Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura de Regadío (II)

*F. Monedero Gómez**

En el número anterior de esta revista publicamos un artículo en el que se exponían las conclusiones, a las que llamábamos "Medidas Operativas Propuestas", del documento que IDAE está elaborando y que próximamente será publicado, con el título de "Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura de Regadío".
Ahora queremos exponer las reflexiones que han servido de guía para obtener las conclusiones y recomendaciones propuestas en el artículo y en la citada publicación, que pretenden frenar la tendencia actual de crecimiento desmesurado en el uso de la energía.
Para lo cual comenzamos con unir el ahorro energético a las cifras del Plan Nacional de Regadíos, describiendo lo que se considera como *Regadío Eficiente*, el papel principal de los *Servicios de Asesoramiento al Regante* (SAR) y el de las *Nuevas Tecnologías* al servicio del regadío.

Dpto. Servicios y Agricultura IDAE

El ahorro energético y las cifras del Plan Nacional de Regadíos

La reducción de la intensidad energética es un objetivo prioritario para cualquier economía y con más razón en España donde la intensidad energética aumenta cada año a un ritmo elevado.

Las cifras del PNR sirven para dar una visión del peso relativo del regadío en la demanda de energía del sector agrario.

Los bombeos y las labores de regadío totalizan 1.261 ktep, es decir, tanto como el secano en su conjunto. No es de extrañar por tanto que las acciones de ahorro y eficiencia energética previstas en el Plan de Acción 2005-2007 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4), incidan principalmente sobre la maquinaria agrícola de un lado, y sobre el regadío de otro.

La demanda actual de agua de riego estimada es de 23.298 hm^3/año. En el horizonte 2008, el incremento de la demanda debida a los nuevos regadíos es de 1.233 hm^3/año. El incremento de recursos adicionales para dotar adecuadamente a cada cuenca es de 1.298 hm^3.

Si se le resta la disminución de la demanda provocada por la implantación del plan de mejora (938 hm^3) se necesitan, para ese horizonte, 24.891 hm^3.

Como consecuencia del PNR el incremento de consumo se evalúa en 759 GWh. Cabe destacar que más del 50% del incremento de consumo se atribuye a los programas de consolidación y mejora de regadíos que son, a la vista de los datos, los que requieren una intervención más enérgica a la hora de mejorar la eficiencia.

Demanda de energía primaria en la Agricultura en 1995

	Gasoleo Agrícola Ktep	Energía eléctrica para riego (Ktep)	Total Energía Ktep	% sobre España
Secano	1.349	0	1.349	1,33
Bombeos Regadío	224	613	837	0,83
Labores Regadío	424	-	424	0,41
Pesca	853	0	853	0,83
Otros	100	0	100	0,10
Total	**2.950**	**613**	**3.563**	**3,5**

Demanda futura de Riego (hm^3) al Horizonte 2008

Comunidad Autónoma	Demanda actual agua de riego	Incremento demanda Nuevos Regadíos	Disminucion demanda programa Mejora	Recursos adicionales al H-2008	Demanda de agua al H-2008
Andalucía	5.025	146	46	444	5.569
Aragón	3.225	278	131	125	3.497
Asturias	25	0	0	1	26
Baleares	136	9	3	7	149
Canarias	210	31	9	30	262
Cantabria	15	0	1	1	15
Castilla La Mancha	2.267	148	126	133	2.422
Castilla y León	3.352	264	177	141	3.580
Cataluña	2.219	17	96	20	2.160
Extremadura	1.695	139	85	160	1.909
Galicia	619	0	14	3	608
Madrid	268	0	11	10	267
Región deMurcia	1.231	0	49	72	1.254
Navarra	514	43	26	42	573
País Vasco	40	16	0	7	63
Rioja	342	40	25	11	368
Com.Valenciana	2.115	0	139	91	2.067
Sin regionalizar	0	102	0	0	102
Total	**23.298**	**1.233**	**938**	**1.298**	**24.891**

Resumiendo, el Plan Nacional de Regadíos prevé un incremento de unas 364.000 ha de la superficie destinada al riego (242.000 en el horizonte 2008) y la modernización de regadíos existentes (el 50% al horizonte 2008) mediante procesos de consolidación y mejora en 1.129.000 ha y 1.140.000 ha respectivamente.

Es evidente que las nuevas hectáreas van a suponer una mayor demanda de energía y que la modernización de sectores con riego actual por gravedad, que van a pasar a riego a presión (aspersión, microaspersión, goteo), va a precisar la construcción de nuevas estaciones de bombeo, con el consiguiente incremento del consumo energético, con cifras por ha de magnitud similar a las de los nuevos regadíos (aprox.= 1.500 kWh/ha).

Se trata en definitiva de compatibilizar la creación o reestructuración de los sistemas regables con el uso apropiado de los recursos agua y energía a través de la gestión racional de los distintos sistemas de riego, combinando el incremento de la eficiencia de los sistemas de riego con diseños de instalaciones realizados con criterios de ahorro y eficiencia energética.

Este tipo de desarrollo "sostenible" del regadío implica un trabajo orientado hacia el análisis de la situación actual (¿estamos derrochando energía?) y la búsqueda de medidas que ayuden a conseguirlo.

Los regadíos eficientes

Existe en general un elevado grado de consenso sobre las medidas que pueden aplicarse para conseguir un **uso eficiente del agua** en los regadíos. Las más importantes son las siguientes:

- Introducción de nuevas tecnologías de riego más eficientes.
- Creación de Servicios de Asesoramiento al Regante (SAR).
- Formación a los regantes en las nuevas tecnologías y aspectos ambientales.
- Uso de tarifas binomias (volúmenes-superficies) con penalizaciones por excesos.
- Colocación de sistemas de control del agua en alta.
- Mejora de las regulaciones internas (en balsas y/o en los propios canales).
- Mejora de las redes de transporte y distribución.
- Mejora de los sistemas de gestión administrativa en las Comunidades de Regantes.
- Mejora de los sistemas de explotación de embalses con evaluación en tiempo real de las necesidades de agua de los cultivos.

Estas medidas para mejorar la eficiencia en el uso del agua son, como puede apreciarse, unas de matiz administrativo y de gestión y otras de matiz más técnico, y todas ellas, se pueden implementar en beneficio, finalmente, del ahorro y de la eficiencia energética si se proyectan y aplican de manera adecuada.

Desde el punto de vista estricto de la **eficiencia energética**, se considera que puede incidirse mediante dos aspectos:

1. Por la *disminución de consumos de agua* como consecuencia de un mejor conocimiento de las necesidades a través de los Servicios de Asesoramiento al Regante y por la reestructuración o modernización con cambio de sistema de riego. Tiene mayor efecto en los regadíos en los que se considera la posibilidad de un cambio del sistema de riego (puede pasar la eficiencia de 0,4 hasta

Programas	Δ Consumo (GWh)
Programa de consolidación y mejora de regadíos	450
Regadíos en ejecución	157
Regadíos potenciales	95
Regadíos privados	57
Total	**759**

0,75) y en los que se encuentran con escaso porcentaje de revestimiento de sus redes en la actualidad (pueden mejorar la eficiencia de 0,4 a 0,6). No obstante, en el caso de modernizaciones que lleven aparejado un cambio de sistema de riego el ahorro de agua, si se produce, puede compensarse con un mayor consumo de energía para los riegos a presión, ya que requieren de media una potencia instalada del orden de 2,0 kW por hectárea.

2. Por la correcta *adecuación del sistema de bombeo*, tanto en los nuevos regadíos como en la modernización, en lo referente a los siguientes conceptos:

- Introducción de variadores de frecuencia para funcionamiento de bombas en régimen variable.
- Mejora de rendimientos en los equipos de impulsión.
- Automatización de los sistemas de mando, maniobra y control.
- Posibilidad de construcción de depósitos operativos, en casos determinados.
- Diseño de redes optimizadas energéticamente.
- Mejora del factor de potencia.
- Elección de la tarifa más adecuada.

A modo de conclusión: La modernización de los regadíos tiene un techo a alcanzar que se concreta en los cambios hacia sistemas de riego automatizables, con control de la aplicación del abonado y fitosanitarios, en unas estructuras productivas mejoradas con procesos de Concentración Parcelaria. Las consecuencias directas para el agricultor son una mejora de sus condiciones de trabajo, mayor disponibilidad de tiempo y una mejora de sus resultados económicos.

La sociedad, en su conjunto, se beneficiará de la mejora ambiental derivada de la modernización y, en particular, del ahorro energético que se produce en relación con los regadíos tradicionales con bombeo.

Toda la sociedad se beneficia de la mejora ambiental derivada de la modernización y en particular del ahorro energético que se produce en relación con los regadíos tradicionales con bombeo

La mejora de la eficiencia energética de los regadíos que dependen de aportes externos de energía lleva consigo unas inversiones que minoran, en principio, los costes de explotación de los agricultores pero, y sobre todo, tienen un efecto positivo sobre el medio ambiente en cuanto disminuyen la necesidad de producción energética.

A pesar de las dificultades, debe tenderse a la realización de las obras de modernización de los regadíos tradicionales, preferiblemente con cambio a sistema de riego a presión que, junto a la asistencia técnica proporcionada por el Servicio de Asesoramiento al Regante, constituyen los dos elementos básicos para el manejo eficaz de los recursos hídricos disponibles. El correcto diseño y empleo posterior de las instalaciones puede proporcionar una liberación de caudales con fines ambientales, y en particular puede contribuir a disminuir la sobreexplotación de acuíferos por el ahorro de agua producido y, en definitiva, a un ahorro energético por menores necesidades de bombeo.

El Servicio de Asesoramiento al Regante (SAR)

Los Servicios de Asesoramiento al Regante se crean, con el ánimo de fomentar un manejo conservacionista de los regadíos y de dar soporte técnico real a los aspectos energéticos y ambientales de los mismos.

Para ello es preciso aplicar una serie de medidas correctoras, que normalmente se resuelven en la fase de diseño de los proyectos. Sin embargo, resulta sumamente importante tener en cuenta también otra serie de medidas preventivas y correctoras durante la fase de utilización de las obras en base a racionalizar, la explotación de las parcelas en regadío y el uso de las instalaciones.

Los objetivos de minimización de impactos durante esta fase pueden conseguirse siguiendo unas normas lógicas (aunque no siempre conocidas por los usuarios) en la práctica del riego: utilización racional del agua, control en el aporte de fertilizantes, fitosanitarios y pesticidas, laboreo de suelo tendente a evitar la erosión, etc.

Para conseguir estos objetivos se hace cada vez más necesario que los nuevos regantes cuenten con un asesoramiento técnico como medida correctora en los Planes de Vigilancia Ambiental, con objeto de minimizar las posibles afecciones causadas por la práctica del riego. Estas medidas se encaminan principalmente en dos direcciones:

- Mantenimiento y conservación de las instalaciones en orden a la disminución de consumos energéticos y de costes.
- Explotación de las parcelas de regadío, su manejo y control.

Principales actividades a desarrollar por el SAR

Formación e información	Seguimiento y control
- Empleo adecuado de fertilizantes y agroquímicos	- Calidad de las aguas superficiales y subterráneas
- Recomendaciones semanales de riego	-Prácticas de riego
- Mantenimiento de las instalaciones	- Niveles de salinidad en el suelo
- Manejo del suelo para limitar la erosión	- Evaluación de sistemas de riego
- Divulgación de técnicas conservacionistas	- Análisis del consumo energético
- Formación regantes	- Estudio de tarifas de riego
- Formación guardas	

Para la consecución de este propósito va a ser primordial el **asesoramiento técnico especializado y cercano**, articulado a través de los Servicios de Asesoramiento al Regante (SAR) implantados en distintas Comunidades Autónomas, que dé a conocer estas medidas a los usuarios del regadío y que clarifiquen de qué forma se han de poner en práctica.

Las principales actividades a desarrollar por el SAR son las citadas en el cuadro anexo.

No se concibe un programa de ahorro y eficiencia energética que no incluya entre sus acciones la implantación de los Servicios de Asesoramiento al Regante. El manejo de los regadíos desde el punto de vista hidráulico, energético y medioambiental lo exige. Estos Servicios de Asesoramiento al Regante deben estar coordinados con la red SIAR del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, que informa en tiempo real de las necesidades de agua de los cultivos.

A su vez, estos datos han de servir para que la Administración Hidráulica pueda planificar los desembalses con información fiable o controlar extracciones en acuíferos de forma que se evite su sobreexplotación.

Nuevas tecnologías al servicio del regadío

Las nuevas tecnologías han introducido en el mundo del riego enfoques que hace unos años se consideraban impensables. Los programas informáticos de gestión de regadíos y de redes de riego, la mejora energética de los bombeos que suministran caudal y presión a las zonas regables, la posibilidad de consultar en Internet las dosis de riego para cada cultivo y zona climática así como disponer de la información en tiempo real de los cultivos existentes en las zonas regables, son algunas de las cuestiones que las nuevas tecnologías han contribuido a desarrollar en plenitud.

Programas de Gestión de Regadíos y de Redes de riego

Son aplicaciones informáticas de apoyo a las Comunidades de Regantes y que sirven a su vez como fuente de información para futuros proyectos. La instalación la puede realizar el Servicio de Asesoramiento al Regante así como su seguimiento y mantenimiento.

Con estas herramientas informáticas se puede hacer realidad la aplicación de tarifas binomias y progresivas con las penalizaciones por superación de determinados niveles de consumo de agua por cultivo.

Este tipo de actuación se ha comprobado que es muy efectivo en el control de las zonas con recursos limitados, ya que permite el control de los consumos reales por cultivos, su relación con las recomendaciones de riego y el grado de seguimiento que se hace de las mismas, así como el análisis energético de las instalaciones proyectadas y su incidencia en el precio final del agua.

Programa ADOR

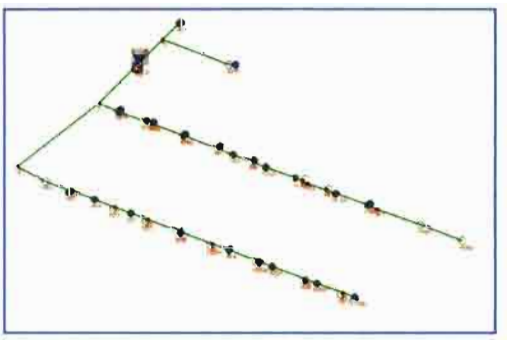
El programa ADOR, financiado por el Plan Nacional de I+D y los fondos FEDER de la UE, se ha creado para ayudar a la gestión del agua en las comunidades de regantes y facilitar la toma de decisiones en la modernización de regadíos y en la planificación de las campañas de riego. Fundamenta su trabajo en una extensa base de datos capaz de dinamizar los procesos de gestión facilitando además la facturación a través del control de consumos de agua y de energía, entre otros.

El programa puede ser usado en comunidades de regantes que tengan cualquier tipo de sistema de riego (superficie, aspersión o goteo) y cualquier tipo de red de distribución (canales o tuberías).

Gestión de redes a la demanda. Programa GESTAR

GESTAR es un paquete de simulación hidráulica de redes presurizadas orientado al diseño, análisis y gestión de regadíos, que se conjuga con una "interface" gráfica que permite el empleo cómodo y eficiente de tales recursos.

Esta herramienta posibilita planificar una óptima explotación del regadío y previene multitud de problemas operativos, puesto que anticipa inmediatamente la respuesta de la red ante múltiples estados de demanda, supuestos o verificados, y detecta las causas que originan las disfunciones.



Automatización de sistemas de bombeo: los variadores de frecuencia

En la búsqueda de la optimización energética y en síntesis, existen dos maneras de satisfacer una demanda de riego a presión, independientemente del grado de automatismo de la estación: con bombas funcionando a velocidad constante o bien con bombas funcionando a velocidad variable.

A. Bombas a velocidad constante. En el caso de la velocidad constante donde los grupos motobombas sirven un caudal determinado a una presión fija, se puede proyectar una balsa de regulación situada a la altura de bombeo precisa, que sea capaz de acumular los excedentes no consumidos en la red y de dar la presión necesaria al caudal demandado cuando no funcionen los grupos de bombeo. Se le suele exigir, por criterios económicos, estar muy cerca de la zona de riego y se utiliza para comandar, según su grado de llenado, el equipo de impulsión de la estación de bombeo a través de una señal de radio. Siempre se proyectan estas balsas operativas a la cola de la red, comunicada con ella por una única tubería de entrada/salida.

El balance energético del bombeo a velocidad constante no es, ni conceptual ni técnicamente, óptimo.

Basta con analizar el esquema básico de riego con balsa: se están regando parcelas cuya necesidad de presión para riego por aspersión se cifra en torno a los 50-70 m (incluida la altura geométrica) con agua acumulada a unos 100 ó 120 m de altura, aunque haya sido bombeada en hora valle.

Se entiende que el balance es todavía peor en los hidrantes situados cerca de las estaciones de bombeo y en aquellos diseñados para riego por aspersión y que en un futuro cambien a riego por goteo, tendencia que se ha venido observando en los últimos años. En resumen, se debe entender que elevar agua a una altura fija para tener que perder presión en el regulador del hidrante a la hora de regar, no supone, ni de lejos, un planteamiento energético correcto.

Salvo que la balsa o depósito operativo sirva como elemento de acumulación y regulación, en cuyo caso su construcción tiene una justificación diferente, conceptualmente, de los diseños con embalses operativos, podemos decir además que:

- No son estrictamente necesarios para automatizar una estación de bombeo.
- Su estanqueidad, generalmente encomendada a materiales plásticos, necesita un seguimiento adecuado, por parte de las Comunidades de Regantes, que a veces no se lleva a cabo.
- Encarecen la red, debido a las grandes reservas de timbraje necesarias para transitorios hidráulicos superiores a los bombeos con variador de frecuencia.
- El balance energético es incorrecto.
- No permiten la sectorización de las redes de las que se habla posteriormente.
- Son unos bombeos muy rígidos a futuro.
- Al tener que construirlos aprovechando alturas existentes pueden dejar

ciertas zonas, interesantes a transformar, sin presión suficiente.
- Por su emplazamiento, se dejan sin las conducciones hidráulicas necesarias para transportar los excesos de agua debidos a falsas maniobras por lo que se producen arrastres y erosiones de consecuencias, muchas veces, graves.
- Debido a su emplazamiento no suelen disponer de energía eléctrica por lo que no puede llevarse a cabo la instalación de una válvula motorizada para cerrar la conducción de bajada en caso de una avería de la red por la noche, con el consiguiente peligro de inundaciones debidas a su vaciado.
- Desde el punto de vista ambiental y estético sus afecciones pueden ser relevantes, dependiendo de la zona donde se ubiquen.
- Mantienen la presión en la red y permiten un cierto riego diurno con agua barata.
- Se adecuan a los condicionantes del sistema eléctrico.

B. Bombas a velocidad variable. El sistema de automatización de velocidad variable utiliza un variador de frecuencia[1] que, actuando sobre las bombas necesarias del sistema, consigue servir a la red el caudal demandado en cada momento a una presión determinada.

Este sistema de automatización de bombeo empezó a utilizarse en la década de los 80, cuando ya se construyeron algunas estaciones de bombeo con ese sistema. Desde entonces hasta hoy la electrónica ha evolucionado de manera impresionante y mucho más en el campo de los semiconductores, con el consiguiente aumento de la oferta de aparatos, su mejor conocimiento, la disminución de tamaño y, fundamentalmente, la caída de su precio. Motivos todos ellos que estimulan, aún más, su utilización.

Si este sistema ha funcionado de manera satisfactoria en los bombeos donde ha sido necesaria su instalación, los variadores han mejorado sus prestaciones y son mucho más baratos frente a la construcción de un depósito, no encontramos ningún motivo para no instalarlos, aunque en la zona exista la posibilidad de construir una balsa.

De hecho si se hubieran proyectado en muchos regadíos bombeos con variadores de nueva generación se habrían eliminado depósitos prefabricados, muy caros de construir y con dificultad para conducir las aguas aliviadas en falsas maniobras. Hubieran sustituido, sin duda, a los bombeos con calderines acumulativos.

[1] El variador de frecuencia es un aparalo electrónico capaz de variar la frecuencia de entrega de la red eléctrica, lo que hace que la respuesta de un motor sea variable, y su consumo eléctrico se adapte a las necesidades de cada momento.

Hubieran equilibrado las difíciles decisiones en la planificación a la hora de apostar por uno de los dos sistemas y se habría desechado la construcción de balsas con ciertos problemas de afecciones ambientales o donde se han proyectado riegos de invierno con demandas muy variables y grandes interrupciones estacionales.

Pero, fundamentalmente, donde abren un horizonte cerrado por el sistema clásico y hasta ahora no abordado en los proyectos de riego es en el campo de la sectorización y en el de la presión variable.

La importancia de la sectorización en los diseños de redes de riego

El variador de frecuencia en combinación con los aparatos que se instalan siempre, sea cual sea el sistema elegido, en las estaciones de bombeo (autómatas, caudalímetros,..) proporciona una potente herramienta de optimización de recursos ya que el sistema puede funcionar de manera mucho más inteligente y suministra, con gran rendimiento global, **caudal y presión variable**.

Es decir, en cada momento las bombas no sólo dan el caudal demandado en la red sino que, además, lo suministran, si se sabe proyectar el sistema correctamente, siguiendo su curva de resistencia: **a la presión necesaria en cada instante**.

Incluso, si los hidrantes están dotados de algún sistema de envío de información a la estación de bombeo puede suprimirse la necesidad de mantener una presión mínima en la red que al descender envía la señal por telecontrol a la estación de bombeo para su arranque.

Con la frecuencia variable ya resulta viable **sectorizar** el bombeo, es decir, construir dos (incluso tres) sistemas de bombeo independientes en cada transformación.

Se entiende que esto no puede hacerse con balsas, pues sería necesario construir dos o tres a diferentes alturas. La sectorización, donde se deba realizar, permite instalar, compartiendo instalaciones fijas, bombeos a diferentes rangos de alturas y caudales de manera independiente, bien porque existan zonas a goteo junto a otras de aspersión, o bien porque coexistan en el proyecto zonas con desniveles relativos muy importantes.

Con este planteamiento, contando con los programas de gestión de redes descritos y con los automatismos en parcela, diseñar redes a la demanda se convierte en un lujo innecesario, siendo más razonable proyectar redes para "riego ordenado" a mitad de camino entre los turnos y la demanda.

Elevar agua a una altura fija para tener que perder presión en el regulador del hidrante a la hora de regar, no supone, ni de lejos, un planteamiento energético correcto

Como conclusión

El funcionamiento de las redes de distribución diseñadas con criterios de "riego ordenado", unido a la posibilidad de conocer en detalle los caudales demandados en tiempo real por los cultivos, gracias a la combinación de estaciones agroclimáticas automáticas e Internet, permite ya, y permitirá cada vez más en el futuro, gestionar el agua eficazmente desde los puntos de vista económico y ambiental, especialmente si se dota a las Comunidades de Regantes de programas informáticos de gestión administrativa y de gestión de redes, adaptados al tamaño y características específicas de cada Comunidad de Regantes.

Si a lo anterior se une que en las estaciones de bombeo los variadores de frecuencia inducen ahorros energéticos adicionales y por tanto menor uso de recursos fósiles, se configura una situación en la que las nuevas tecnologías contribuyen cada vez más eficazmente al desarrollo de una agricultura de regadío respetuosa con el medio ambiente y que actúa con criterios propios de sector industrial en los aspectos económicos y de rentabilidad.

Como puede suponerse las necesidades de formación de los agricultores, en este contexto, se incrementan notablemente, siendo necesario disponer de técnicos en divulgación para ir acercando al agricultor a las nuevas tecnologías, que le permitirán ser más competitivo y hacer un uso más racional de los recursos hídricos y energéticos disponibles, acoplando las demandas del recurso agua a los consumos de referencia que se establezcan a través del Plan Nacional de Regadíos, o bien a través del Plan Hidrológico Nacional, en concordancia con los Servicios de Asesoramiento al Regante que se encuentran especialmente sensibilizados en fomentar una gestión eficaz y sostenible del agua como recurso escaso.