

# Posibilidades de desarrollo de la generación distribuida en los regadíos españoles

IGNACIO VALDÉS PANIAGUA (\*)

FELIPE MEDINA MARTÍN (\*\*)

ANA IGLESIAS PICAZO (\*)

## 1. INTRODUCCIÓN

Las elevadas demandas hídricas de los cultivos españoles han puesto de manifiesto la necesidad de diseñar nuevos sistemas de riego enfocados a una mayor eficiencia en el uso del agua (Corominas, 2009). Sin embargo, la modernización de los regadíos unida a las particulares condiciones climatológicas del país, ha provocado un aumento del consumo de energía eléctrica en términos relativos, respecto a los demás países miembros de la Unión Europea para lograr su Producción Final Agraria. Los costes energéticos que debían asumir los agricultores se han visto en gran parte alterados a partir de 2008 con la liberalización del mercado eléctrico, pro-

---

(\*) Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias de la Universidad Politécnica de Madrid.

(\*\*) Departamento Economía Agraria de la Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos (COAG).

---

- Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, n.º 233, 2012 (43-67).

Recibido noviembre 2011. Revisión final aceptada junio 2012.

vocando la desaparición de las tarifas eléctricas de riego reguladas y un encarecimiento de hasta un 60% en la factura de electricidad para regadíos (SIRASA, 2010).

De esta factura se extraen dos componentes diferenciados: el término potencia y el término de energía. El término potencia representa tan solo un 7%, mientras que el término de energía, cobrado por la empresa comercializadora, representa un 63% del coste medio de la factura de una comunidad de regantes y el peaje del término de energía representa un 30% (SIRASA, 2010). El capítulo del pago del término de energía está condicionado por dos variables: la evolución de los peajes de acceso y la evolución del mercado energético. Según todos los expertos (CNE, 2010; MITYC, 2010) ambas variables van a evolucionar al alza en los próximos años.

Este incremento del coste energético para los regantes representa una seria amenaza para la futura viabilidad de muchos regadíos, máxime si la legislación considera prioritarias las demandas de consumo urbano frente a las agrarias. Una de las opciones más valoradas en la actualidad por el Ministerio de Industria Turismo y Comercio (en adelante MITYC) para tratar de solucionar esta problemática, es dar amparo normativo a la producción de energías renovables para autoconsumo basadas en un sistema de balance neto de producción y consumo de energía (medición neta).

La medición neta (net metering) es un sistema que permite conectarse a la red de generación eléctrica local e inyectar energía, siendo especialmente útiles aquellas tecnologías que producen energías renovables como la solar fotovoltaica y energía eólica. Al final del período de facturación, el cliente sólo paga por su consumo neto: el total de recursos consumidos, menos el total de recursos generados. La generación de un sistema energético renovable permitiría aislar al sector agrario de fluctuaciones y futuras subidas de los precios de la energía, modernizar los actuales sistemas de riego bajo una perspectiva económicamente viable en los regadíos españoles.

La instauración de este sistema, combinado con su respectivo instrumento de gestión, puede suponer un nuevo avance dentro de la economía de

las explotaciones agrarias españolas, procurando un mayor crecimiento de los sistemas de riego, un impulso en el desarrollo de las energías renovables y un descenso del déficit tarifario con una mayor independencia energética a nivel general.

La generación distribuida constituye una nueva tendencia energética capaz de permitir a los consumidores generar electricidad para su autoconsumo, pudiendo devolver la corriente eléctrica sobrante a la red de energía eléctrica o compartirla por medio de una red previamente diseñada para tal fin. Este sistema puede producir un gran ahorro de energía potencial reduciendo pérdidas por flujo de energía en la red con potencias inferiores a 50 Mw. Este mecanismo ha probado ser eficaz en el desarrollo de infraestructura para generar electricidad renovable en Europa, Japón, Canadá y los Estados Unidos. En países como Costa Rica, Argentina y Brasil se está empezando a probar dicha política (IREC, 2011; MBIPV, 2010). En Canadá, cuentan con regulaciones aprobadas sobre medición neta, mientras que en Dinamarca se ha puesto en marcha un programa de medición neta que contempla tecnologías de generación fotovoltaica de pequeña escala. En Italia se promueven sistemas fotovoltaicos conectados a la red e integrados en edificios.

A pesar de los distintos proyectos puestos en marcha en otros países, en España no existen datos ni estudios oficiales de la implantación de este sistema y, por supuesto, no existe ensayo alguno en el sector agrario. El estudio de este innovador sistema puede ser de gran utilidad para los distintos organismos implicados en la mejora de la rentabilidad de las producciones de regadío.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo principal del trabajo es analizar el potencial de instalación de fuentes de energías renovables (eólica) en una finca individual y una comunidad de regantes española en base a un nuevo marco normativo de tarificación eléctrica (*medición neta*).

Para ello, se ha caracterizado en primer lugar el consumo energético de un regante individual (Zamora) y una comunidad de regantes (Almería)

en dos zonas claramente diferenciadas e involucradas en la incorporación de energía eólica en su estructura energética.

Castilla y León es la primera Comunidad Autónoma en distribución regional de instalaciones eólicas con 4.803,82 MW instalados y un total de 204 parques eólicos implantados (AEE, 2011). Andalucía representa la cuarta Comunidad Autónoma en distribución eólica con un total de 2.979,33 MW instalados y 130 parques eólicos disponibles (AEE, 2011).

Estas zonas presentan diferencias significativas en cuanto a su orografía, superficie, cultivos, sistemas productivos, climatología, demandas energéticas, necesidades de potencia, estacionalidad de los consumos, etc. Los regantes cultivan en sus explotaciones variedades vegetales representativas de sus Comunidades Autónomas. En el caso del regante individual, el maíz es cereal de grano en regadío con mayor superficie en Castilla y León (MARM, 2008). En la comunidad de regantes, el tomate es la segunda hortaliza cultivada en invernadero con mayor superficie en Andalucía (MARM, 2008).

Se ha analizado posteriormente la viabilidad de instalación de maquinaria para producción de energía eólica teniendo en cuenta la tecnología disponible así como las características de la superficie a regar, la localización de la explotación, etc. de tal forma que se puedan así satisfacer las demandas energéticas para el riego que existan en cada caso.

Por último, se ha analizado la viabilidad económica de los distintos proyectos. Para ello se ha realizado un estudio económico de la inversión necesaria para la construcción, puesta en funcionamiento y mantenimiento de la instalación de producción de energía eólica. El objeto de este estudio radica en establecer una serie de recomendaciones de carácter técnico que puedan contribuir a la toma de decisiones sobre el futuro energético de los regadíos españoles en base al sistema de tarificación de *medición neta* aplicado a la generación de energía proveniente de energías renovables.

En el siguiente cuadro se resumen las distintas fases del trabajo recogidas como enfoque metodológico: fuentes de datos, metodologías, indicadores y resultados esperados:

Tabla 1

## DESCRIPCIÓN DEL ENFOQUE METODOLÓGICO

Fases del estudio	Fuentes de datos	Métodos utilizados	Indicadores	Resultados esperados
Análisis de consumo energético	Datos de facturación reales facilitados por las organizaciones agrarias UPA y COAG	Análisis estadístico de consumo energético de los distintos puntos de suministro o curvas de carga	Uso y eficiencia energética y productividad: cálculo de índices (kwh/ tonelada; antes y después de la inversión; etc.)	Información precisa sobre el consumo energético de los regadíos
Análisis económico	Datos de tecnologías disponibles facilitados por las empresas instaladoras y cartografía del MARM	Análisis económico de la viabilidad de las inversiones en distintos escenarios	Estudio económico reciso de la inversión económica (€ de inversión en 20 años). Beneficios económicos esperados en distintos escenarios (€ ahorrados)	Estudio económico preciso de la inversión económica y los beneficios esperados en distintos escenarios

Los datos de consumos reales han sido facilitados por las Organizaciones Profesionales Agrarias (UPA y COAG). Estas Organizaciones incluyen como caso de estudio un regante individual de la provincia de Zamora y una comunidad de regantes de la provincia de Almería. Sus características climáticas y orográficas difieren, así como sus demandas energéticas (55kw y 212 kw respectivamente) y niveles de viento medios (5,5 m/s en Zamora y 7,5 m/s en Almería).

Para el estudio de viabilidad económica de los proyectos se han establecido dos escenarios posibles en función del sistema regulatorio que se establezca para la producción de energía mini-eólica. El escenario 1 contempla la posibilidad de vender la energía producida a la red eléctrica como se viene realizando en la actualidad mediante el establecimiento de una prima para la producción de esta energía, la cual se estima según el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en 0,16 €/kwh. El escenario 2 contempla la posibilidad de establecer un sistema de medición neta que permita el autoabastecimiento de la energía producida al 100% mediante el saldo neto por periodos. Conviene tener en cuenta que, en el caso de la prima regulada, este sistema tendría que venir financiado por el régimen tarifario actual, mientras que el sistema de medición neta medición neta no tendría ningún cargo al régimen

tarifario por tratarse de un autoconsumo del 100% de la energía producida.

Tabla 2

### DESCRIPCIÓN DE LAS EXPLOTACIONES DE ESTUDIO

Tipología	Compañía	Confederación Hidrográfica	CC.AA	Provincia	Municipio	Potencia contratada	Cultivo
Individual	Iberdrola	Duero	Castilla León	Zamora	Bóveda del Toro	55 KW	Maíz
Comunidad de regantes	ENDESA	Guadalquivir	Andalucía	Almería	El Alquíán	212 KW	Tomate, pepino, calabacín, melón y sandía

Las facturaciones corresponden al año 2010. Tanto en la explotación individual de Zamora como en la comunidad de regantes de Almería se especifican los datos del contrato y el tipo de potencia contratada. En segundo término se realiza un desglose de la facturación en función de la potencia contratada, energía consumida en cada periodo (punta, llano y valle), penalizaciones por energía reactiva, impuesto sobre la electricidad, alquiler de los equipos de medida e IVA aplicable. Cabe destacar, que en todos los casos, a partir de julio de 2010 el IVA incrementó del 16 al 18%.

#### 2.1. Regante individual

Dentro de la provincia de Zamora, la parcela objeto de estudio se encuentra en la localidad de Villabuena del Puente, ubicada en el término municipal de La Bóveda del Toro. La parcela tiene una superficie total de 19 ha destinadas al cultivo del maíz. El abastecimiento de agua se realiza por medio de bombeo subterráneo y el sistema de riego empleado en la explotación es el riego por aspersión.

Los principales cultivos anexos en la zona son: maíz (rendimiento en secano: 4.805 kg/ha. regadío: 10.337 kg/ha), trigo semiduro y blando (rendimiento en secano: 3.084 kg/ha. regadío: 4.897 kg/ha), patata (secano:

15.000 kg/ha., regadío: 39.978 kg/ha) y remolacha azucarera (regadío: 80.000 kg/ha). (MARM, 2008; Mateo Box, 2005).

En el caso del maíz, las máximas necesidades hídricas ( $l/m^2$ ) para esta localidad se concentran en los estados de desarrollo 4 (de 71 a 78 días desde siembra), desarrollo 5 (de 78 a 85 días desde siembra) y desarrollo medio (de 85 a 116 días desde siembra) (SIAR Castilla y León, 2012). Teniendo en cuenta la época de siembra del maíz en Castilla y León (finales de abril-mayo), las máximas necesidades hídricas coinciden con los meses de julio, agosto y principios de septiembre (Inforiego, 2012; Mateo Box, 2005).

La velocidad media del viento en la zona es de 5,5 m/s con una elevación de 700 m por encima del nivel del mar y una rugosidad del terreno de 0,1 (m) (IDAE, 2011).

## 2.2. Comunidad de regantes

La comunidad de regantes se encuentra ubicada en la provincia de Almería dentro del término municipal de El Alquíán. Esta comunidad de regantes cuenta con 1.242 fincas en las que trabajan un total de 1.036 comuneros/as. La parcela objeto de estudio tiene una superficie total de 1.787 ha destinadas fundamentalmente al cultivo en invernadero de tomate (98% de la superficie cultivada). El resto de cultivos en invernadero lo integran calabacín, pepino, melón y sandía. El abastecimiento de agua se realiza mediante suministro por trasvase a la comunidad de regantes, siendo el sistema de riego empleado el riego por goteo.

Los principales cultivos en invernadero son tomate (regadío protegido: 90.598 kg/ha), calabacín (regadío protegido: 54.095 kg/ha), pepino (regadío protegido: 79.752 kg/ha), melón (36.779 kg/ha) y sandía (65.014 kg/ha) (MARM, 2008; Mateo Box, 2005).

En el caso del tomate, las máximas necesidades hídricas ( $l/m^2$ ) para esta localidad se concentran en los meses de octubre, noviembre y diciembre (Sistema de Asistencia al Regante en Andalucía, (2012).

La velocidad media del viento en la zona es de 7,5 m/s con una elevación de 74 m por encima del nivel del mar y una rugosidad del terreno de 0,1 m. (IDAE, 2011).

### 3. RESULTADOS

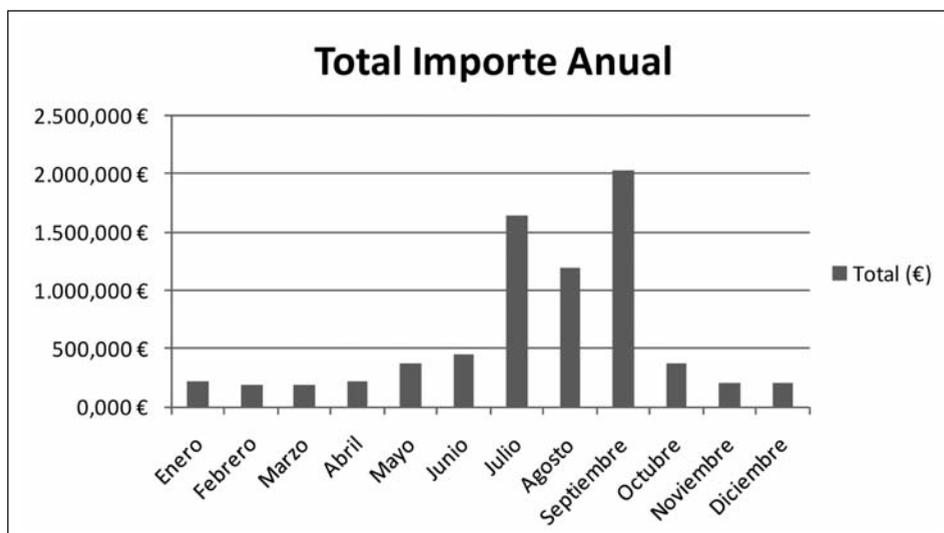
#### 3.1. Análisis del consumo eléctrico

##### *Regante individual*

El importe total de la factura eléctrica de este regante (7.288,38 €) se distribuye asimétricamente a lo largo del tiempo, concentrándose el 66,8% del importe anual en los meses de julio, agosto y septiembre de 2010. En la figura 1 se representa mensualmente el importe total de los conceptos que integran la factura eléctrica: término de potencia, energía, energía reactiva, impuesto sobre la electricidad, alquiler de equipo e IVA.

Figura 1

DESGLOSE MENSUAL DE LA FACTURACIÓN ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA



La distribución de costos anuales difiere en función del concepto que se esté tratando. Para este particular, el término energía supone el 65,6% del total de la factura seguido por el de potencia con un 13,18% (ver anexo: tabla 3).

El consumo mínimo de potencia lo realiza en marzo pagando un total de 69,12 € y el máximo en agosto (89,25 €). El mínimo consumo eléctrico

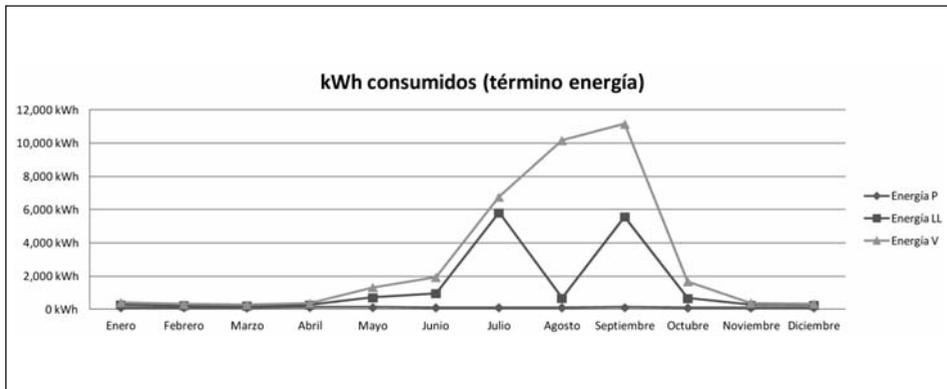
se produce en marzo (66,28 €) mientras que el máximo se da en el mes de septiembre (1.537,27 €).

El regante tiene contratada una potencia total de 55 kW, potencia que no sobrepasa en ningún mes. Durante el periodo punta (P) se consume el 4% de la potencia total contratada, mientras que durante el periodo llano (LL) y valle (V) se consume el 48% de la potencia en ambos casos.

El consumo total anual de energía es de 52.920,48 kWh. En el mes de septiembre se alcanza el mayor consumo con un valor de 16.885,75 kWh (1% Energía P, 33 % Energía LL y 66% Energía V). La mayor parte del consumo de la energía se realiza en los periodos llano (33%) y valle (58%). En la figura 2 se representa la energía consumida por periodos para el regante individual:

Figura 2

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ENERGÍA CONSUMIDA POR PERIODOS

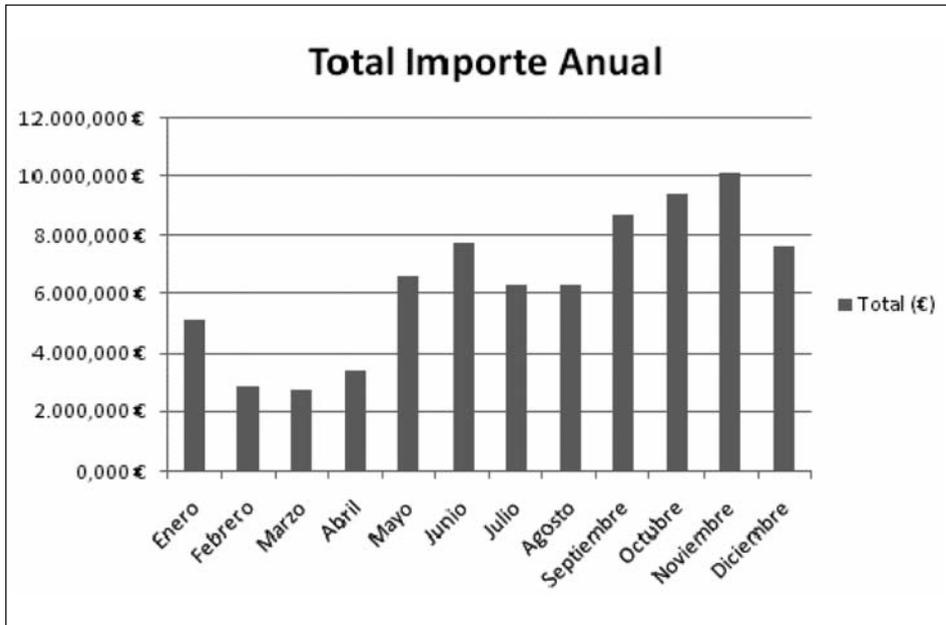


Comunidad de Regantes

El importe total de la factura eléctrica de esta comunidad de regantes (76.927,68 €) se distribuye de forma irregular en el tiempo, concentrándose el 46,6 % del importe anual en los últimos cuatro meses de 2010. En la figura 3 se representa mensualmente el importe total de los conceptos que integran la factura eléctrica: término de potencia, energía, energía reactiva, impuesto sobre la electricidad, alquiler de equipo e IVA.

Figura 3

## DESGLOSE MENSUAL DE LA FACTURACIÓN ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA



En la distribución de costos anuales, el término energía supone el 62,72% del total de la factura seguido por el de potencia con un 11,85% (ver anexo: tabla 4).

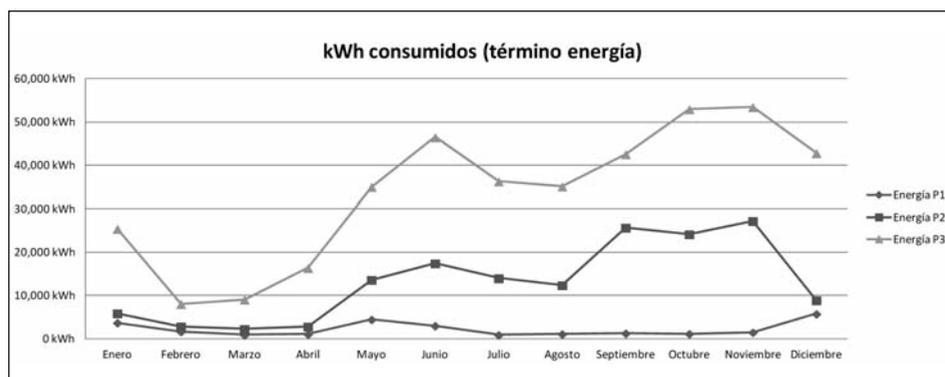
El consumo mínimo de potencia lo realiza en febrero pagando un total de 742,32 € y el máximo en diciembre (839,51 €). El mínimo consumo eléctrico se produce en marzo (937,54 €) mientras que el máximo se da en el mes de noviembre (7.117,51 €). La comunidad de regantes tiene contratada una potencia total de 212 kW. La comunidad rebasa esta potencia los meses de enero, noviembre y diciembre.

El consumo total anual de energía es de 587.409,50 kWh. En particular, el promedio de energía de la comunidad está repartido en un 6% energía P1, 24% energía P2 y 70% energía P3. Los meses de mayores demandas energéticas lo componen octubre y noviembre. También tiene penalizaciones por en concepto de energía reactiva. En los meses de enero, noviembre y diciembre se alcanzan los mayores consumos (36% del total

anual). En la figura 4 se representa la energía consumida por periodos para la comunidad de regantes:

Figura 4

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ENERGÍA CONSUMIDA POR PERIODOS



### 3.2. Análisis económico

En la tabla 5 (ver anexo) se muestra la capacidad de producción de energía de distintas máquinas generadoras de energía eólica que se encuentran en el mercado.

Para determinar las producciones energéticas de los aerogeneradores se han considerado los datos ofrecidos por los distintos fabricantes según los niveles de viento medio, las condiciones climatológicas y orográficas de cada zona. En función de los datos de las tecnologías disponibles y de las demandas energéticas de cada uno de los regantes estudiados se ha propuesto una solución de máquina a instalar. De esta forma se ha tratado de optimizar al máximo la demanda energética de cada cliente con la producción energética de cada máquina.

En la tabla 6 se presentan los resultados de dicho análisis. En esta tabla también se analiza en consecuencia la incidencia que supone la instalación de dos molinos de 15 kw de potencia en el caso del regante individual y la instalación de dos molinos de 100 kw en el caso de la comunidad de regantes.

Tabla 6

ESTIMACIÓN DE LA OPCIÓN TECNOLÓGICA MÁS ADECUADA EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA  
ENERGÉTICA DE CADA EXPLOTACIÓN

Nivel de viento	Tipología de regante	Potencia anual contratada (kw)	Energía anual (Kwh/año) consumida	Coste anual energía (€)	Nº de aerog. de 15 kw	Nº de aerog. de 100 kw	Producción de energía con nº max. de molinos	Excedente de energía (kwh/año)
Zamora (vel. media viento: 5,5 m/s)	Individual	55	52.920,48	4.779,86	2	0	57.002 kwh/año	4.081,52
Almería (vel. media viento: 7,5 m/s)	Comunidad de regantes	212	587.409,50	48.249,76	0	2	751.370 kwh/año	163.960,90

En las tablas 7-12 (ver anexo) se ofrecen los resultados del estudio de viabilidad económica de cada uno de los proyectos propuestos en función de el marco regulatorio en el que se produzcan tanto para el regante individual (ver anexo: tablas 7, 8 y 9) como para la comunidad de regantes (ver anexo: tablas 10, 11 y 12). El escenario 1 establece los resultados teniendo en cuenta la prima definida para la producción mini-eólica y el escenario 2 los relativos a la instalación del sistema de medición neta.

Según los resultados obtenidos, la inversión ofrece mejores resultados en el caso de la comunidad de regantes donde la TIR es del 20,09% y retorno de 6 años en el escenario de prima regulada y de 13,68% y retorno de 10 años en el caso de medición neta. En el caso del regante individual, la TIR en el escenario de prima regulada es del 8,86% y retorno de 18 años y del 4,04% y retorno de 26 años en caso de medición neta.

#### 4. CONCLUSIONES

El consumo eléctrico de los regantes es muy variable a lo largo de las distintas épocas del año, sin embargo existen periodos puntuales donde se acentúa esta diferencia. En concreto en el periodo estival para el regante individual (julio, agosto y septiembre) y en el periodo invernal para la comunidad de regantes (octubre, noviembre y diciembre), coincidiendo con los meses de máximas necesidades hídricas de los cultivos de cada zona de estudio.

Igualmente, atendiendo a las características propias de cada regante, la demanda energética y la potencia instalada pueden ser muy diferentes.

Sin embargo, el aspecto en el que sí coinciden es en la importancia del término de energía dentro del desglose de conceptos de las facturas pagadas por los consumidores finales.

Para reducir el gasto fijo que representa el término de potencia habría que realizar una mejora en la eficiencia del uso del agua. Esta mejora se podría conseguir ajustando la potencia contratada a la realmente demandada por los equipos de extracción en cada periodo mediante de sistemas de control de consumo de agua. Otra opción podría contemplar la incorporación de otros cultivos que consuman una menor cantidad de agua con la finalidad de disminuir la potencia demandada en el periodo tarifario correspondiente.

El gasto variable representado por el término energía (incluida la energía reactiva) implica una necesaria reducción del consumo de energía por parte del regante. La programación de los calendarios de riego en función de los periodos tarifarios podría solventar en parte este gasto. Los regantes pueden acogerse a los periodos de exención de pago por energía reactiva (periodo 3 para las tarifas 3.0A para las comunidades de regantes y 3.1A para el regante individual) así como establecer negociaciones previas en las condiciones de contratación del suministro eléctrico. Otra opción sería instalar contadores inteligentes (smart meters) de forma que informaran a los regantes el consumo energético en tiempo real para que pudiera adaptarse y adoptar las medidas pertinentes para reducir su consumo energético. De esta manera el regante identificaría los picos y valles de demanda modificando su consumo adaptando la curva de generación a la realmente demandada.

Del análisis económico se desprende que, cuanto mayor sea la potencia instalada, mejores resultados arrojan los estudios de viabilidad económica y financiera. Las comunidades de regantes son una opción más interesante respecto a la instalación de generadores de energía eólica, debido fundamentalmente al menor coste de instalación medido en €/kw instalado.

Los estudios de viabilidad ofrecen mejores resultados para los escenarios en los que se establece una prima específica para la producción de energía minieólica cifrada en 0,16 €/kw. Sin embargo, conviene tener en cuenta que, en el caso de la prima regulada, este sistema viene financiado por el

régimen tarifario actual, mientras que el sistema de medición neta no tendría ningún cargo al régimen tarifario por tratarse de un autoconsumo del 100% de la energía producida.

El sistema de tarificación de medición neta puede ser una propuesta económicamente viable para el desarrollo futuro de los regadíos españoles. El sistema de medición neta, desligado del sistema de tarifas y primas, podría potenciarse con ayudas directas a la inversión en la instalación para compensar la diferencia de coste eléctrico obtenido entre la red eléctrica y el aerogenerador. Actualmente, los programas de subvención a la investigación y desarrollo tecnológicos centran sus líneas en el desarrollo de sistemas de autoconsumo de energía generada mediante balance neto (IDAE, 2011).

Además de poder conseguir un ahorro claro de costes en la mayor parte de los casos, puede situar a las producciones agrícolas en las que se utilice en una situación mucho más favorable respecto a un hipotético cálculo futuro de su huella de carbono. Este hecho supone una estrategia clara de sostenibilidad y adaptación de las producciones agrarias al cambio climático mediante la sustitución de energías fósiles por energías de producción renovable como la eólica o miniéolica.

No obstante, la incorporación de un mayor número de explotaciones (individuales como comunidades de regantes) en futuros estudios permitiría obtener un análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos y de sus limitaciones. Este hecho limita el alcance de los resultados por lo que podría ser motivo de trabajos posteriores. La extrapolación de los resultados a otros casos podría ser viable en aquellas explotaciones que se encontraran en situaciones similares a las de objeto de estudio: cultivos similares con semejante demanda hídrica, zonas anexas a las de estudio, mismo abastecimiento de agua para regadío, alturas de bombeo y sistemas de riego, entre otros factores.

## BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EÓLICA (2011). Web Site: <http://www.aeeolica.es/>  
Comisión Nacional de la Energía (2010). *Informe sobre el sector eléctrico y la agricultura*.

- COROMINAS MASSIP, J. (2009). *Agua y energía en el riego, en la época de la sostenibilidad*. Comunicaciones de los invitados especiales, Jornadas de Ingeniería del Agua, Madrid, 27 y 28 de octubre de 2009.
- INFORIEGO (2012). Junta de Castilla y León (2012). Web site: <http://www.inforiego.org/opencms/opencms>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), (2011). “Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020”. Pg. 388 -389, 2011.
- IREC (2011), Interstate Renewable Energy Council. “Connecting to the Grid, net metering in the U.S”. Junio 2011
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE) (2011). Atlas eólico de España. Madrid, 2011. Web site: <http://atlaseolico.idae.es/>
- MARM (2008). Anuario de estadística. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008.
- MATEO BOX, J.M. (2005). Prontuario de Agricultura. Cultivos Agrícolas. Mundi-Prensa Libros. Pp. 4, 369, 405 y 566.
- MBIPV (2010). Malaysia Building Integrated Photovoltaic. “International review of regulatory schemes for PV”. June 2010.
- MITYC (2008): *La energía en España 2007*, Madrid.
- SISTEMA DE ASISTENCIA AL REGANTE EN ANDALUCÍA (2012). Web Site: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/sar/servlet/FrontController>
- SIRASA (2010): *Coste energético y energías renovables: soluciones y oportunidades para las comunidades de regantes*. Sociedad de Infraestructuras Agrarias Aragonesas - SIRASA (2010). P. 6-10.

## ANEXOS

Tabla 3

DESGLOSE DE LA FACTURACIÓN ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR CONCEPTOS  
DEL REGANTE INDIVIDUAL

Mes	Potencia	Energía	En. reactiva	Imp. elect.	Alquiler equipo	IVA	Total (€)
Enero	76,80 €	83,43 €	0,00 €	8,19 €	13,9 €	29,18 €	211,584 €
Febrero	74,24 €	71,62 €	0,00 €	7,457 €	13,98 €	26,77 €	194,067 €
Marzo	69,12 €	66,28 €	0,00 €	6,923 €	13,98 €	25,01 €	181,31 €
Abril	87,04 €	83,47 €	0,00 €	8,718 €	13,98 €	30,91 €	224,12 €
Mayo	81,13 €	207,68 €	0,00 €	14,766 €	13,98 €	50,81 €	368,37 €
Junio	283,09 €	75,63 €	0,00 €	18,34 €	13,98 €	62,57 €	453,61 €
Julio	83,16 €	1.230,60 €	0,00 €	67,17 €	13,98 €	251,08 €	1.645,99 €
Agosto	89,25 €	859,89 €	0,00 €	48,53 €	12,00 €	181,74 €	1.191,40 €
Septiembre	84,78 €	1.537,27 €	0,00 €	82,93 €	13,98 €	309,41 €	2.028,38 €
Octubre	78,87 €	212,34 €	0,00 €	14,89 €	13,98 €	57,61 €	377,68 €
Noviembre	81,92 €	73,21 €	0,00 €	7,93 €	13,98 €	31,87 €	208,90 €
Diciembre	79,36 €	70,97 €	0,00 €	7,69 €	13,98 €	30,96 €	202,96 €
<b>TOTAL</b>	<b>961,29 €</b>	<b>4.779,86 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>293,53 €</b>	<b>165,78 €</b>	<b>1.087,93 €</b>	<b>7.288,38 €</b>
<b>% coste del concepto anual vs coste anual total</b>	13,18%	65,6%	0%	4,02%	2,27%	14,93	100%

Tabla 4

**DESGLOSE DE LA FACTURACIÓN ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR CONCEPTOS  
DE LA COMUNIDAD DE REGANTES**

Mes	Potencia	Energía	En. reactiva	Imp. elect.	Alquiler equipo	IVA	Total (€)
Enero	790,92 €	2.850,60 €	493,73 €	215,73 €	23,80 €	778,09 €	5.152,872 €
Febrero	742,32 €	1.021,16 €	525,65 €	117,036 €	47,60 €	392,60 €	2.846,364 €
Marzo	742,32 €	937,54 €	503,18 €	111,61 €	47,60 €	374,76 €	2.717,01 €
Abril	742,32 €	1.496,54 €	549,27 €	142,549 €	0,00 €	468,91 €	3.399,59 €
Mayo	742,32 €	4.288,44 €	279,02 €	271,473 €	95,20 €	908,23 €	6.584,69 €
Junio	742,32 €	5.283,79 €	298,95 €	323,38 €	47,60 €	1.071,37 €	7.767,42 €
Julio	742,32 €	3.988,22 €	315,69 €	258,00 €	47,60 €	963,33 €	6.315,16 €
Agosto	742,32 €	3.962,05 €	346,75 €	258,25 €	47,60 €	964,25 €	6.321,22 €
Septiembre	742,32 €	5.946,47 €	202,77 €	352,34 €	142,80 €	1.329,61 €	8.716,31 €
Octubre	755,95 €	6.508,84 €	257,76 €	384,60 €	47,60 €	1.431,86 €	9.386,61 €
Noviembre	793,55 €	7.117,51 €	271,17 €	418,33 €	-47,60 €	1.539,53 €	10.092,49 €
Diciembre	839,51 €	4.848,60 €	461,82 €	314,43 €	0,00 €	1.163,58 €	7.627,94 €
<b>TOTAL</b>	<b>9.118,48 €</b>	<b>48.249,76 €</b>	<b>4.505,77 €</b>	<b>3.167,74 €</b>	<b>499,80 €</b>	<b>11.386,13 €</b>	<b>76.927,68 €</b>
<b>% coste del concepto anual vs coste anual total</b>	11,85%	62,72%	5,86%	4,12%	0,65%	14,80	100%

Tabla 5

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ESTIMADA PARA LOS DISTINTOS GENERADORES Y NIVELES DE VIENTO EN FUNCIÓN DE LOS DATOS OFRECIDOS POR LOS FABRICANTES (FACTOR K DE WEIBULL=2, FACTOR DE CORTADURA = 0,11 Y FACTOR DE TURBULENCIA = 2)

Aerogenerador	Velocidad viento (m/s)	Potencia (kw)	Factor K de Weibull	Altitud (m)/zona	Factor de cortadura	Altura del anemómetro y de la torre	Factor de turbulencia	Producción energía (kwh/año)
WINDSPOT	5,5 m/s	3,5	2	700	0,11	12	2	6.650,00
	7,5 m/s			(Zamora)				11.888,00
	5,5 m/s			75				7.058,00
	7,5 m/s			(Almería)				12.874,00
	5,5 m/s	7,5		700				14.251,00
	7,5 m/s			(Zamora)				25.474,00
	5,5 m/s			75				15.124,00
	7,5 m/s			(Almería)				27.036,00
	5,5 m/s	15		700				28.501,00
	7,5 m/s			(Zamora)				50.949,00
	5,5 m/s			75				30.249,00
	7,5 m/s			(Almería)				54.073,00
SUN WIND FACTORY	5,5 m/s	20	700	0,11	20	2	35.000,00	
	7,5 m/s		(Zamora)				62.650,00	
	5,5 m/s		75				37.100,00	
	7,5 m/s		(Almería)				66.409,00	
	5,5 m/s	60	700				31	108.000,00
	7,5 m/s		(Zamora)					193.320,00
	5,5 m/s		75					114.480,00
	7,5 m/s		(Almería)					204.919,20
	5,5 m/s	100	700		37	198.000,00		
	7,5 m/s		(Zamora)			354.420,00		
	5,5 m/s		75			209.880,00		
	7,5 m/s		(Almería)			375.685,20		
	5,5 m/s	200	700		0,11	35	2	398.000,00
	7,5 m/s		(Zamora)					750.000,00
	5,5 m/s		75					421.880,00
	7,5 m/s		(Almería)					795.000,00

Tabla 7

## DATOS DE LA INSTALACIÓN PROPUESTA PARA EL REGANTE INDIVIDUAL DE 30 KW

Datos de la instalación eólica	Escenario 1 - Prima miniéolica = 0,16 €/kwh	Escenario 2 - Medición neta Precio consumidor final = 0,13 €/kw
Año de la puesta en marcha (o firma del leasing)	2011	2011
Potencia de la instalación (Wp instalados)	30.000	30.000
Precio unitario con subvención (Euros/Wp)	3,40 €	3,40 €
Pagado por medios propios (Nota : Porcentaje de todo financiado - Poner al menos 0,0001)	30,00%	30,00%
Años de crédito (Sólo los de pago de capital. Ya tiene en cuenta uno de carencia)	20	20
Tipo de interés de salida (Suele ser Euribor 1 año + diferencial - Pronosticar una media a 25 años)	6,00%	6,00%
Producción específica prevista en instalación fija (kWh año/kWp instalado) para 5,5 m/s en Zamora	2.200	2.200
Precio de la tarifa regulada (Aquel que se encuentre en vigor en cada momento en Euros / kWh)	0,16	0,13
Gastos variables sobre producción (Porcentaje sobre ingresos que cubra gastos de mantenimiento, etc.)	3,00%	3,00%
Años sin los gastos variables anteriores por encontrarse la instalación en periodo de garantía	2	2
Alquiler de terrenos, seguro, IBI, mantenimiento y otros gastos fijos	300 €	300 €
I.P.C. estimado como media de 25 años válido para ingresos y gastos	3,50%	3,50%
Tasa de descuento (Tipo de productos a largo plazo como "Bonos del Estado" a un plazo similar a 25 años)	4,00%	4,00%
Impuestos, I.R.P.F. ó I.S. (Cifra que se considere que se va a pagar)	25,00%	25,00%

Tabla 8

RESULTADOS DE LA INVERSIÓN PROPUESTA PARA EL REGANTE INDIVIDUAL  
DE 30 KW-ESCENARIO 1

Momento	Año	Principial leasing	Intereses	Gastos explotacion	Impuestos	Cash flow tesoreria	Cash flow actualizado	T.I.R. hasta el año "x"
Unidad		€	€	€	€	€	€	%
0	2011	-	4.284	-	-1.071	-33.813	-33.813	
1	2012	1.941	4.284	300	474	3.561	3.379	
2	2013	2.057	4.168	311	500	3.524	3.172	
3	2014	2.181	4.044	638	449	3.247	2.773	
4	2015	2.312	3.913	649	479	3.206	2.598	-29,09%
5	2016	2.450	3.775	661	511	3.163	2.432	-20,02%
6	2017	2.597	3.628	673	545	3.117	2.274	-13,68%
7	2018	2.753	3.472	686	581	3.069	2.124	-9,10%
8	2019	2.919	3.306	698	619	3.018	1.981	-5,71%
9	2020	3.094	3.131	712	659	2.964	1.846	-3,14%
10	2021	3.279	2.946	726	702	2.907	1.718	-1,15%
11	2022	3.476	2.749	740	748	2.847	1.597	0,41%
12	2023	3.685	2.540	755	796	2.784	1.481	1,66%
13	2024	3.906	2.319	770	848	2.717	1.372	2,66%
14	2025	4.140	2.085	786	902	2.647	1.268	3,47%
15	2026	4.388	1.837	802	960	2.572	1.169	4,14%
16	2027	4.652	1.573	819	1.022	2.494	1.075	4,70%
17	2028	4.931	1.294	837	1.087	2.411	986	5,15%
18	2029	5.227	998	855	1.157	2.323	901	5,54%
19	2030	5.540	685	874	1.230	2.231	821	5,86%
20	2031	5.873	352	894	1.309	2.133	745	6,13%
21	2032	-	0	914	1.392	8.255	2.736	6,97%
22	2033	-	0	935	1.386	8.239	2.590	7,61%
23	2034	-	0	956	1.381	8.223	2.453	8,12%
24	2035	-	0	979	1.375	8.206	2.323	8,52%
25	2036	-	0	1.002	1.370	8.189	2.199	8,86%
TOTALES		71.400	57.384	18.971	21.411	64.234	14.198	
<b>V.A.N.</b>						<b>14.198 €</b>		
<b>T.I.R. (a 25 años) = 8,86%</b>								
<b>Retorno (En años) = 18</b>								

Tabla 9

**RESULTADOS DE LA INVERSIÓN PROPUESTA PARA EL REGANTE INDIVIDUAL  
DE 30 KW-ESCENARIO 2**

Momento	Año	Principial leasing	Intereses	Gastos explotación	Impuestos	Cash flow tesorería	Cash flow actualizado	T.I.R. hasta el año "x"
Unidad		€	€	€	€	€	€	%
0	2011	-	4.284	-	-1.071	-33.813	-33.813	
1	2012	1.941	4.284	300	-21	2.076	1.970	
2	2013	2.057	4.168	311	5	2.039	1.835	
3	2014	2.181	4.044	579	-31	1.807	1.543	
4	2015	2.312	3.913	590	-1	1.766	1.431	
5	2016	2.450	3.775	602	31	1.722	1.324	
6	2017	2.597	3.628	614	65	1.677	1.223	
7	2018	2.753	3.472	626	101	1.628	1.127	-20,39%
8	2019	2.919	3.306	639	139	1.577	1.036	-16,52%
9	2020	3.094	3.131	652	179	1.524	949	-13,52%
10	2021	3.279	2.946	666	222	1.467	867	-11,14%
11	2022	3.476	2.749	681	268	1.407	789	-9,24%
12	2023	3.685	2.540	695	316	1.344	715	-7,70%
13	2024	3.906	2.319	711	367	1.277	644	-6,44%
14	2025	4.140	2.085	727	422	1.206	578	-5,40%
15	2026	4.388	1.837	743	480	1.132	514	-4,54%
16	2027	4.652	1.573	760	542	1.053	454	-3,83%
17	2028	4.931	1.294	778	607	970	397	-3,24%
18	2029	5.227	998	796	676	883	343	-2,75%
19	2030	5.540	685	815	750	790	291	-2,34%
20	2031	5.873	352	834	828	692	242	-2,01%
21	2032	-	0	854	911	6.814	2.258	0,27%
22	2033	-	0	875	906	6.799	2.138	1,67%
23	2034	-	0	897	901	6.782	2.023	2,67%
24	2035	-	0	919	895	6.766	1.915	3,44%
25	2036	-	0	942	889	6.748	1.812	4,04%
<b>TOTALES</b>			71.400	57.384	17.605	9.378	28.133	-5.396
<b>V.A.N.</b>						<b>-5.396 €</b>		
<b>T.I.R. (a 25 años) = 4,04%</b>								
<b>Retorno (En años) = 26</b>								

Tabla 10

**DATOS DE LA INSTALACIÓN PROPUESTA PARA LA COMUNIDAD DE REGANTES DE 200 KW  
DE POTENCIA INSTALADA**

Datos de la instalación eólica	Escenario 1 - Prima miniéolica = 0,16 €/kwh	Escenario 2 - Medición neta Precio consumidor final = 0,13 €/kw
Año de la puesta en marcha (o firma del leasing)	2011	2011
Potencia de la instalación (Wp instalados)	200.000	200.000
Precio unitario con subvención (Euros/Wp)	2,80 €	2,80 €
Pagado por medios propios (Nota : Porcentaje de todo financiado-Poner al menos 0,0001)	30,00%	30,00%
Años de crédito (Sólo los de pago de capital. Ya tiene en cuenta uno de carencia)	20	20
Tipo de interés de salida (Suele ser Euribor 1 año + diferencial-Pronosticar una media a 25 años)	6,00%	6,00%
Producción específica prevista en instalación fija (kWh año/kWp instalado) para 7,5 m/s en Almería	2.600	2.600
Precio de la tarifa regulada (Aquel que se encuentre en vigor en cada momento en Euros/kWh)	0,16	0,13
Gastos variables sobre producción (Porcentaje sobre ingresos que cubra gastos de mantenimiento, etc.)	3,00%	3,00%
Años sin los gastos variables anteriores por encontrarse la instalación en periodo de garantía	2	2
Alquiler de terrenos, seguro, IBI, mantenimiento y otros gastos fijos	300 €	300 €
I.P.C. estimado como media de 25 años válido para ingresos y gastos	3,50%	3,50%
Tasa de descuento (Tipo de productos a largo plazo como "Bonos del Estado" a un plazo similar a 25 años)	4,00%	4,00%
Impuestos, I.R.P.F. ó I.S. (Cifra que se considere que se va a pagar)	25,00%	25,00%

Tabla 11

**RESULTADOS DE LA INVERSIÓN PROPUESTA PARA LA COMUNIDAD DE REGANTES  
DE 200 KW-ESCENARIO 1**

Momento	Año	Principial leasing	Intereses	Gastos explotación	Impuestos	Cash flow tesorería	Cash flow actualizado	T.I.R. hasta el año "x"
Unidad		€	€	€	€	€		%
0	2011	-	23.520	-	-5.880	-185.640	-185.640	
1	2012	10.656	23.520	300	9.245	39.479	37.456	
2	2013	11.296	22.881	311	9.402	39.311	35.386	-42,14%
3	2014	11.973	22.203	2.817	8.945	37.261	31.823	-20,42%
4	2015	12.692	21.484	2.829	9.122	37.073	30.040	-7,36%
5	2016	13.453	20.723	2.840	9.309	36.874	28.348	0,79%
6	2017	14.261	19.916	2.852	9.508	36.663	26.742	6,11%
7	2018	15.116	19.060	2.865	9.719	36.440	25.217	9,72%
8	2019	16.023	18.153	2.878	9.942	36.204	23.770	12,26%
9	2020	16.985	17.192	2.891	10.179	35.953	22.396	14,08%
10	2021	18.004	16.173	2.905	10.431	35.688	21.092	15,41%
11	2022	19.084	15.092	2.919	10.697	35.407	19.854	16,41%
12	2023	20.229	13.947	2.934	10.980	35.110	18.679	17,17%
13	2024	21.443	12.734	2.949	11.279	34.795	17.563	17,75%
14	2025	22.729	11.447	2.965	11.597	34.462	16.503	18,20%
15	2026	24.093	10.083	2.982	11.934	34.108	15.497	18,55%
16	2027	25.539	8.638	2.999	12.291	33.734	14.542	18,83%
17	2028	27.071	7.105	3.016	12.670	33.338	13.635	19,05%
18	2029	28.695	5.481	3.034	13.071	32.918	12.773	19,22%
19	2030	30.417	3.760	3.053	13.497	32.474	11.955	19,36%
20	2031	32.242	1.935	3.073	13.948	32.003	11.178	19,47%
21	2032	-	0	3.093	14.427	65.680	21.766	19,65%
22	2033	-	0	3.114	14.422	65.665	20.646	19,80%
23	2034	-	0	3.135	14.416	65.648	19.583	19,92%
24	2035	-	0	3.158	14.411	65.632	18.575	20,01%
25	2036	-	0	3.181	14.405	65.614	17.619	20,09%
TOTALES		392.000	315.047	69.093	283.965	851.895	346.999	
<b>V.A.N.</b>						<b>346.999 €</b>		
<b>T.I.R. (a 25 años) = 20,09%</b>								
<b>Retorno (En años) = 6</b>								

Tabla 12

RESULTADOS DE LA INVERSIÓN PROPUESTA PARA LA COMUNIDAD DE REGANTES  
DE 200 KW-ESCENARIO 2

Momento	Año	Principial leasing	Intereses	Gastos explotación	Impuestos	Cash flow tesorería	Cash flow actualizado	T.I.R. hasta el año "x"
Unidad		€	€	€	€	€		%
0	2011	-	23.520	-	-5.880	-185.640	-185.640	
1	2012	10.656	23.520	300	5.345	27.779	26.355	
2	2013	11.296	22.881	311	5.502	27.611	24.854	
3	2014	11.973	22.203	2.349	5.162	25.912	22.130	-32,44%
4	2015	12.692	21.484	2.361	5.339	25.724	20.844	-19,12%
5	2016	13.453	20.723	2.372	5.526	25.525	19.623	-10,42%
6	2017	14.261	19.916	2.384	5.725	25.314	18.464	-4,51%
7	2018	15.116	19.060	2.397	5.936	25.091	17.363	-0,37%
8	2019	16.023	18.153	2.410	6.159	24.855	16.319	2,63%
9	2020	16.985	17.192	2.423	6.396	24.604	15.327	4,85%
10	2021	18.004	16.173	2.437	6.648	24.339	14.385	6,54%
11	2022	19.084	15.092	2.451	6.914	24.058	13.490	7,83%
12	2023	20.229	13.947	2.466	7.197	23.761	12.641	8,84%
13	2024	21.443	12.734	2.481	7.496	23.446	11.834	9,64%
14	2025	22.729	11.447	2.497	7.814	23.113	11.068	10,28%
15	2026	24.093	10.083	2.514	8.151	22.759	10.341	10,80%
16	2027	25.539	8.638	2.531	8.508	22.385	9.650	11,22%
17	2028	27.071	7.105	2.548	8.887	21.989	8.993	11,56%
18	2029	28.695	5.481	2.566	9.288	21.569	8.370	11,84%
19	2030	30.417	3.760	2.585	9.714	21.125	7.777	12,07%
20	2031	32.242	1.935	2.605	10.165	20.654	7.214	12,26%
21	2032	-	0	2.625	10.644	54.331	18.005	12,68%
22	2033	-	0	2.646	10.639	54.316	17.078	13,01%
23	2034	-	0	2.667	10.633	54.299	16.198	13,28%
24	2035	-	0	2.690	10.628	54.283	15.363	13,50%
25	2036	-	0	2.713	10.622	54.265	14.572	13,68%
<b>TOTALES</b>		392.000	315.047	58.329	189.156	567.468	192.618	
<b>V.A.N.</b>						<b>192.618 €</b>		
<b>T.I.R. (a 25 años) = 13,68%</b>								
<b>Retorno (En años) = 10</b>								

## RESUMEN

### Posibilidades de desarrollo de la generación distribuida en los regadíos españoles

El objetivo de este trabajo es analizar el potencial de instalación de fuentes de energías renovables (eólica y mini-eólica) en explotaciones individuales y comunidades de regantes españolas en base a un nuevo marco normativo de tarificación eléctrica (medición neta o generación distribuida). Se ha caracterizado el consumo energético de un regante individual y de una comunidad de regantes, consideradas representativas de diferentes características y analizado posteriormente la viabilidad técnica, económica y financiera de la instalación de maquinaria para producción de energía eólica teniendo en cuenta la tecnología disponible y las condiciones propias de la explotación. El sistema de tarificación de medición neta puede ser una propuesta técnica y económicamente viable para el desarrollo futuro de los regadíos españoles.

**PALABRAS CLAVE:** Energías renovables, generación distribuida, regadío, y energía eólica.

**CÓDIGOS JEL:** Q42, Q12, O13.

## ABSTRACT

### Wind Power Generation Development Possibilities in Irrigated Spanish Lands

The aim of this paper is to analyze the renewable energy sources installation potential (wind and mini-wind power). This study has been developed both on individual holdings and Spanish irrigation communities. It is based on a new regulatory framework for electricity pricing (net metering). We have analyzed the energy consumption of individual irrigators and irrigation communities, which represent their own characteristics. Furthermore, we have analyzed the technical, financial and economic installation of machinery for wind power production, given the technology available and the variety conditions of each exploitation. The charging system for net-metering can be technically and economically viable for the future development of irrigated Spanish lands.

**KEY WORDS:** Renewable energy sources, distributed generation, irrigation, climate change and wind power.

**JEL CODES:** Q42, Q12, O13.