



**GRUPO FOCAL ESPAÑOL PARA INNOVACIÓN EN  
MATERIA DE REGADÍO, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE**



**ASOCIACIÓN EUROPEA PARA LA INNOVACIÓN: AGRICULTURA PRODUCTIVA Y SOSTENIBLE**

**GRUPO FOCAL ESPAÑOL PARA INNOVACIÓN EN MATERIA  
DE REGADÍO, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE**



GRUPO FOCAL ESPAÑOL PARA INNOVACIÓN EN  
MATERIA DE REGADÍO, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE



## Resultado 2: BANCO DE CONOCIMIENTO INNOVADOR

| FICHAS INCLUIDAS EN EL BANCO DE CONOCIMIENTO INNOVADOR  |  |   |                      |
|---|--|---|----------------------|
| Objetivo Grupo Focal  | Ámbito de innovación   | Tema  | Fichas de innovación |
| 1. Reducción del consumo energético.  | 1. Reducción consumo energético en infraestructuras  | 1. Auditorías energéticas. Predicción, evaluación y monitorización energética. Indicadores. Estandarización. Sellos de calidad. | 5                    |
|   |  | 2. Diseño y gestión de redes de riego a presión, incluyendo balsas, telecontroles y herramientas de ayuda a la toma de decisión | 21                   |
|   |  | 3. Optimización diseño estaciones de bombeo   | 4                    |
|   |  | 4. Optimización diseño y gestión de redes de canales de distribución como alternativa a sistemas a presión                      | 2                    |
|   |  | 5. Mantenimiento de infraestructuras orientado al ahorro de energía   | 2                    |
|   | 2. Reducción consumo energético en parcelas  | 1. Reducción del consumo energético mediante diseño y operación de equipos e instalaciones                                      | 7                    |
|   |  | 2. Mantenimiento de hidrantes para reducción consumo  | 1                    |
| 3. Reducción del consumo de energía por reducción del consumo de agua en parcelas                         |  | 1   |                      |
| 2. Minimización del precio pagado por la energía  | 1. Compra conjunta de energía. Centrales de compra.  | 4   |                      |
|   | 2. Integración con TIC de riego y mercado eléctrico para optimizar tarifas/precios y reducir costes eléctricos | 2   |                      |
| 3. Sustitución de energías convencionales por energías renovables   | 1. Evaluación de la implantación de EE.RR. en zonas regables   | 1   |                      |
|   | 2. Energía eólica  | 1   |                      |
|   | 3. Energía fotovoltaica  | 7   |                      |
|   | 4. Hidroeléctrica  | 5   |                      |
| 4. Mitigación del cambio climático. Reducción / absorción emisiones GEI                                   | 1. Incorporación a estrategias y evaluación de emisiones   | 3   |                      |
|   | 2. Reducción y absorción de emisiones  | 1   |                      |
| 5. Prevención / corrección de impactos ambientales asociados  | Mortalidad de aves en instalaciones eléctricas   | Métodos eficaces para mitigar la mortalidad de aves por electrocución y colisión  | 2                    |
| 6. Prevención / erradicación de especies exóticas invasoras susceptibles de afectar el consumo de energía |  |   | 4                    |





## GRUPO FOCAL ESPAÑOL PARA INNOVACIÓN EN MATERIA DE REGADÍO, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE



| <b>BANCO CONOCIMIENTO INNOVACION: CONTENIDO FICHA TIPO</b>  |
|---|
| <b>Posición en el Banco de Conocimiento innovador: Objetivo // Ámbito // Tema // Código</b>   |
| <b>Denominación de la innovación</b>  |
| <b>Autor/es de la ficha</b>   |
| <b>Qué problema concreto resuelve / oportunidad aprovecha</b>   |
| <b>Concepto y contenido de la innovación</b>  |
| <b>A qué tipo de usuarios les puede resultar más útil (explotaciones, comunidades regantes, empresas suministradoras, consultoras, constructoras, administración sectorial, autoridades ambientales, otros)</b> |
| <b>En qué casos es aplicable</b>  |
| <b>Grado de desarrollo o implantación de la innovación (Resultado de I+D, Prototip, Ensayo pre-comercial, Implantación real &lt; 2,5%, &lt; 15%, &lt; 50%)</b>  |
| <b>Dificultades existentes para su desarrollo (innovaciones en desarrollo)</b>  |
| <b>Dificultades para su diseminación e implantación (innovaciones en implantación)</b>  |
| <b>Consideraciones de coste (implantación y explotación) / beneficio para usuarios, incluyendo cifras de referencia por ha y economías de escala</b>  |
| <b>Ventajas e inconvenientes, tanto para usuarios como para otros ámbitos afectados: técnicos, legales, económicos, ambientales u otros</b>   |
| <b>Patentes, marcas, u otros derechos de propiedad industrial o intelectual a considerar</b>  |
| <b>Centros de I+D+i o investigadores considerados de referencia para la innovación</b>  |
| <b>Empresas o profesionales considerados de referencia para la innovación</b>   |
| <b>Usuarios finales que han aplicado la innovación y han reportado resultados</b>   |
| <b>Enlaces web relevantes</b>   |
| <b>Principal bibliografía</b>   |
| <b>Anexo de imágenes</b>  |

| Posición en el Banco de Conocimiento innovador |  |
|--|--|
| Objetivo                                       | Sustitución de energías convencionales por energías renovables |
| Ámbito   | Energía fotovoltaica   |
| Tema   | Energía fotovoltaica   |

|   |       |
|---|-------|
| Código  | 33101 |
| Denominación de la innovación   |       |
| <i>Diseño y gestión de sistemas de riego a presión (aspersión y goteo) utilizando energía solar fotovoltaica con inyección directa.</i> |       |

|  |  |
|--|--|
| Autorías de la ficha                       |  |
| Miguel Angel Moreno Hidalgo                |  |
| José M <sup>a</sup> Tarjuelo Martín-Benito |  |
| Jesus Montero Martínez                     |  |
| Jorge Cervera Gascó                        |  |
| Amaro del Castillo Sanchez-Cañamares       |  |

|  |
|--|
| Qué problema concreto resuelve / oportunidad aprovecha   |
| Los bombeos solares son cada vez más frecuentes, pero se ha observado que la gestión del riego ante condiciones cambiantes de irradiación solar, necesidades de cultivo y comportamiento de los sistemas de riego antes variaciones de presión, puede llevar a un uso poco eficiente del agua, con gran variabilidad en la uniformidad de riego.   |
| El diseño y dimensionado óptimo de sistemas de riego en parcela de forma integrada con la generación de energía solar fotovoltaica, tanto con placas fijas como giratorias es la base para solventar este problema.  |
| Teniendo en cuenta la variabilidad de la energía generada, se trata de determinar:   |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El tamaño y número de subunidades de riego en que se debe dividir la parcela a regar, así como los intervalos de presión y caudal para cada una de ellas que garanticen un mínimo en la uniformidad de aplicación del agua del riego.</li> <li>2. La programación de riegos y de la fertirrigación de acuerdo con las necesidades del cultivo en cada momento, con ayuda de un autómata programable que controle el agua de riego y fertilizante aplicado según la radiación disponible.</li> <li>3. El telecontrol de los sistemas de riego y la contabilización del agua aplicada en cada sector de riego, que resulta imprescindible en estos sistemas de riego con bombeo solar dada la gran variabilidad que puede haber en la energía disponible.</li> </ol> |

|  |
|--|
| Concepto y contenido de la innovación  |
| El correcto diseño y manejo de los sistemas de riego a presión requieren unas condiciones de caudal y presión adecuada en la entrada de la subunidad para conseguir el objetivo de uniformidad de reparto del agua de riego deseado, pero la energía fotovoltaica que activa el sistema de bombeo depende de la radiación solar directa y difusa que incide sobre las placas solares, con lo que es necesario adecuar la programación de riegos y el manejo de las distintas subunidades de riego de acuerdo a la energía fotovoltaica disponible. La solución óptima puede estar más o menos alejada de las condiciones consideradas en el proyecto y en la obra ejecutada. Para evitar problemas de desajuste se requieren herramientas de ayuda |

| Posición en el Banco de Conocimiento innovador |  |
|--|--|
| Objetivo                                       | Sustitución de energías convencionales por energías renovables |
| Ámbito   | Energía fotovoltaica   |
| Tema   | Energía fotovoltaica   |

|   |
|---|
| en la toma de decisiones (ATD) como las que se presentan a continuación.  |
| <b>PRESUD-Solar.</b> "Integración de los modelos hidráulico y fotovoltaico para optimizar la gestión del bombeo solar con inyección directa al sistema de riego " (UCLM-CREA). Es una herramienta para el manejo óptimo de las subunidades de riego por aspersión o goteo que lleva integrando el modelo hidráulico PRESUD-IR (Camión et al. 2013a y b; Camión et al. 2016, Moreno et al. 2015, en revisión) para buscar el número de sectores y el tamaño de los mismos en que hay que dividir la parcela del riego para optimizar su manejo durante la campaña de riegos, adaptándolo a la energía fotovoltaica disponible en cada momento. La herramienta permite identificar la uniformidad de reparto de agua en cada subunidad en función del caudal y la presión disponible a la entrada de la subunidad, utilizándola como información de base para el autómata programable que gestiona el riego en las distintas subunidades de diferentes tamaños. |
| El módulo fotovoltaico permite, para unas características concretas de placas fotovoltaicas, junto con los datos de radiación en plano horizontal y temperatura de las estaciones agrometeorológicas SIAR, determinar la potencia generada por el sistema solar según el tipo de control utilizado (tensión constante o seguimiento del punto de máxima potencia). Esta información permite: 1) mejorar la gestión de sistemas de riego existentes; 2) ayudar en la toma de decisiones en la implantación de nuevos sistemas.   |

|   |   |                         |   |                           |   |
|---|---|-------------------------|---|---------------------------|---|
| A qué tipo de usuarios les puede resultar más útil (x)  |   |                         |   |                           |   |
| Explotaciones agrícolas   | x | Comunidades de regantes | x | Empresas equipos/software | x |
| Proyectistas  | x | Empresas constructoras  | x | Otras empresas servicios  | x |
| Administración sectorial  | x | Autoridades ambientales |   | Otros                     |   |
| A gabinetes de ingeniería, empresas montadoras de riego y Administraciones públicas que subvencionen proyectos de regadío, para diseñar y dimensionar sistemas de riego a presión alimentados con energía fotovoltaica. |   |                         |   |                           |   |

|   |
|---|
| En qué casos es más aplicable   |
| Sistemas de riego presurizado (goteo y aspersión) alimentados por inyección directa con energía fotovoltaica. |

|  |   |
|--|---|
| Grado de desarrollo o implantación de la innovación (x)        |   |
| Resultado de I+D   |   |
| Prototipo experimental laboratorio                             |   |
| Ensayo piloto en campo / pre-comercial                         |   |
| Implantación real/comercial solo por innovadores (<2,5%),      | x |
| Implantación real/comercial por primeros seguidores (2,5%-15%) | x |
| Implantación real/comercial por mayoría precoz (15%-50%).      |   |



|  |  |
|--|--|
| Posición en el Banco de Conocimiento innovador |  |
| Objetivo                                       | Sustitución de energías convencionales por energías renovables |
| Ámbito   | Energía fotovoltaica   |
| Tema   | Energía fotovoltaica   |

Productos informáticos en fase de calibración y validación como resultado de proyectos de innovación con TRL (Technology Readness Level) de al menos 6.

TRL 1: Observados los principios básicos

TRL 2: Conceptos tecnológicos formulados

TRL 3: Prueba de concepto experimental

TRL4 : Tecnología validada en laboratorio

TRL 5: Tecnología validada en un ambiente relevante.

TRL 6: Tecnología demostrada en un ambiente relevante

TRL 7: Prototipo demostrado en un ambiente operativo

TRL 8: Sistema completo

TRL 9: Sistema completo probado en un ambiente operativo

#### Dificultades existentes para su desarrollo (innovaciones en desarrollo)

La posible alta variabilidad de generación de energía fotovoltaica en condiciones de alta frecuencia de nubosidad.

Para bajo nivel de nubosidad no se prevén grandes problemas para su desarrollo

#### Dificultades existentes para su implantación (innovaciones en implantación)

Necesidad de demostración de que con la radiación solar disponible es posible, con una adecuada gestión y monitorización del sistema, aplicar el agua de forma eficiente, en la cantidad adecuada.

Necesidad de medidas de campo para ajustar adecuadamente la programación de riegos con altos niveles de nubosidad y determinación de la viabilidad técnico-económica de uso de esta tecnología en esas condiciones.

Para bajo nivel de nubosidad, como ocurre en buena parte de las zonas áridas y semiáridas, no se prevén grandes problemas para su implantación.

#### Consideraciones de coste / beneficio para los usuarios, incluidas cifras de referencia

En los seguimientos realizados en parcelas que ya tienen instalado este sistema en viñedo, almendro, nogal, etc., de hasta 5 ha con bombas de corriente continua y hasta 90 ha con corriente alterna, no presentan problemas en la relación coste/beneficio para el usuario.

#### Ventajas e inconvenientes: técnicos, legales, económicos, ambientales u otros

Las ventajas son de todo tipo (técnicas, operacionales, económicas, ambientales y sociales) pues se trata de autoconsumo de energía fotovoltaica, asegurando una adecuada aplicación del agua de riego.

Desde el punto de vista legal hay una alta inestabilidad que puede poner en riesgo la decisión

|  |  |
|--|--|
| Posición en el Banco de Conocimiento innovador |  |
| Objetivo                                       | Sustitución de energías convencionales por energías renovables |
| Ámbito   | Energía fotovoltaica   |
| Tema   | Energía fotovoltaica   |

del agricultor hacia una inversión a largo plazo.

La descoordinación entre el sistema hidráulico y el fotovoltaico puede originar los problemas típicos de una inadecuada programación de riegos, con perjuicios para el adecuado desarrollo y crecimiento del cultivo y por un uso desproporcionado de agua, con importantes niveles de percolación al tender a utilizar más agua de la necesaria al no tener coste de energía, que se pueden solventar con modelos de gestión en los que el agricultor pueda evaluar el funcionamiento de su sistema.

#### Patentes, marcas, u otros derechos de propiedad industrial o intelectual a considerar

El software está pendiente de registro y obtención de derechos de propiedad intelectual

#### Centros de I+D+i o investigadores que han acreditado interés y experiencia y han contribuido a completar la información de esta ficha

Centro Regional de Estudios del Agua (CREA) de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM).

#### Empresas o profesionales que han acreditado interés y experiencia y han contribuido a completar la información de esta ficha

ARENTIO, empresa enfocada al desarrollo de proyectos de bombeos solares para riego, tanto en impulsión directa como bombeo a embalse y monitorización en web de sistemas de bombeo.

#### Usuarios que informan haber aplicado la innovación, y resultados reportados

1. Finca "Los Peruelos" de Hellín, Albacete. Es una explotación con 90 ha de almendro regados por goteo subterráneo que es alimentado directamente bombeando desde un sondeo con energía solar de 30 kWp. Para resolver los problemas de gestión y de calidad del riego que tienen en estos momentos, se están planteando la posibilidad de realizar un embalse elevado para llenarlo desde el sondeo y alimentar directamente al sistema de riego. Se han implementado las herramientas descritas y se está en fase de implementación de los resultados obtenidos con PRESUB-SOLAR. La fuente de agua es subterránea con un nivel dinámico de aproximadamente 200 m.
2. Parcela de 4 ha con nogales regados por goteo, en Santa Ana, Albacete. Esta parcela cuenta con cuatro sectores previamente existentes que regaban con un grupo electrógeno y en la actualidad se ha instalado un sistema solar de 15 kWp. La fuente de agua es subterránea con un nivel dinámico de aproximadamente 100 m.
3. Parcela de 4 ha de viñedo regado por goteo, con tres sectores, en Consuegra, Toledo, utilizando dos bombas de 1400 W alimentadas directamente desde las placas con corriente continua. Se utiliza agua subterránea con nivel dinámico a 20 m, existiendo un control automático del riego y la fertirrigación.

#### Enlaces web relevantes

|  |  |
|--|--|
| Posición en el Banco de Conocimiento innovador |  |
| Objetivo                                       | Sustitución de energías convencionales por energías renovables |
| Ámbito   | Energía fotovoltaica   |
| Tema   | Energía fotovoltaica   |

|   |  |
|---|--|
| <a href="http://brea.uclm.es/brea/descargas/mafiab.php?s=aspersiorygoteo">http://brea.uclm.es/brea/descargas/mafiab.php?s=aspersiorygoteo</a>   |  |
| Principal bibliografía  |  |
| Carrón F., Tarjuelo J.M., Hernández D., Moreno M. A. 2013a. Design of microirrigation subunit of minimum cost with proper operation. <i>Irrig Sci</i> , 31:1199-1211  |  |
| Carrón F., Tarjuelo J. M., Carrón P., Moreno M. A. 2013b. Low-cost microirrigation system supplied by groundwater: An application to pepper and vineyard crops in Spain. <i>Agricultural Water Management</i> 127: 107- 116               |  |
| Carrón F., Sanchez-Vizcaino J., Corcoles J.I, Tarjuelo J.M., Moreno M.A. 2016. Optimization of groundwater abstraction and distribution in pressurized irrigation systems for minimum cost. <i>Irrig. Sci.</i> (accepted for publication) |  |
| Moreno M.A., del Castillo A., Montero J., Tarjuelo J.M., Ballesteros R. 2016. Design optimization of irregular pressurized irrigation subunits. <i>Biosystems Engineering</i> . (in revision)   |  |
| Anexo de imágenes   |  |
|   |  |

|  |  |
|--|--|
| Posición en el Banco de Conocimiento innovador |  |
| Objetivo                                       | Sustitución de energías convencionales por energías renovables |
| Ámbito   | Energía fotovoltaica   |
| Tema   | Energía fotovoltaica   |

|   |       |                         |   |                           |   |
|---|-------|-------------------------|---|---------------------------|---|
| Código  | 33102 |                         |   |                           |   |
| Denominación de la innovación   |       |                         |   |                           |   |
| <i>Especificaciones técnicas y procedimientos de control de calidad de sistemas de bombeo fotovoltaico, preparadas para usar en marcos contractuales o convocatorias públicas</i>   |       |                         |   |                           |   |
| Autores de la ficha   |       |                         |   |                           |   |
| Luis Navarte Fernández  |       |                         |   |                           |   |
| Qué problema concreto resuelve / oportunidad aprovecha  |       |                         |   |                           |   |
| Resuelve el riesgo de mala calidad técnica del sistema de bombeo fotovoltaico y la mala experiencia del usuario final que pone en riesgo la evolución del mercado de esta tecnología.   |       |                         |   |                           |   |
| Concepto y contenido de la innovación   |       |                         |   |                           |   |
| Se trata de desarrollar especificaciones técnicas que aseguren la calidad de los componentes y del sistema de bombeo fotovoltaico en su totalidad. Calidad aquí quiere decir fiabilidad, eficiencia y durabilidad del sistema.<br>Las especificaciones técnicas deben ir acompañadas de procedimientos de control de calidad en laboratorio y en el terreno que permitan comprobar su cumplimiento.<br>El conjunto especificaciones técnicas y procedimientos de control de calidad se diseñarán para que puedan incluirse directamente en los contratos entre promotores e instaladores o en el anexo técnico de convocatorias públicas.<br>Además se diseñarán para facilitar la bancabilidad de los sistemas de bombeo fotovoltaico cuando se financien bajo esquemas de "Project Finance" y Due Diligence". |       |                         |   |                           |   |
| A qué tipo de usuarios les puede resultar más útil (x)  |       |                         |   |                           |   |
| Explotaciones agrícolas   | X     | Comunidades de regantes | X | Empresas equipos/software |   |
| Proyectistas  | X     | Empresas constructoras  | X | Otras empresas servicios  | X |
| Administración sectorial  | X     | Autoridades ambientales |   | Otros                     |   |
| En qué casos es aplicable   |       |                         |   |                           |   |