1998, comentado en el apartado anterior [6].

En este Real Decreto se define un sistema de retribución basado en la libre voluntad del titular de la instalación. Éste puede optar por vender su producción al distribuidor o vender dicha producción directamente en el mercado diario, debiendo esperar al menos un año para cambiar de opción. En el primero de los casos, percibirá una retribución en forma de tarifa regulada, única para todos los períodos de programación, que se define como un porcentaje de la tarifa eléctrica media o de referencia (TMR) regulada en el Real Decreto 1432/2002, de 27 de

diciembre, y que, por tanto, indirectamente, está basada en el precio del mercado de producción. Si, por el contrario, decide vender su producción en el mercado diario, en el mercado a plazo o a través de un contrato bilateral percibirá el precio negociado en el mercado, más un incentivo por participar en él y una prima, si la instalación concreta tiene derecho a percibirla. Este incentivo y esta prima complementaria se definen también genéricamente como un porcentaje de la TMR.

Con este Real Decreto se pretende que en el año 2010 cerca de un tercio de la demanda de electricidad en España esté cubierta por tecnologías de alta eficiencia energética y por energías renovables, sin incrementar el coste de producción del sistema eléctrico. Con esta aportación del régimen especial, será posible alcanzar el objetivo fijado en la Ley 54/1997 de conseguir que en el año 2010 las fuentes de energía renovable cubran, al menos, el 12 por ciento del total de la demanda energética en España.

Se establece un régimen económico duradero para las instalaciones acogidas al régimen especial, basado en una metodología de cálculo de la retribución, objetiva y transparente, compatible con la metodología para la aprobación o modificación de la TMR desarrollada en el Real Decreto 1432/2002. Para el año 2005, según versa en el Real Decreto 2392/2004, de 30 de diciembre, que establece la tarifa eléctrica para 2005, la TMR se fija a un valor de 7'33 c€/kWh [7].

Para instalaciones de energía solar fotovoltaica de no más de 100 kW de potencia instalada, no se podrá acceder al mercado. La compañía distribuidora abonará al productor el 575 por ciento de la TMR (42'15 c€/kWh) durante los primeros 25 años desde su puesta en marcha y el 460 por ciento de la TMR (33'72 c€/kWh) a partir de entonces.

Para el resto de instalaciones fotovoltaicas se puede elegir entre la opción de no acceder o acceder al mercado. En el caso de no acceder al mercado, la compañía distribuidora abonará al productor el 300 por ciento de la TMR (22'00 c€/kWh) durante los primeros 25 años desde su puesta en marcha y 240 por ciento de la TMR (17'60 c€/kWh) a partir de entonces. Si, por el contrario, el titular de la instalación solar fotovoltaica decide acceder al mercado, recibirá el precio resultante del mercado (diferente para cada hora), una prima y un incentivo fijo. La prima corresponde a un 250 por ciento de la TMR (18'32 c€/kWh) durante los primeros 25 años desde su puesta en marcha y un 200 por ciento de la TMR (14'66 c€/kWh) a partir de entonces. Por último, el incentivo es un 10 por ciento de la TMR (0'766 c€/kWh).

Durante el año 2006, a la vista del resultado de los informes de seguimiento sobre el grado de cumplimiento del Plan de Fomento de las energías renovables, se procederá a la revisión de las tarifas, primas, incentivos y complementos definidos en este Real Decreto, atendiendo a los costes asociados a cada una de estas tecnologías, al grado de participación del régimen especial en la cobertura de la demanda y a su incidencia en la gestión técnica y económica del sistema.

Como se comentó en el apartado anterior, el Real Decreto anteriormente vigente (Real Decreto 2818/1998) promovía mediante una mayor retribución instalaciones solares fotovoltaicas inferiores a 5 kW. Sin embargo, en el caso de la nueva reglamentación, el límite al tamaño de la instalación para la obtención de mayores primas es de hasta 100 kW. Este incremento en la potencia instalada para la obtención de las primas ha sido fruto de la maduración del sector fotovoltaico en España en los últimos años. Como consecuencia de esta nueva estructura de primas, es previsible que en los próximos años se produzca en España un incremento masivo de la potencia instalada con tecnología solar fotovoltaica.

La vida útil de las instalaciones solares fotovoltaicas oscila entre 20 y 30 años. Por tanto, la nueva reglamentación proporciona mayor remuneración por kWh instalado en la mayor parte de la vida útil de las instalaciones. Esta circunstancia es especialmente acusada en las instalaciones de 5 kW a 100 kW, que prácticamente doblan los ingresos obtenidos por generación de energía eléctrica: 21'63 c€/kWh en la antigua regulación y 42'15 c€/kWh en la nueva regulación.

5. Estudio de instalación fotovoltaica

Una empresa municipal de Málaga dedicada a la distribución de agua pretende abrir una línea de negocio relacionada con la energía solar fotovoltaica. La empresa pretende emplear el techo de los grandes depósitos de agua repartidos por toda la ciudad de Málaga como ubicación de instalaciones solares fotovoltaicas.

La finalidad de la implantación de instalaciones solares fotovoltaicas por parte de la empresa es doble: por un lado, aprovechar grandes superficies aptas para este tipo de instalaciones y obtener un rendimiento económico de dichas superficies; por otro lado, ofrecer al cliente una imagen de empresa con un planteamiento integral en cuanto a conservación del medioambiente.

Los autores de esta comunicación han realizado un estudio referente a la viabilidad económica y técnica de las diferentes posibilidades de actuación que, en materia de energía solar fotovoltaica, tiene la empresa.

Un factor necesario a la hora de llevar a cabo el estudio técnico es la superficie disponible para las instalaciones solares fotovoltaicas en los depósitos de agua de la empresa. La forma y la superficie de los diferentes depósitos de la empresa son dispares en cada caso, dependiendo de la disponibilidad de espacio y del desarrollo urbanístico alrededor de cada depósito. Debido a esta circunstancia, se ha decidido llevar a cabo el estudio sobre el techo de un típico depósito de agua, con forma rectangular y una superficie aproximada de 1000 m². Un depósito de estas características se encuentra ubicado en una planta de tratamiento de aguas de la empresa (Fig. 4).



Fig. 4. Ubicación del depósito en planta de tratamiento

En instalaciones solares fotovoltaicas se considera que, por término medio, la capacidad de generación de 1 m^2 de superficie es aproximadamente 100 W . Por tanto, para la superficie que ocupa el depósito de agua, la capacidad de generación resultante es alrededor de 100 kW .

En la nueva regulación, como se ha visto anteriormente, una potencia solar fotovoltaica instalada de 100 kW es el límite superior para poder acceder a primas superiores. Por lo tanto, se ha aconsejado a la empresa la elección de una instalación solar fotovoltaica de potencia de $95'04 \text{ kW}$, teniendo en cuenta que parte de la superficie se debe destinar a la aparatenta eléctrica (inversor, protecciones, etc.).

En el caso de que la superficie del depósito sea mayor a 1000 m^2 , se ha sugerido a la empresa no aumentar la potencia instalada para asegurar un retorno de la inversión a menor horizonte temporal.

La inversión inicial en cuanto a los componentes necesarios en instalaciones solares fotovoltaicas es cercana a la cantidad de 6000 €/kW instalado. De esta forma, para una instalación de $95'04 \text{ kW}$ el coste inicial de los componentes asciende a aproximadamente $597220'27 \text{ €}$

Además de los componentes, es necesario incluir en el presupuesto los costes de instalación, legalización y tramitación del expediente. Esta cantidad asciende a $44192'72 \text{ €}$

Esta instalación está sujeta a un tipo del impuesto sobre el valor añadido (IVA) del 16% . Por tanto, el coste total llave en mano de esta instalación solar fotovoltaica es de $744036'07 \text{ €}$ En valores por unidad, esta cantidad supone un desembolso de $7828'69 \text{ €/kW}$ instalado.

Para calcular el beneficio de la instalación, es necesario tener en cuenta la diferente capacidad de generación de la instalación en función del mes en que se trate: los meses de mayor producción corresponden a los meses estivales, excluyendo agosto (debido a un excesivo incremento de la temperatura de los paneles que disminuye su rendimiento). Teniendo en cuenta este factor, la estimación del beneficio económico que proporcionaría la instalación sería cercana a 58900 €/año , suponiendo que la TMR se mantuviera constante. Con este beneficio económico, el período de amortización de la instalación solar fotovoltaica es de $12-13$ años.

En el caso de elegir una instalación con mayor potencia, el coste unitario del kW instalado sería menor por el efecto de economía de escala; sin embargo, el tiempo de amortización de la instalación sería mucho mayor como consecuencia de la imposibilidad de acceder a primas superiores.

6. Conclusiones

En España, la nueva regulación específica del sector de la energía solar fotovoltaica ha permitido un aumento en la potencia de las nuevas instalaciones solares. Esta nueva consideración es debida al hecho del aumento en los ingresos por kWh producidos en instalaciones de mayor tamaño. Se espera que en los próximos años se produzca un elevado incremento en el número de kW instalados de energía solar fotovoltaica. Se ha presentado un estudio de viabilidad realizado a una empresa de distribución de aguas de Málaga realizado de acuerdo a la nueva regulación.

Referencias

- [1] Vázquez Abeledo, Manuel, El sol, algo más que una estrella, Editorial Sirius, Madrid (2004).
- [2] Castro Gil, Manuel Alonso, Energía Solar Fotovoltaica, Editorial Paraninfo, Madrid (2004).
- [3] Boletín Oficial del Estado, Ley 54/1997, de 27 de Noviembre, del Sector Eléctrico, Servicio de Publicaciones de Ministerio de la Presidencia, 28 de Noviembre de 1997.
- [4] Boletín Oficial del Estado, Real Decreto 2818/1998, de 23 de Diciembre, Servicio de Publicaciones de Ministerio de la Presidencia, 30 de Diciembre de 1998.
- [5] Boletín Oficial del Estado, Real Decreto 1663/2000, de 29 de Septiembre, Servicio de Publicaciones de Ministerio de la Presidencia, 30 de Septiembre de 2000.
- [6] Boletín Oficial del Estado, Real Decreto 436/2004, de 12 de Marzo, Servicio de Publicaciones de Ministerio de la Presidencia, 27 de Marzo de 2004.
- [7] Boletín Oficial del Estado, Real Decreto 2392/2004, de 30 de Diciembre, Servicio de Publicaciones de Ministerio de la Presidencia, 31 de Diciembre de 2004.