

ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SECTOR “D” DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE CARRASSUMADA, TORRES DE SEGRE

Sala Solé, J.(1), Monserrat Viscarri, J. (2) , Barragán Fernández, J.(3)

(1) Ingeniero Agrónomo, c/ Sant Miquel, 25739, Seró; jsalaso@gmail.com

(2) Profesor, E.T.S. de Ingeniera Agraria de Lleida, c/ Rovira Roure 191, 25198 Lleida; monserrat@eagrof.udl.cat

(3) Profesor, E.T.S. de Ingeniera Agraria de Lleida, c/ Rovira Roure 191, 25198 Lleida barragan@eagrof.udl.cat

RESUMEN

En el presente estudio se analiza la eficiencia energética de una estación de bombeo que abastece una superficie de 205 ha. Mediante el uso de una serie de indicadores se han identificado los puntos críticos y planteado las medidas de mejora oportunas, se ha estudiado el impacto que supondría su implantación así como su viabilidad técnica y económica para llevarlas a cabo. Los resultados reflejan que las mejoras más importantes se dan cuando se establecen turnos que agrupen las parcelas con demandas energéticas similares, consiguiendo un ahorro energético y económico del 21 %. Las otras medidas analizadas son: Evitar caudales bajos, Cambiar el punto de transición entre una a dos bombas en paralelo, Fijar la presión de consigna en función de los hidrantes abiertos, Ajustar la presión de consigna a las necesidades reales. Las cuales combinadas permitirían un ahorro del 22%.

Palabras clave: Eficiencia energética, red de riego a presión, bombas centrífugas, comunidad de regantes.

1. INTRODUCCIÓN

Según datos del Ministerio de Industria (2006), el consumo de energía eléctrica asociado a las tarifas de Riego Agrícolas fue de 2.293 GWh, el 1,16 % del total del consumo neto nacional, con una facturación superior a los 216 M€. Observando la tendencia del consumo energético en las estaciones de bombeo del regadío español, se prevé un incremento del consumo de energía eléctrica en contrapartida al descenso del consumo de gasóleo, debido al mayor incremento de precio de éste frente a la electricidad. Según el IDEA el año 2001 el 75 % de la energía demandada era cubierta por energía eléctrica y se prevé que el año 2012 se alcance el 95 % de la energía consumida en las instalaciones de riego. Según los datos publicados en el plan de Acción 2008- 2012, en el período 2001 – 2012 se incrementará en un 70 % el consumo energético de las estaciones de bombeo, este aumento es debido principalmente a:

- La construcción de nuevas estaciones de bombeo como consecuencia de la modernización y sustitución de las redes de distribución abiertas por redes presurizadas. .
- El aumento progresivo de la superficie de riego.

El cambio en el mercado energético del año 2008, supuso pasar de un mercado con tarifas reguladas donde los precios eran establecidos por el gobierno, a un mercado libre en el cual los consumidores pueden establecer contratos bilaterales con las empresas comercializadoras o directamente con las productoras. Este cambio ha implicado la eliminación de la tarifa especial para riego agrícola y ha supuesto un incremento en el término de potencia del 224%. Se ha llegado en la actualidad, a que los costes energéticos representan entre el 20 y el 30 % de los costes totales de la agricultura de regadío y presentan una tendencia creciente según Blanco Pérez, et al, 2009. Por este motivo, pero también para controlar y reducir la contaminación que se deriva de la producción de esta energía, la optimización del uso de la energía es muy importante.

2. OBJETIVOS

Estudiar la eficiencia energética de la red de riego para identificar los puntos críticos, proponer medidas de mejora para incrementar la eficiencia energética y cuantificar el efecto de su implantación para estudiar su viabilidad. Siguiendo esta línea de trabajo se encuentran los siguientes objetivos específicos:

- Diagnosticar el funcionamiento de los equipos de bombeo.
- Analizar el uso energético del diseño y del manejo de la red de riego.
- Identificar y estudiar los puntos críticos de menor eficiencia.
- Proponer medidas de mejora para incrementar la eficiencia energética.
- Simular las medidas de mejora propuestas, estudiar su impacto económico y su viabilidad técnica y económica.

3. OBJETO Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL ESTUDIO

El estudio se centra en el sector “D” de la Comunidad de Regantes de Carrasumada, en la comarca del Segrià. Las instalaciones entraron en funcionamiento en el año 2002 y la comunidad de regantes se caracteriza por ser una red de riego a la demanda, compuesta por cuatro sectores independientes y de unas instalaciones comunes para la captación del agua en el río Segre y su posterior bombeo hacia la balsa de regulación, con una capacidad de 337.715 m³, situada en la Loma de Carrasumada, con una cota de agua media de 207 m. Desde la balsa, el agua es conducida hasta la estación de bombeo superior, la cual se divide en los 4 sectores mencionados anteriormente. El sector estudiado en este trabajo es el “D”, el cual dispone de 4 bombas centrifugas multicelulares conectadas en paralelo con un caudal unitario de 348 m³/h y una altura manométrica de 78 mca, una de ellas de reserva, de modo que se ponen en funcionamiento de forma secuencial según sea la demanda de agua. Dos bombas están reguladas mediante variadores de frecuencia y las dos restantes mediante arrancadores estáticos.

La red de riego del sector “D” suministra agua desde la cota 162 hasta la 233 m, lo que supone un rango de alturas de 71 m y una superficie de 205,2 ha repartidas entre 44 parcelas. El área media de la parcela es de 4,66 ha. Se cultiva el 93,7 % del total y el cultivo predominante es el melocotón y la nectarina (70,36 %), seguidos de la pera, el cereal, el olivo y las almendras. El caudal de diseño en proyecto del sector “D” fue de 286,86 l/s, calculados para una calidad de

funcionamiento del 99% y teniendo en cuenta un riego por aspersión en todas la parcelas. Se fijo una presión de consigna de 7,5 bares para satisfacer las necesidades energéticas de la parcela más desfavorable.

El sistema informático compuesto por los ordenadores y un SCADA regulan el funcionamiento de la estación de captación y de la estación de bombeo en base a los datos procedentes de los sensores instalados en los puntos de control. El equipo informático registra todas las variables eléctricas e hidráulicas cada minuto, permitiendo su posterior utilización y análisis. Cada hidrante tiene instalada una Unidad Terminal Remota (UTR) que mide el consumo de agua en tiempo real y controla la apertura y cierre del hidrante, las UTR están conectadas mediante unidades concentradoras a la unidad central de control ubicada en la estación de bombeo superior.

4. METODOLOGIA

El estudio se basa en los datos registrados por el sistema informático durante el año 2008, concretamente se han analizado las variables eléctricas: voltaje, intensidad y potencia de cada bomba; y las variables hidráulicas: presión en el colector de entrada, presión en el colector de salida y caudal suministrado en el sector “D”. Estos datos tuvieron que ser depurados para reducir el número de lecturas y eliminar los datos anómalos. Al final se seleccionaron las lecturas cada 10 minutos, se eliminaron las lecturas cuando la estación de bombeo estaba parada, dado que existen unas parcelas en las que se puede regar sin bombeo debido a su cota favorable, y las que excedían del caudal máximo esperado como resultado de distintas roturas en la red de distribución durante la campaña en cuestión. Al final de la criba se obtuvieron un total de 8.626 registros para cada una de las variables analizadas.

Se efectuó una selección de los indicadores energéticos más adecuados, propuestos en el “*Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes*” publicado por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) 2008, en función de las características de la Comunidad de Regantes de Carrassumada para el año 2008.

Las bombas se caracterizaron mediante las curvas generales facilitadas por el fabricante $H(Q)$, $P(Q)$ y $\eta(Q)$ (altura de elevación, potencia y rendimiento, en función del caudal). Los coeficientes de las expresiones polinómicas que las definen se obtuvieron interpolando una serie de puntos con las funciones características y posteriormente se ajustaron mediante las “Leyes de semejanza de las bombas” para incorporar la variación de la velocidad debida a los variadores de frecuencia y la posible conexión de las bombas en paralelo.

$$H = C \cdot \alpha^2 + B \cdot Q \cdot \frac{\alpha}{n} + D \cdot \left(\frac{Q}{n}\right)^2 \quad (1) \qquad \eta = E \cdot \frac{Q}{n \cdot \alpha} - F \cdot \left(\frac{Q}{n \cdot \alpha}\right)^2 \quad (2)$$

Donde:

C, B, D, E y F son coeficientes específicos para cada bomba

H = Altura manométrica de la bomba en (mca)

η = Rendimiento

Q = Caudal en (l/s)

α = Relación de giro (velocidad final / velocidad inicial)

n = Numero de bombas en paralelo

Se calculó la eficiencia energética general (EEG), la eficiencia energética en el bombeo (EEB) y la eficiencia del suministro energético (ESE), mediante las fórmulas descritas en el “Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes”.

$$EEG = EEB \cdot ESE \quad (3) \quad EEB(\%) = \frac{N_s}{N_a} \cdot 100 \quad (3) \quad ESE(\%) = \frac{|\Delta E|}{ICE} \cdot 100 \quad (4)$$

Donde:

N_s = Potencia suministrada (kW)

N_a = Potencia absorbida (kW)

ΔE = balance energético entre el agua que entra en el sistema y la que sale (m)

ICE = Índice de carga energética (m)

5. RESULTADOS

La estación de bombeo y la red de distribución están diseñadas para abastecer todas las parcelas mediante un riego por aspersión, actualmente todas las parcelas excepto una están equipadas con un riego por goteo. Lo que significa, que el caudal y la presión demandas son inferiores a los previstos en el proyecto, concretamente el caudal de diseño del sector “D” es de 286,86 l/s y el caudal máximo registrado en la campaña 2008 fue de 228 l/s, un 20 % inferior. Por lo cual, simultáneamente solo se utilizan dos de las cuatro bombas disponibles. Estas bombas siempre están conectadas a los dos variadores de frecuencia instalados y a mitad de campaña se intercambian con las dos restantes. El sistema de funcionamiento utilizado es el denominado maestro-esclavo, este sistema se caracteriza por tener un variador maestro que controla los esclavos emitiendo órdenes de encendido y parada en función de la presión de consigna y la presión real en el colector de salida, en los momentos en que funcionan las dos bombas simultaneas los regimenes de las dos se igualan. La estación de bombeo se limita a funcionar en horas valle, en las épocas en que no es suficiente con las 8 horas valles se bombea 4 horas extra en periodo llano con una sanción en la factura de los regantes que utilicen esta franja horaria. Los indicadores energéticos calculados en la tabla 1 nos muestran una visión general del sector “D”.

Tabla 1. Indicadores del sector “D”, año 2008

Superficie regable (ha)	205,2
Superficie regada (ha)	192,4
Volumen de agua que entra al sistema (m³)	699.998
Volumen de agua suministrada a los usuarios (m³)	675.542
Agua suministrada por unidad de área regable (m³/ha)	3292,11
Agua suministrada por unidad de área regada (m³/ha)	3511,13
Eficiencia de distribución ^{1 2}	96,5

Debido a la sobrecapacidad de las instalaciones, se utiliza una demanda concertada para agrupar consumos y conseguir caudales superiores, de esta forma se mejora los rendimientos de los bombeos situando el punto de funcionamiento lo más cerca posible del régimen nominal. Se

¹ En esta eficiencia interviene la precisión de las herramientas de medida

² Según los gestores de la comunidad de regantes la eficiencia des del punto de captación hasta la basa de regulación es del 96 %.

procedió a elaborar la función de densidad del caudal suministrado en el sector “D”, una para el total de caudales del sector “D” y otra aislando los caudales de una o de dos bombas trabajando en paralelo, figura 1.

Analizando el funcionamiento de las bombas se obtiene que el 31,6 % de las veces solo trabaja una bomba y el 68,41 % restante las dos en paralelo. El caudal medio en el año 2008, fue de 112,4 l/s con una desviación estándar de 44,7 y un caudal máximo de 228 l/s. Si se analiza los datos por separado, el caudal medio de una bomba fue de 64,8 l/s con una desviación estándar de 27,4 y un caudal máximo de 147 l/s. En el caso en que las dos bombas funcionaban en paralelo, el caudal medio fue de 134,3 l/s con una desviación estándar de 32,4. Sin embargo, cuando las dos bombas trabajan en paralelo lo hacen con el mismo régimen y a la misma altura manométrica, lo que significa que las dos bombas suministran el mismo caudal. Por lo cual, el caudal medio real de una bomba sería de 66,4 l/s. Comparando este valor con el caudal nominal de una bomba (96,7 l/s) resulta ser un 31 % inferior.

Mediante las curvas características facilitadas por el fabricante y las “Leyes de la semejanza” se han elaborado los siguientes gráficos que simulan el funcionamiento teórico de las bombas utilizando un variador de frecuencia.

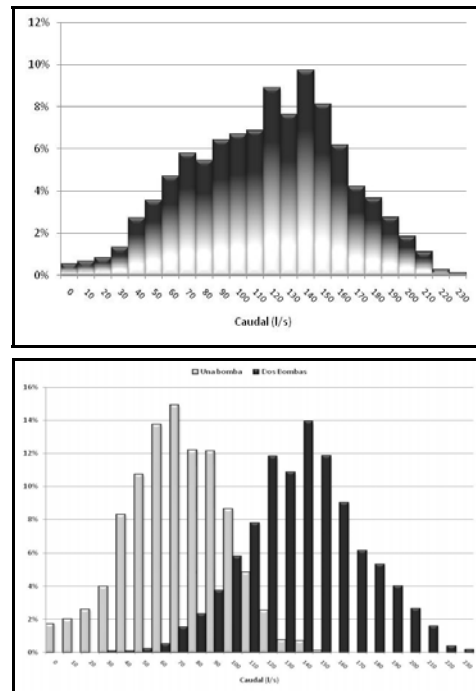


Fig 1: Función de densidad global (superior). Función de densidad de 1 y 2 bombas trabajando en paralelo (inferior).

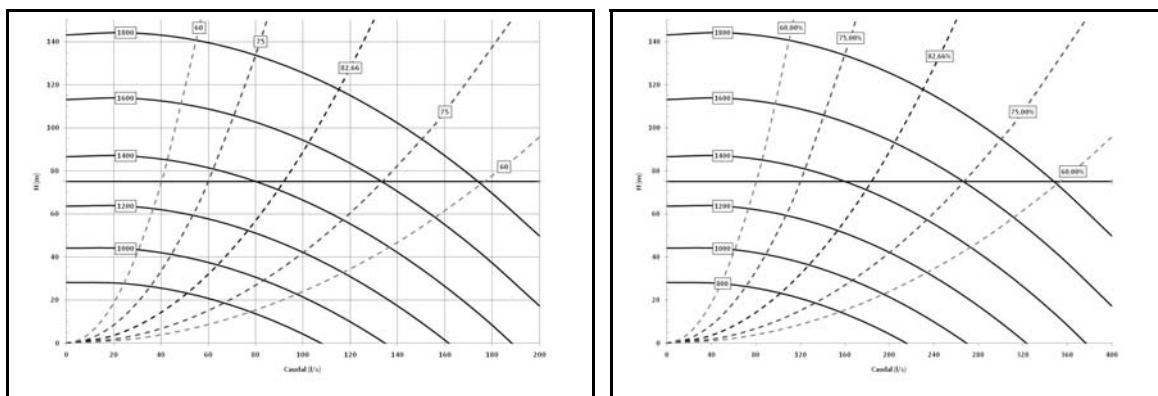


Fig 2: Simulación del funcionamiento de una y dos bombas en paralelo (derecha e izquierda respectivamente) utilizando un variador de frecuencia.

Se observa que para conseguir un rendimiento superior al 60 %, con una presión de consigna de 75 mca, el rango de funcionamiento se debe situar entre los 40 y 178 l/s. El rendimiento máximo se encuentra en los 92 l/s con un régimen de giro de 1.436 rpm y un rendimiento del 82,66 %. En el caso de dos bombas funcionando en paralelo, el rango de funcionamiento se desplaza entre 80 y 356 l/s. El rendimiento máximo se sitúa en los 184 l/s con un régimen de giro de 1.436 rpm y un rendimiento del 82,66%, coincide con el mismo punto que en el caso de una bomba simple.

En el sector “D” se le asigno una presión de consigna de 7,5 bares, no obstante durante la campaña 2008 la presión media fue de 7,38 bares con una desviación estándar de 0,37. Las lecturas

comprendidas entre el 7,2 – 7,8 representan el 95 % del total de los datos. En el gráfico de la presión en función del caudal se observan lecturas puntuales alejadas de la presión de consigna que corresponderían a errores de lectura de los sensores o a los momentos de puesta en marcha y paro de los equipos.

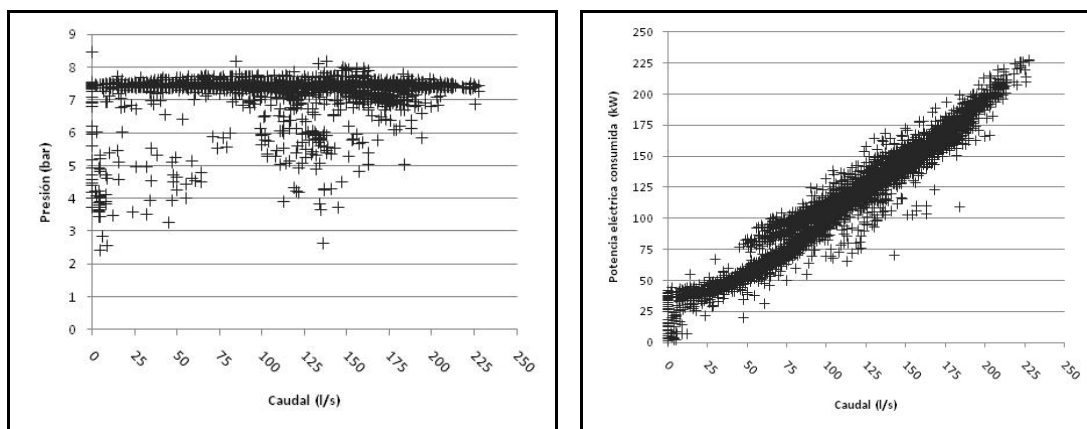


Fig 3: Presión en función del caudal (derecha), potencia consumida en función del caudal (izquierda).

La potencia media consumida durante el año 2008 fue de 113,1 kW, con una potencia máxima de 227,2 kW. Esta potencia consumida es directamente proporcional al caudal y a la altura manométrica; y inversamente proporcional al rendimiento. En el gráfico se observa una tendencia lineal causada por la presión constante analizada anteriormente. Se detectan dos efectos inesperados, las distorsiones en los caudales próximos al cero causadas por los bajos rendimientos y la inestabilidad de las bombas en los tramos iniciales y las dos tendencias que se pueden observar entre los 50 – 150 l/s. Este último efecto se observa mejor en los gráficos de rendimientos en función del caudal, tal y como se puede ver en la siguiente figura.

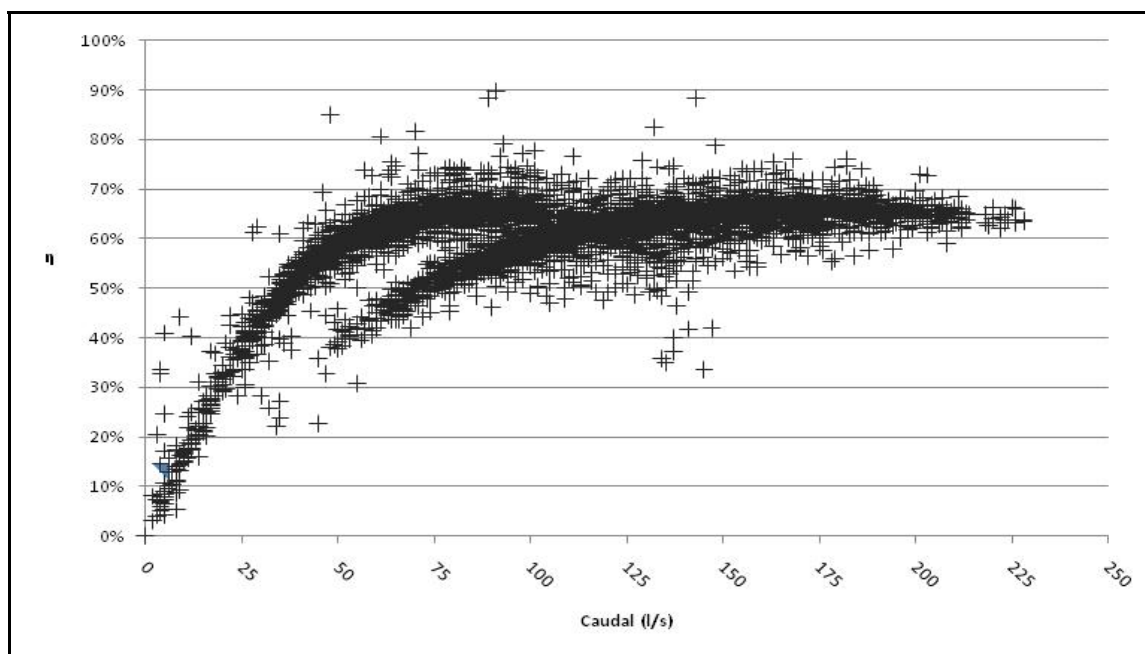


Fig. 4: Rendimiento en función del caudal.

Haciendo un análisis estadístico de los datos, se obtienen un rendimiento general de la instalación del 60,48 % (promedio de todos los rendimientos obtenidos) con una desviación estándar del 0,09. Según el “*Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes*” publicado por el IDEA, le correspondería una cualificación “B”, eficiencia buena. En los caudales situados en el rango de 0 – 25 l/s se observan los rendimientos más bajos, inferiores al 40 %. Entre los 25 y 50 l/s se empieza a tener dos agrupaciones de rendimientos hasta los 125 l/s y en los caudales posteriores el rendimiento se unifica cogiendo valores comprendidos entre los 55 y 70 % con una tendencia final del 65 %. Esta bifurcación de los rendimientos y en el caso anterior de las potencias consumidas en los caudales intermedios, es el resultado del solapamiento entre el funcionamiento de una sola bomba y de las dos bombas trabajando simultáneamente en paralelo. En las siguientes gráficas se han aislado los rendimientos en función de si correspondían a una bomba o al grupo de dos bombas.

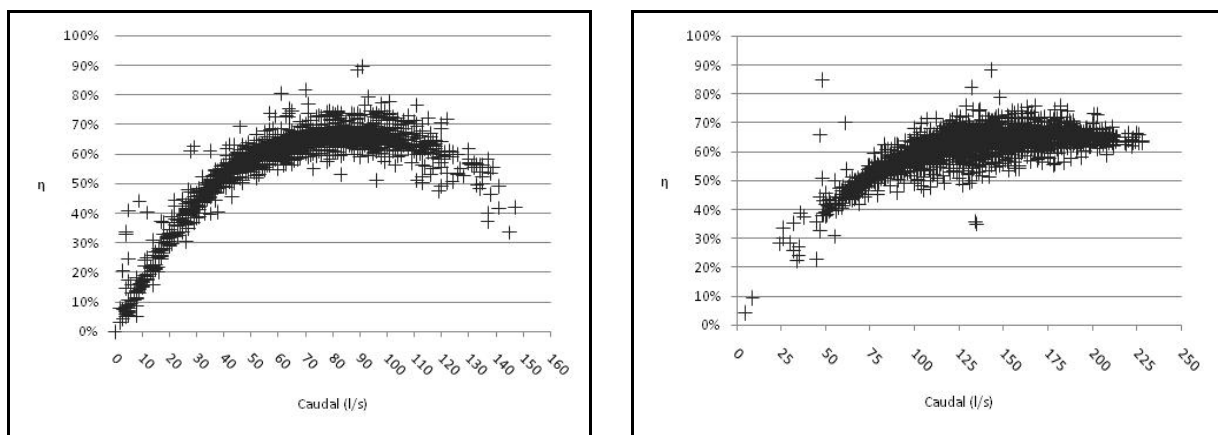


Fig. 5: Rendimiento en función del caudal: cuando solo funciona una bomba (izquierda) y cuando funcionan las dos bombas simultáneas (derecha).

Cuando solo funciona una bomba se obtiene un rendimiento medio del 57,83 % con una desviación estándar del 0,13. El rendimiento máximo se sitúa entre los 90 – 100 l/s con un 66 %, dato próximo al caudal nominal del modelo de bomba en cuestión (96,7 l/s). En el caso de que funcionen las dos bombas simultáneamente en paralelo, el rendimiento medio es del 62,22% con una desviación estándar del 0,05. El rendimiento máximo es del 66% con un caudal de 190 l/s. Si se compara el rendimiento máximo real de una sola bomba con el rendimiento máximo teórico extraído de las curvas del fabricante (82,7 %), se observa que este es un 16,7 % inferior ya que este agrupa el rendimiento de la bomba, el rendimiento del motor eléctrico y el rendimiento del variador de frecuencia (97 % según fabricante). Además, se refleja el desgaste ocasionado por los 8 años que lleva en funcionamiento la instalación.

La eficiencia energética general del sector “D” en el año 2008 fue del 44,5 %, según el IDEA le correspondería una cualificación “B”, “Eficiencia buena”. Esta eficiencia es el producto de la eficiencia energética en el bombeo del 60,48 %, comentada anteriormente, y de una eficiencia en el suministro energético del 73,22 %. El balance entre el agua que entra en el sistema y la que sale es negativo (-54,04 m), lo cual significa que se tiene que aportar energía adicional mediante un bombeo. Esto es debido a que la energía de posición inicial del agua (EI) es de 207 m, correspondiente a la cota mínima del embalse de regulación. Y la energía media demandada por las parcelas del sector “D” (ED) es de 261,04 m. El índice de carga energética (ICE) del sector “D”, en el año 2008, fue de 73,8 m valor correspondiente a la altura manométrica media de las bombas del sector “D” durante el año 2008e.

6. PROPUESTAS DE MEJORA

6.1. Evitar caudales inferiores a los 50 l/s

Analizando los datos de los apartados anteriores y viendo el bajo rendimiento que se obtiene en los caudales pequeños se plantea eliminar estos caudales para mejorar el rendimiento global de la instalación. Eso se conseguiría agrupando las demandas hasta que se acumulara un caudal instantáneo superior a los 50 l/s, al cual le correspondería un rendimiento del 56 %. Con estos ajustes se mejoraría el rendimiento medio en un 1,63 %, llegando a un rendimiento del 62,47 %. Se reduciría el consumo energético en 6040 kWh, lo que supondría un ahorro de 650 € anuales. Esta débil mejora es debida a que los caudales inferiores al 50 l/s solo representan el 6 % del conjunto.

6.2. Cambiar el manejo de las bombas

La secuencia actual de las bombas consiste en que si la primera bomba no puede mantener la presión de consigna durante un tiempo determinado porqué la demanda de caudal supera su capacidad, se pone en funcionamiento la segunda bomba, se igualan el régimen de funcionamiento de ambas bombas y cuando la demanda vuelve a bajar se para la segunda bomba. El punto óptimo donde debería entrar en funcionamiento la segunda bomba es cuando se igualan el rendimiento de una sola bomba con el rendimiento del grupo de dos bombas trabajando en paralelo, de esta forma se asegura que el consumo energético es el mínimo en todo el rangode caudales. En la siguiente figura se representa el rendimiento de 1 y 2 bombas trabajando en paralelo así como la energía consumida para elevar 1 m³ de agua a 75 mca en cada uno de los casos.

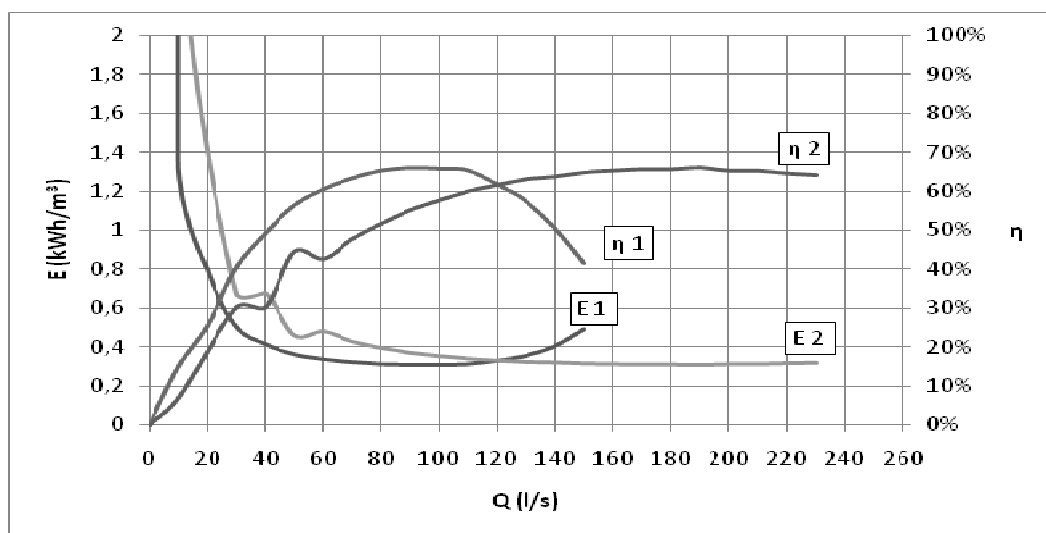


Fig. 6: Energía requerida para elevar 1 m³ de agua a 75 mca en función de si trabajan una o dos bombas y del rendimiento obtenido en cada caso.

El punto óptimo de cambio de funcionamiento es a los 122 l/s con un rendimiento del 61 %, esto se podría conseguir limitando la velocidad de giro de las bombas a 1.550 rpm. Esta medida supondría aumentar el rendimiento medio del sistema un 1,52 % llegando a los 62,36 %, lo que supondría un ahorro energético de 5.643 kWh, correspondientes a 607 € anuales.

6.3. *Establecer turnos con la misma demanda energética*

El valor de la presión de consigna es de 75 mca, se fija en función de la presión requerida en el punto más crítico y no tiene en cuenta desde que lugar proviene la demanda, por este motivo todos los nudos favorables tienen un exceso de energía que se tiene que disipar mediante válvulas reductoras de presión. La medida de mejora consiste en dividir el sector “D” en turnos de riego que agrupen las parcelas con una demanda energética parecida en cabecera, para poder adecuar el suministro energético de las bombas a la demanda energética de la zona regada. De esta forma se reduce la presión en los nudos favorables y por lo tanto la eficiencia del suministro energético aumenta.

Se han comparado dos alternativas, una con dos turnos de 50 y 75 mca de presión de consigna, y la otra con tres 39, 55 y 75 mca. Estos valores se han calculado mediante un software de optimización por iteraciones donde el objetivo era obtener el mínimo consumo energético variando las presiones de consigna. Los resultados obtenidos con la alternativa 1 suponen un ahorro de 3.222 €/anuales (un 13,2 %) y con la alternativa 2 un ahorro de 5.170 € (21,2 %). Lo más importante es que ambas medidas se pueden implantar sin efectuar ninguna modificación sustancial de las instalaciones, es decir, se conseguiría únicamente con la modificación del SCADA de la estación de bombeo y del manejo de los turnos de riego. Esta sectorización implica un aumento del tiempo de funcionamiento de la estación de bombeo, lo cual supondría bombear agua en horas llano y punta. El ahorro energético obtenido no compensaría el incremento de tarifas eléctricas. Otra posibilidad sería incrementar las dosis de riego, pero las características de los suelos existentes no lo permiten. Dada esta traba, se plantea aplicar esta medida solo en el mes de agosto, en el cual se consideran todas las horas valle y es el segundo mes con mayor consumo de agua. El ahorro que se obtendría con dos turnos de riego sería de 864 € (3,54%) y con tres turnos 1.310 € (5,36 %).

6.4. *Asignar la presión de consigna en función de los hidrantes abiertos*

Esta medida consistiría en intercomunicar el SCADA que controla la estación de bombeo con el ordenador encargado de controlar las aperturas de los hidrantes. A cada hidrante se le asignaría una altura manométrica mínima para satisfacer sus necesidades energéticas, dado que el ordenador detecta en cada momento que hidrantes están abiertos es fácil saber qué presión de consigna se debería asignar a las bombas para satisfacer las necesidades energéticas del hidrante más desfavorable. Mediante la frecuencia relativa de apertura de los hidrantes y un sorteo aleatorio se ha cuantificado que el ahorro energético que se hubiera obtenido en la campaña 2008 sería de 6073,25 kWh, lo que equivaldría a 653,4 € anuales.

6.5. *Ajustar la presión de consigna a las necesidades actuales*

Partiendo de la base de que la red de distribución y las instalaciones de la comunidad de regantes, así como los valores de la presión de consigna de la estación de bombeo y de las válvulas reguladoras fueron diseñadas considerando que todas las parcelas regarían mediante aspersión. Es necesario revisar estos valores ya que actualmente todas las parcelas menos una riegan por goteo, disminuyendo consecuentemente sus necesidades de caudal y presión. Los emisores autocompensantes instalados en las parcelas pueden funcionar con una presión comprendida entre los 0,5 – 4 bar respecto a los 4 – 4,5 necesarios en un riego por aspersión además del mayor caudal consumido por los aspersores. Se comprobó que reduciendo la presión de consigna a 68 mca, era suficiente para que el hidrante más desfavorable cumpliera con los 2,5-3 bar que necesita la bomba hidráulica del fertilizante, elemento limitante en la parcela más desfavorable. Esta reducción de 7 mca ha supuesto un ahorro energético de 21.947 kWh, correspondientes a 2.361 € anuales respecto al año 2008. Además esta medida fue

inmediata ya que solo es necesario variar la presión de consigna en el SCADA de la estación de bombeo.

En la siguiente tabla se resume los resultados obtenidos en cada una de las medidas analizadas.

Propuesta	Mejora	Repercusión	Ahorro		Viabilidad	
			Energ. (kWh)	Eco. (€/año)		
1	Evitar $Q < 50$ l/s	Se suprimen los caudales con rendimientos bajos	$\eta_{\text{medio}}=62,47\%$ $\Delta = 1,63\%$	6.040	650	Si
2	Cambiar el manejo de las bombas	Cambio de una a dos bombas en el momento óptimo	$\eta_{\text{medio}}=62,36\%$ $\Delta = 1,52\%$	5.643	607	Si
3	Turnos con la misma demanda energética (todo el año)	Reducción del exceso de presión en los nudos favorables	2 P. consigna	29.948	3.222	No
			3 P. consigna	48.059	5.170	No
	Turnos con la misma demanda energética (agosto)		2 P. consigna	8.031	864	Si
			3 P. consigna	12.173	1.309	Si
4	P. en función de los hidrantes abiertos	Ajustar la P. de consigna en función de la demanda	Presión variable	6.073	653	Si
5	Ajustar P. a les necesidades actuales	Ajusta la P. a les necesidades actuales	P consigna 68 mca	21.947	2.361	Se lleva a cabo

Combinando las propuestas 1 y 2 se consigue un rendimiento medio del 64,1 %, lo cual supondría un incremento del 3.26 % con un ahorro energético de 11.774 kWh y un ahorro económico de 1.266 € anuales. Estas medidas se podrían incorporar cambiando el manejo de la demanda concertada e introduciendo algunas variaciones en los parámetros de control de los variadores de frecuencia. En la medida 3 se debería adoptar la segunda propuesta haciendo turnos de riego en el mes de agosto, de esta forma se ahorraría 1.309 €/anuales más. La alternativa 4 es la única en la que se debería invertir dinero para modificar el software, pero el gasto se justificaría con los 653 € anuales de ahorro. La medida número 5 es con la que se consigue un mayor ahorro, 2.361 €, y la más fácil de implementar. Finalmente combinando estas medidas de mejora se consigue un ahorro energético de 51.967 kWh, correspondientes a un ahorro económico de 5.589 € anuales, lo que equivaldría a 22 % inferior a la situación inicial del año 2008.

7. CONCLUSIONES

La eficiencia energética general del sector “D” de la Comunidad de Regantes de Carrasumada es buena, con una correcta eficiencia en el subministro energético y una menor eficiencia de bombeo pero aceptable. A pesar de eso se han analizado las posibles mejoras de la eficiencia.

El ahorro energético más grande se consigue haciendo turnos con parcelas de demanda energética parecida, disminuyendo hasta un 21,2 % el consumo energético, aunque en la comunidad de regantes en cuestión no se pueda implantar por problemas técnicos debidos al diseño de las instalaciones en parcela, limitación que se debería tener en cuenta para futuros proyectos. El impacto conseguido con

las otras medidas propuestas es modesto, pero la posibilidad de poderlas combinar hace que se llegue a valores de ahorro parecidos a la situación descartada. El consumo energético y económico se reduce un 22 % respecto la situación inicial sin necesidad de una inversión importante de dinero.

8. AGRADECIMIENTOS

A la comunidad de regantes de Carrasumada por facilitarnos los datos necesarios para elaborar este estudio y poner a nuestra disposición sus instalaciones y a Riegos de Cataluña S.A. (REGSA) por facilitar los proyectos de construcción del regadío.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abadía Sánchez, R., Rocamora Osorio, M.C.; Vera Morales, J., Ruiz Canales, A., Puerto Molina, H., Cámara Zapata, J.M., Melián Navarro, A., Andréu Rodríguez, J. *Mejora de la eficiencia de suministro energético en redes de distribución de comunidades de regantes*. XXVI Congreso Nacional de Riegos. Huesca 24-26 de juny del 2008.
- Bescós Capuj, M., Cameo Moreno, D., Castillo López, R., Citoler Herbera, J., Santafé Laplaza, L.J. *Establecimiento de pisos de bombeo directo en redes colectivas de riego a presión*. XXVI Congreso Nacional de Riegos. Huesca 24-26 de juny del 2008.
- Blanco Pérez, M., Camacho Poyato, E., Rodríguez Díaz, J. *Análisis de la eficiencia energética en el uso el agua de riego en comunidades de regantes de Andalucía*. XXVII Congreso Nacional de Riegos. Murcia 16-18 de juny del 2009.
- Cabrera, E; Espert, V; García-Serra, J; Martínez, F. *Ingeniería Hidráulica. Aplicaciones a los sistemas de distribución de Agua*. UD Mecánica de Fluidos. UPValencia, (1996).
- Carrillo Cobo, M.T., Rodríguez Díaz, J. A., Camacho Poyato, E. *Eficiencia energética en la comunidad de regantes de Fuente Palmera*. XXVII Congreso Nacional de Riegos. Murcia 16-18 de juny del 2009.
- García, S., Aliod, R., Paño, J., Marzal, A., Prat, R., López-Cortijo, I., Esquiroz J.C., Ederra I. *Aplicación de las nuevas herramientas implementadas en gestar 2008 para la evaluación fiable de la regulación y los costes energéticos en estaciones de bombeo directo*. XXVI Congreso Nacional de Riegos. Huesca 24-26 de juny del 2008.
- Generalitat de Catalunya, Institut Català d'Energia. Juny 2007. *Estudi d'avaluació energètica a explotacions agràries. Carrassumda, dades corresponents a l'any 2006*
- IDAE. 2005. *Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid.
- IDAE. 2005. *Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid.
- IDAE. 2008. *Ahorro y Eficiencia Energética en las Comunidades de Regantes*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid.
- IDAE. 2008. *Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid.
- Regs de Catalunya. Juliol 2003. *Projecte de transformació en regadiu de la zona de concentració parcel·lària de torres de Segre. Estat de dimensions i característiques de l'obra executada*.