

PRIMERA FASE DEL “PROYECTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS REGADÍOS DE NAVARRA”.

Ederra Gil, I (P), Larumbe Martín, P ¹

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados obtenidos en la primera fase del “*Proyecto de Eficiencia Energética en los regadíos de Navarra*”, la detección de las características básicas del regadío que afectan a su consumo energético y el establecimiento de ratios sectoriales de consumo que permitan evaluar la gestión energética de un regadío comparándolo con los de características similares. El estudio abarca una superficie de 16.075 hectáreas, que pertenece a 36 regadíos dentro de la Comunidad Autónoma de Navarra. El objetivo del trabajo es conocer la situación actual y fomentar el uso eficiente de la energía. Se han reunido un conjunto de parámetros que caracterizan los regadíos como son su tamaño, su altura de bombeo, si se trata de un bombeo directo en red o a un depósito de regulación, su antigüedad, la estructura de cultivos, el volumen de agua de riego facturada a los usuarios.... La información energética para el análisis de la situación actual se obtuvo de las facturas eléctricas mensuales de los años 2004 y 2005. Finalmente se han valorado, en el conjunto de los regadíos analizados, los ahorros derivados de implantar mejoras en la gestión energética.

INTRODUCCIÓN

La dependencia energética de los regadíos y la subida de los precios de la electricidad, consecuencia del Real Decreto 809/2006 de 30 de junio, son motivos poderosos para que desde la Administración se incentive la racionalización del consumo energético. Es necesario ahorrar energía para disminuir los costes de producción, pero también para controlar y disminuir las emisiones de CO₂ que se producen con la actividad agraria.

En este contexto, el Servicio de Asesoramiento al Regante (SAR) de Riegos de Navarra ha puesto en marcha el “*Proyecto de Eficiencia Energética en los Regadíos de Navarra*” con objeto de conocer su situación actual y fomentar un uso eficiente de la energía.

El proyecto se va a desarrollar en cuatro fases:

1. Una primera (diagnóstico previo) ha consistido en el registro de datos mensuales sobre el consumo energético mediante la recopilación de las facturas eléctricas de los años 2004 y 2005, y en el análisis de la información eléctrica recopilada y de las características básicas de los regadíos que afectan al consumo.
2. La segunda fase consistirá en la realización de *Auditorías Energéticas* a las Comunidades de regantes interesadas en mejorar la gestión energética de sus regadíos, mediante la evaluación de las distintas oportunidades de ahorro de energía de forma más exhaustiva. La campaña de *Auditorías Energéticas* contará con el apoyo del Gobierno de Navarra, a través de Riegos de Navarra y de la Administración Central, a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

¹ Riegos de Navarra, S.A. Edificio Peritos - Avda. Serapio Huici, 22 • 31610 VILLAVA.
iederra@riegosdenavarra.com
plarumbe@riegosdenavarra.com

3. En la tercera fase, se elaborará una “*Guía de Buenas Prácticas Energéticas*” que incluirá las conclusiones y recomendaciones identificadas por la experiencia conjunta de muchos usuarios sobre la mejor forma de operar y mantener las instalaciones de bombeo.
4. Por último se tomarán en consideración los resultados obtenidos en las fases anteriores, al objeto de establecer un posible catálogo de ayudas del Departamento de Agricultura del Gobierno de Navarra que incidan sobre las líneas básicas de mejora encaminadas a disminuir el nivel de obsolescencia de los equipos y su renovación hacia las nuevas tecnologías de alta eficiencia energética.

La presente comunicación presenta los resultados obtenidos en la primera fase del trabajo: la detección de características del regadío, fácilmente valorables, que afectan al consumo de energía; y el establecimiento de ratios sectoriales de consumo que permitan evaluar la gestión energética de un regadío comparándolo con los de su sector.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la consecución de los objetivos previstos se ha analizado la información energética recabada en 36 nuevos regadíos de Navarra, con sistemas de riego a presión, con bombeos, y cuya superficie asciende a 16.067 hectáreas.

La superficie de los regadíos analizados se ha agrupado en función de la altura de bombeo y la distribución de regadíos en cada grupo se muestra en el gráfico siguiente:

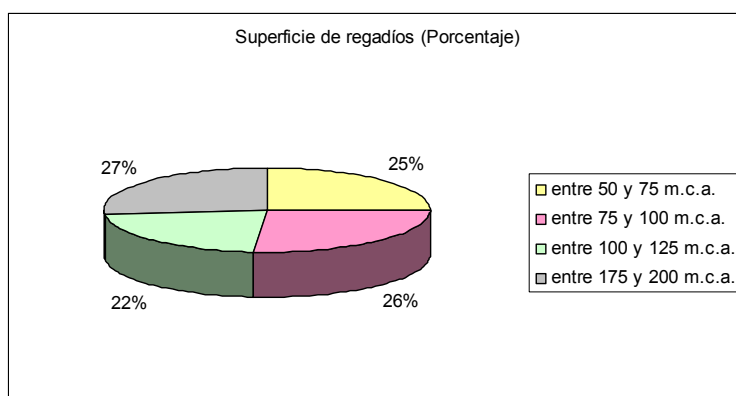


Figura 1. Distribución de la superficie de regadío en función de la altura de bombeo.

Las hectáreas se reparten de forma más o menos equitativa entre cuatro grupos, 4.029 hectáreas entre 50 y 75 m.c.a., 4.215 hectáreas entre 75 y 100 m.c.a., 3.481 hectáreas entre 100 y 125 m.c.a. y 4.342 hectáreas entre 175 y 200 m.c.a., no existiendo regadíos con alturas de bombeo comprendidas entre 125 y 175 m.c.a.. La altura media ponderada en función de la superficie es 116 m.c.a..

Se han reunido un conjunto de características básicas de los regadíos que afectan al consumo de energía como son su tamaño, su altura de bombeo (H), si se trata de un bombeo directo o a un depósito de regulación, su antigüedad, la estructura de cultivos.... En estos regadíos se pueden encontrar hasta 54 cultivos diferentes, aunque apenas una docena destaca claramente sobre el resto por su mayoritaria presencia.

Únicamente, en 24 regadíos de los que conforman el estudio se ha podido conocer el volumen total de agua de riego facturado anualmente a los usuarios; al resultar, por distintas razones, bastante complicada la recopilación de esta información.

Como procedimiento para monitorizar los consumos energéticos se procede a la recopilación de las facturas eléctricas mensuales referidas a los años 2004 y 2005, y a su análisis organizado mediante una base de datos Microsoft® Access.

El trabajo consiste en el aprovechamiento estadístico de los datos recogidos, a fin de establecer ratios sectoriales de consumo que permitan conocer si la gestión energética de un regadío es correcta comparándolo con los de su sector.

En los casos en los que se dispone del dato del volumen de agua suministrado a los usuarios (V) se ha calculado el indicador de eficiencia energética general (EEG) de la forma que se muestra a continuación

$$EEG (en \%) = \frac{\frac{V (en m^3)}{3,6} \cdot H (en mca)}{75 \cdot Consumo de energía (en kWh)} \cdot 0,736 \cdot 100$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la situación actual

■ **Empresa comercializadora**

La compañía eléctrica que controla casi la totalidad del mercado es Iberdrola. La presencia de las restantes compañías se puede calificar de testimonial (únicamente está presente en un regadío la distribuidora Berrueza).

■ **Tarifa**

Aunque en la actualidad el mercado eléctrico español permite que el consumidor pueda seleccionar la modalidad de contratación de la electricidad en el mercado liberalizado, la modalidad preferente en los regadíos consiste en el mercado a tarifa, donde los precios se encuentran regulados según unas tarifas determinadas por la Administración según decreto publicado en el Boletín Oficial del Estado.

La tarifa eléctrica contratada en el 100% de los casos consultados es la tarifa de Riegos Agrícolas. La desaparición de esta tarifa específica, anunciada para el año 2007 en el Real Decreto 809/2006 de 30 de junio, puede hacer variar la situación y que numerosos regadíos se acojan a la modalidad de mercado liberalizado donde el precio de la electricidad viene dado como resultado de una negociación entre las “diversas” empresas comercializadoras y el cliente. No obstante, se ha constatado la sensación generalizada de que el mercado liberalizado de electricidad no trae una rebaja sustancial de los precios.

El precio de la electricidad en el mercado a tarifa se desglosa en los siguientes conceptos:

- Término de potencia
- Término de energía

ambos términos están afectados por recargos o descuentos denominados Complementos:

- Complemento por energía reactiva
- Complemento por discriminación horaria

e impuestos:

- Impuesto sobre la electricidad
- IVA

El peso de la cuantía de cada uno de estos conceptos respecto al importe total de la factura eléctrica anual, promedio de los regadíos analizados, se muestra en el siguiente gráfico.

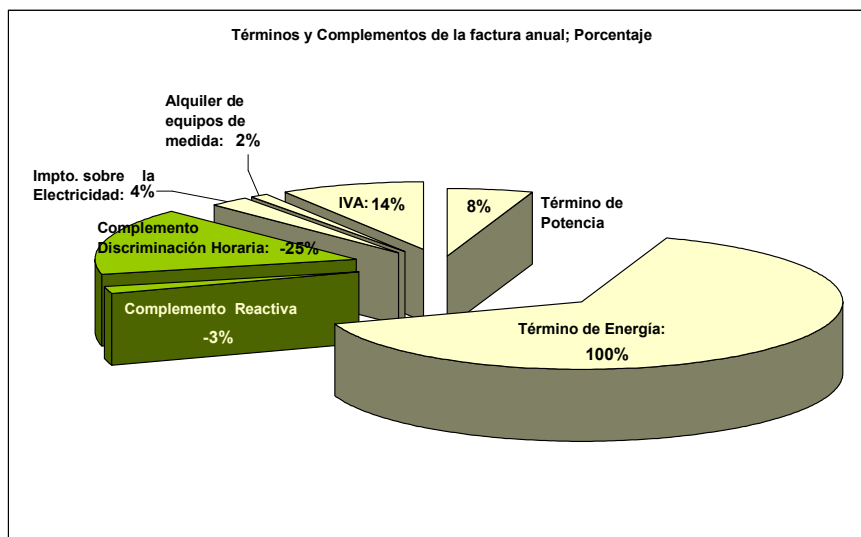


Figura 2. Peso de la cuantía de los conceptos de la factura eléctrica anual.

■ **Término de potencia**

La mayoría de los regadíos estudiados cuentan con un único máxímetro (modo de facturación 2). No obstante, la modalidad de facturación 4, con tres máxímetros, es cada vez más elegida (5 regadíos de reciente implantación disponen de tres máxímetros).

La selección de la potencia idónea constituye un punto de sensible ahorro energético y económico. Resulta clave conocer cuál es la potencia realmente utilizada en la instalación eléctrica de los regadíos a fin de discriminar si se está contratando más de la necesaria.

En los regadíos analizados se comprueba que la potencia idónea a contratar supone, como media, el 76% de la potencia instalada y el 85% de la potencia contratada.

Tabla 1. Primer indicador de gestión energética: Demanda de potencia.

Estructura de cultivos	Potencia (kW/ha y mca)
Alto porcentaje de cultivos no consuntivos	0,0010 – 0,0065
Alternativa de cultivos variada	0,0071 – 0,0152
Alto porcentaje de cultivos muy consuntivos	0,0168 – 0,0258

En la tabla 1 se aprecia que existen regadíos cuyas potencias a contratar oscilan entre 0,0010 y 0,0065 kW/ha y mca, y corresponden a aquellos regadíos donde los cultivos no consuntivos (viña, olivo, pacharán, cereal de invierno cuando no forma parte de doble cosecha, espárrago, o barbecho) ocupan más del 75% de su estructura de cultivos.

En el siguiente grupo de regadíos las potencias oscilan entre 0,0071 y 0,0152 kW/ha y mca.

En el último grupo, correspondiente a regadíos más consuntivos, con porcentaje de maíz, tomate, pimiento, frutales, alcachofa, alfalfa y pasto por encima del 70% en su estructura de cultivos, la potencia es superior a 0,0168 kW/ha y mca hasta 0,0258 kW/ha y mca.

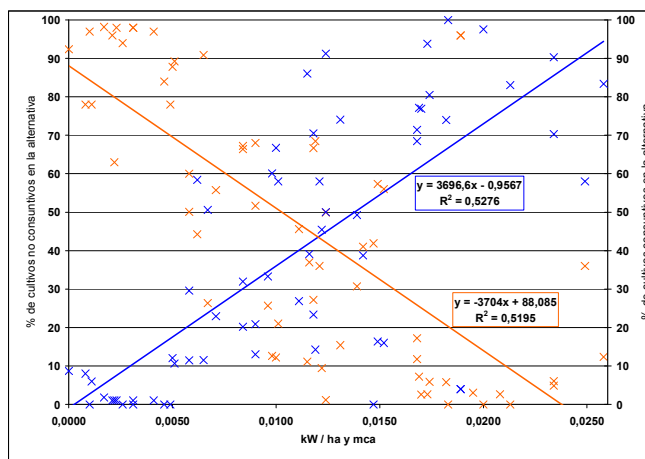


Figura 3. Demanda de potencia respecto la estructura de cultivos.

■ Término de energía y la discriminación horaria

Como se ha visto anteriormente, el consumo de energía en los regadíos es la parte más importante de la factura eléctrica.

Existe una gran variabilidad de consumo de un regadío a otro, dependiendo en primer término de su extensión y de la altura de bombeo, y asciende en algún caso hasta 3.500 MWh/año. En la casi totalidad de los casos (28 de 36) los regadíos se pueden calificar de *Grandes consumidores (grupo D)*, según la calificación energética del IDAE, superando los 600 kWh/ha y año. Del resto de regadíos, 4 tienen calificación de *Poco consumidores (grupo B)* con consumos entre 1 y 300 kWh/ha y 2 se califican como *Consumidores (grupo C)* con consumos entre 301 y 600 kWh/ha.

En el año 2004, el consumo de energía en los regadíos analizados asciende a 18.292.541 kWh (en 14.678 hectáreas), es decir, el consumo por superficie anual medio asciende a 1.246 kWh/ha. En el año 2005, la energía consumida fue 24.822.843 kWh en 16.067 hectáreas, el consumo por superficie anual medio asciende a 1.545 kWh/ha, un 37% más que el año anterior debido a la incorporación de nuevos regadíos.

El consumo de energía es marcadamente estacional, como muestra la figura 3. La campaña de riego se extiende de mayo a septiembre (el 80% del consumo se produce en esta época) y los meses de julio y agosto suman un consumo de casi el 50% (25% + 25%) del consumo global.

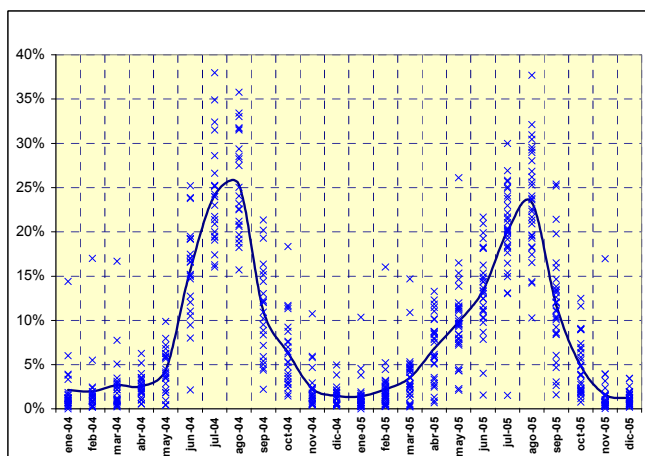


Figura 4. Estacionalidad del consumo energético.

Como en el caso de las potencias los regadíos pueden agruparse en función de su estructura de cultivos.

Tabla 2. Segundo indicador de gestión energética: Consumo de energía.

Estructura de cultivos	Energía (kWh/ha y mca)
Alto porcentaje de cultivos no consuntivos	< 10
Alternativa de cultivos variada	10 – 25
Alto porcentaje de cultivos muy consuntivos	25 – 40

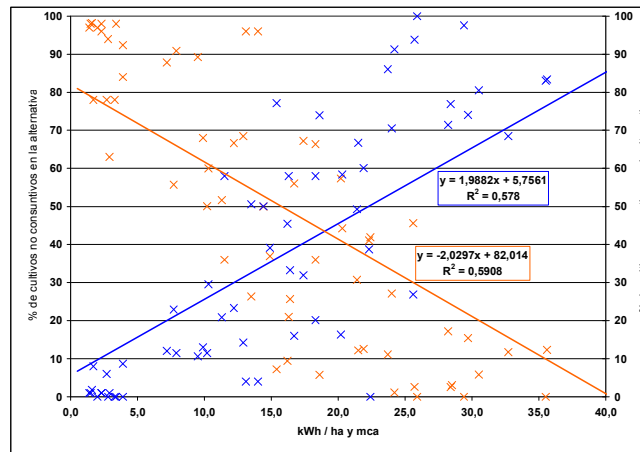


Figura 5. Consumo de energía respecto la estructura de cultivos.

Uno de los aspectos de mayor interés a la hora de conseguir la máxima eficiencia en la gestión energética del regadío consiste en intentar organizar el riego con objeto de obtener el mayor ahorro económico posible en el complemento de discriminación horaria, sobre todo en aquellos regadíos con altos consumos de energía.

Existen distintos tipos de discriminación horaria entre los que elegir, la mayor parte de los regadíos analizados (32 de 36) optan por contratar el tipo 4, donde se distingue entre horas **punta** (con un recargo del 100%), llano (sin recargos ni descuentos) y **valle** (con un 43% de descuento), y con distinción adicional de fines de semana. Se dispone de lunes a viernes de 6 horas **punta**, 10 horas llano y 8 horas **valle**. Las 48 horas del fin de semana son **valle**, por lo que este tipo de discriminación horaria es interesante cuando se consigue desplazar a fines de semana buena parte del consumo.

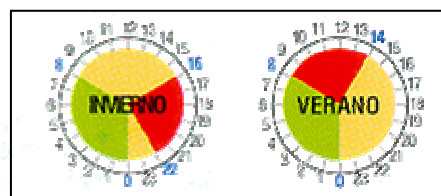


Figura 6. Horarios correspondientes al tipo 4 de discriminación horaria en Navarra.

Los regadíos analizados se han clasificado en aquellos que disponen de un depósito de regulación que domina la zona y los bombeos de inyección directa a la red. La discriminación horaria en uno y otro grupo es significativamente distinta.

Tabla 3. Tercer indicador de gestión energética: Discriminación horaria.

Tipo de regulación en bombeos	% Punta	% Llano	% Valle
Con depósito de regulación	3,9	18,6	77,5
Inyección directa en red	2,6	26,5	70,8

Los depósitos ayudan a que 6,7 puntos de Llano se trasladen a Valle.

Se ha intentado asociar el porcentaje de Valle con la estructura de cultivos, tanto en bombeos directos como en bombeos con depósitos de regulación, y la relación ha resultado dudosa. En los bombeos directos se observa cierta tendencia a que en regadíos con alto porcentaje de cultivos no consuntivos el % de Valle se mueva entre 73 y 90, mientras que en los regadíos con alto porcentaje de cultivos muy consuntivos el % de Valle disminuye y se encuentra entre 60 y 66.

■ **Complemento por reactiva**

Las compañías eléctricas contabilizan la presencia de energía reactiva en las instalaciones eléctricas de los regadíos e introducen un complemento, dependiente del factor de potencia de la instalación, con el fin de limitarla.

Siempre es conveniente corregir el factor de potencia hasta valores iguales o superiores a 0,96 para conseguir al menos una bonificación de -2,6%.

Considerando los datos arrojados por el prediagnóstico se observa que el 71% de los regadíos presentan un factor de potencia igual o por encima de 0,96. No obstante, existen 10 regadíos (29%) que muestran un factor de potencia inferior, de los cuales la mitad lo presentan por debajo de 0,90, estando por tanto en la zona de penalización; siendo necesaria la revisión de las baterías de condensadores para su corrección.

Tabla 4. Cuarto indicador de gestión energética: Factor de potencia.

Antigüedad	cos ϕ
18 instalaciones anteriores al año 2000 (1984-1999)	0,91
18 instalaciones posteriores al año 2000 (2000-2005)	0,98

Las instalaciones eléctricas con peores complementos por reactiva corresponden a aquellas de mayor antigüedad y que no tienen contratado un servicio de mantenimiento.

■ **Eficiencia energética general (EEG)**

Finalmente, se ha calculado el indicador de eficiencia energética general en los 24 regadíos que disponían del dato del volumen de agua suministrado a los usuarios. De nuevo, se ha distinguido entre regadíos con depósito de regulación y aquéllos con bombeos de inyección directa en red al comprobar que su eficiencia es significativamente diferente.

Tabla 5. Quinto indicador de gestión energética: Eficiencia energética general

Tipo de regulación en bombeos	EEG (%)
Con depósito de regulación	63
Inyección directa en red	Instalaciones anteriores al año 2001 (2000-2001) 48
	Instalaciones posteriores al año 2001 (2002-2005) 62

Es innegable que en los últimos años existe una tendencia a incrementar la eficiencia de los bombeos directos, con la incorporación de mejores diseños y tecnologías.

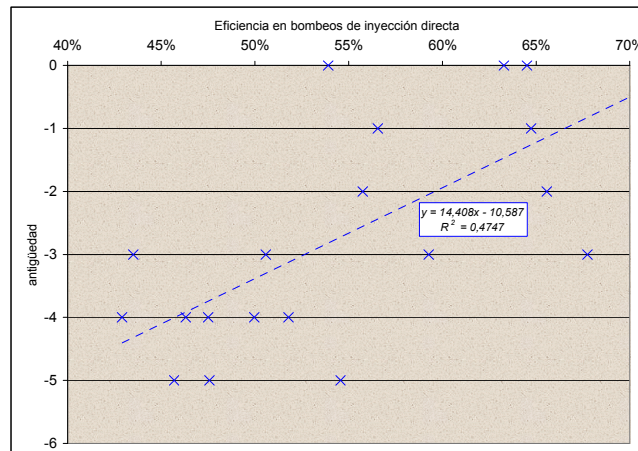


Figura 7. Eficiencia respecto antigüedad de la instalación.

Por otra parte, se esperaba encontrar relación entre la eficiencia de la instalación y la considerable desviación entre el volumen de agua anual realmente suministrado y el que se consideró en el proyecto original (de media, el volumen suministrado es un 40% inferior al considerado en proyecto). No obstante, en el análisis estadístico la relación ha resultado muy vaga por lo que no se incluye como parámetro a tener en cuenta en el indicador.

Valoración de los ahorros derivados de una adecuada gestión energética.

El seguimiento de la facturación del suministro eléctrico es apropiado a fin de que el precio de la energía resulte el más económico vigente dentro de las disposiciones legales vigentes.

1. Es importante efectuar, al menos, un control anual donde la observación de las potencias demandadas mes a mes permitirá deducir si hay que variar la potencia contratada o variar el modo de facturación de uno a tres máxímetros.

Esta mejora en las condiciones del contrato significa pasar de 16.377 kW contratados actualmente en el conjunto de los regadíos analizados a 14.300 kW, una reducción de 2.077 kW (13%). El ahorro económico anual que supone la implantación de esta mejora se cifra en 44.935,35 €.

2. Convendrá, asimismo, estudiar si la demanda se ha adaptado a los horarios valle y llano y se ha evitado, en la medida que haya sido posible, el período punta con recargo.

Para calcular el ahorro económico derivado del manejo racional del bombeo de inyección directa en red se exige que de las horas disponibles para el riego (horas valle y llano) se ocupen de forma prioritaria las valle, lo que supone que, al menos, el porcentaje de consumo en horas valle respecto el consumo total debe tener el valor 63,8%.

En los bombeos con elevación constante a un depósito de regulación se incrementa ese valor en 6,7 puntos hasta 70,5%.

Siempre va a existir cierto consumo de energía en horas punta, correspondiente a servicios auxiliares, sin que habitualmente supere un máximo de 4,0% sobre el total.

El ahorro económico anual que constituye la implantación de esta mejora de manejo en el conjunto de los regadíos estudiados alcanza la cifra 22.324,43 €.

3. Además, es oportuno controlar el funcionamiento de los condensadores instalados y proceder a su sustitución si observamos que el valor del factor de potencia ha disminuido de forma considerable, por debajo de 0,96.

Esta mejora en equipos de la instalación eléctrica tiene repercusiones energéticas, con disminuciones que alcanzan la cifra de 1.019.373 kVARh. En cuanto al ahorro económico anual se calcula que asciende a 13.096,80 €.

4. Por último, la mejora de la eficiencia energética general con acciones sobre el manejo del bombeo o sobre los equipos, puede suponer un ahorro económico en los 24 regadíos analizados de 49.132,98 € y una disminución del consumo energético de 737.123 kWh.

El ahorro económico anual suma de los enumerados (más impuestos) asciende a 171.133,31 € (10% sobre la factura total anual de los regadíos analizados).

CONCLUSIONES

Las parámetros que caracterizan al regadío que se han considerado son aquéllos que afectan, significativamente, al consumo de energía, y que a su vez son fácilmente conocibles:

- Superficie del regadío
- Altura de bombeo
- Bombeo directo en red o a un depósito de regulación
- Estructura de cultivos
- Antigüedad del regadío
- Mantenimiento de las instalaciones eléctricas

Del análisis de la situación actual se destacan los siguientes puntos:

- a) Primer indicador de gestión energética: Demanda de potencia.

Estructura de cultivos	Potencia (kW/ha y mca)
Alto porcentaje de cultivos no consuntivos	0,0010 – 0,0065
Alternativa de cultivos variada	0,0071 – 0,0152
Alto porcentaje de cultivos muy consuntivos	0,0168 – 0,0258

- b) Segundo indicador de gestión energética: Consumo de energía.

Estructura de cultivos	Energía (kW/ha y mca)
Alto porcentaje de cultivos no consuntivos	< 10
Alternativa de cultivos variada	10 – 25
Alto porcentaje de cultivos muy consuntivos	25 – 40

- c) Tercer indicador de gestión energética: Discriminación horaria.

Tipo de regulación en bombeos	% Punta	% Llano	% Valle
Con depósito de regulación	3,9	18,6	77,5
Inyección directa en red	2,6	26,5	70,8

d) Cuarto indicador de gestión energética: Factor de potencia.

Antigüedad	cos ϕ
18 instalaciones anteriores al año 2000 (1984-1999)	0,91
18 instalaciones posteriores al año 2000 (2000-2005)	0,98

e) Quinto indicador de gestión energética: Eficiencia energética general.

Tipo de regulación en bombeos		EEG (%)	
Con depósito de regulación		63	
Inyección directa en red	Instalaciones anteriores al año 2001 (2000-2001)	55	48
	Instalaciones posteriores al año 2001 (2002-2005)		61

Si bien, el ahorro derivado de una adecuada gestión energética para el conjunto de regadíos ha resultado no ser demasiado relevante (un 10% sobre la factura total); si se analiza cada caso particular, entonces, se manifiesta significativo ya que en algún regadío se producen ahorros de hasta el 49% de su factura.

Del estudio presentado se desprende la necesidad de realizar una campaña de *Auditorías Energéticas* que permitan un análisis más exhaustivo de la situación actual y de las oportunidades de ahorro. Asimismo es necesario transmitir la importancia que tiene conseguir la máxima eficiencia en la gestión energética del regadío, no únicamente con objeto de obtener el mayor ahorro económico posible sino teniendo en cuenta que lleva asociado un factor medioambiental. Para la consecución de este objetivo se proponen instrumentos como la publicación de una *“Guía de Buenas Prácticas Energéticas”* y el establecimiento de ayudas encaminadas a disminuir el nivel de obsolescencia de los equipos y su renovación hacia las nuevas tecnologías de alta eficiencia energética.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en la empresa Riegos de Navarra S.A., en el marco del “Proyecto de Eficiencia Energética en los Regadíos de Navarra”.

Deseo expresar mi gratitud a todas y cada una de las Comunidades de regantes que están participando en este proyecto. Agradezco su esfuerzo y confianza al proporcionar toda la información requerida, incluidas las fotocopias de las facturas eléctricas «por las dos caras».

Gracias, también, a Miguel Horta que me introdujo en la materia con su estudio sobre *“Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío”*.

REFERENCIAS

Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío. Título publicado en octubre de 2005 por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), incluido en la Serie “Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura”.

Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes (2006). Departamento de Ingeniería de la Universidad Miguel Hernández. Informe interno.

Jornadas técnicas sobre estaciones de bombeo para riego (2005). Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER).