

## **1.-INTRODUCCIÓN**

AS (Análisis de impulsiones en Sondeos) es una aplicación informática, implementada en MatLab®, desarrollada para llevar a cabo un análisis de la eficiencia energética en los grupos de bombeo de los sondeos de las Comunidades de Regantes auditadas, cuyo fundamento metodológico está basado en el cálculo, a partir de una serie de parámetros hidráulicos y eléctricos medidos, del rendimiento real de la bomba, teniendo en cuenta el rendimiento total del grupo de bombeo, rendimiento del motor y pérdidas eléctricas producidas por el cableado, y su comparación con el rendimiento teórico ofrecido en catálogo por el fabricante (Moraleda *et al*).

## **2.-PASOS PARA UTILIZAR AS**

En primer lugar hay que hacer doble click en el ejecutable “AS.exe”. Tras unos segundos aparece la siguiente pantalla, en la que debemos hacer click e la pestaña “Empezar” para entrar en el “interface” que nos permite introducir datos y realizar los cálculos correspondientes.



Figura 1.- “Interface” de entrada al programa informático AS.

El primer paso será introducir los datos medidos de la instalación de bombeo: profundidad de la bomba (m), diámetro de la tubería de impulsión (mm), longitud total de la tubería de impulsión (m), desnivel bocapozo-salida agua (m), nivel dinámico del agua en el sondeo (m) y caudal medido (l/s). Con estos datos y pinchando en el botón “Altura manométrica” el programa es capaz de calcular ese valor.

Figura 2.- En rojo, señalada la zona de la “Interface” de datos medidos para el cálculo de la altura manométrica.

-Procedimiento seguido:

Se pueden presentar dos situaciones: que el sondeo vierta el agua a un embalse o que directamente la inyecte a la red de riego.

### 1) Abastecimiento a embalse:

$$H_m = D_s + h$$

En donde:

- $H_m$  = altura manométrica (m)
- $D_s$  = desnivel entre el nivel dinámico del agua y el punto donde vierte la tubería al embalse (m) = nivel dinámico del agua + desnivel bocapozo-salida de agua (m)
- $h$  = pérdidas de carga (mca)

### 2) Inyección directa a red:

$$H_m = ND + P + h$$

En donde:

- $H_m$  = altura manométrica (m)
- $ND$  = nivel dinámico del agua (m)
- $h$  = pérdidas de carga (mca)
- $P$  = presión a la salida del pozo medida junto a la ventosa de salida (mca)

Para el cálculo de las pérdidas de carga se usa el método de Hazen-Williams:

$$h = 10,674 \cdot [Q^{1,852} / (C^{1,852} \cdot D^{4,871})] \cdot L$$

En donde:

- h: pérdida de carga (mca)
- Q: caudal (m<sup>3</sup>/s)
- C: coeficiente de rugosidad (adimensional)
- D: diámetro interno de la tubería (m)
- L: longitud de la tubería (m)

| COEFICIENTE DE HAZEN-WILLIAMS PARA ALGUNOS MATERIALES |         |                    |         |
|---|---------|--------------------|---------|
| Material  | C       | Material           | C       |
| Asbesto cemento                                       | 140     | Hierro galvanizado | 120     |
| Latón   | 130-140 | Vidrio             | 140     |
| Ladrillo de saneamiento                               | 100     | Plomo              | 130-140 |
| Hierro fundido, nuevo                                 | 130     | Plástico (PE, PVC) | 140-150 |
| Hierro fundido, 10 años de edad                       | 107-113 | Tubería lisa nueva | 140     |
| Hierro fundido, 20 años de edad                       | 89-100  | Acero nuevo        | 140-150 |
| Hierro fundido, 30 años de edad                       | 75-90   | Acero              | 130     |
| Hierro fundido, 40 años de edad                       | 64-83   | Acero rolado       | 110     |
| Concreto  | 120-140 | Lata               | 130     |
| Cobre   | 130-140 | Madera             | 120     |
| Hierro dúctil   | 120     | Hormigón           | 120-140 |

Tabla 1.- Valores del coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams según materiales

Posteriormente se introducen los parámetros eléctricos medidos (Figura 3) en el cuadro eléctrico de la bomba del sondeo: Tensión de alimentación (V), intensidad (A), coseno de FI, longitud de los cables (m), material conductor de los cables y factor de pérdidas (V/A km). El factor de pérdidas es un valor estimado, seleccionado de la Tabla 2, que se muestra pinchando en el botón “Factor pérdidas (V/A km)”. Este factor de pérdidas se encuentra en torno a 0,728 para tensiones de alimentación de 400 V y 0,778 para tensiones de 1000 V. A partir de estos datos la aplicación es capaz de calcular la caída de tensión (%) y pérdida en conductores pulsando los botones correspondientes. Además, habrá que completar los parámetros eléctricos con los valores de rendimiento del motor (%) y potencia medida (kW). El rendimiento del motor se suele encontrar en torno al 95 %.

**Datos\_Pozo**

Marca Bomba:  Marca Motor:   
 Modelo Bomba:  Modelo Motor:

**Tipo de Bomba**  
 Busca Bomba...   
 Cargar   
 Dibujar curvas características

Grado de ajuste polinomial ☐

**Instalación sondeo**  
 Profundidad bomba (m)   
 Diámetro tubería impulsión (mm)   
 Longitud total tubería impulsión (m)   
 Desnivel bocapozo-salida agua (m)   
 Nivel dinámico (m)   
 Caudal medido (l/s)   
 Altura manométrica

**Parámetros eléctricos**  
 Tensión alimentación (V)   
 Intensidad (A)   
 cosFi   
 Longitud de cables (m)   
 Material cables: Cobre   
 Factor pérdidas (V/A Km)   
 Caída de Tensión (%)   
 Pérdida en conductores (kW)   
 Rendimiento motor (%)   
 Potencia medida (kW)

**Punto funcionamiento teórico**  
 Q (l/min)   
 H (m)   
 Rendimiento bomba (%)   
 Rendimiento total (%)

**Punto funcionamiento medido**  
 Q (l/min)   
 H (m)   
 Rendimiento bomba(%)   
 Rendimiento total (%)

**Consumo**  
 Precio energía (€/kWh)   
 Consumo teórico (kWh/m3)   
 Consumo real (kWh/m3)   
 Coste diferencia (€) =  X  =   
 Calcular  Figuras

Cargar Datos  Guardar Datos  TERMINAR

Figura 3.- En rojo, señalada la zona de la “Interface” de parámetros eléctricos.

Tabla

|                                    |                                     |                                |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA | GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN - ANEXOS | GUÍA-ST-ANEXO 2                |
|                                    | CÁLCULO DE LAS CAÍDAS DE TENSIÓN    | Edición: sep 03<br>Revisión: 1 |

| S<br>(mm <sup>2</sup> ) | Caída de tensión por A y km. |        |        |           |        |        |             |        |        |
|-------------------------|------------------------------|--------|--------|-----------|--------|--------|-------------|--------|--------|
|                         | Cos φ = 0,8                  |        |        | Cos φ = 1 |        |        | Cos φ = 0,9 |        |        |
|                         | 40°C                         | 60°C   | 70°C   | 40°C      | 60°C   | 70°C   | 40°C        | 60°C   | 70°C   |
| 0,5                     | 53,906                       | 57,827 | 59,787 | 67,253    | 72,154 | 74,604 | 60,603      | 65,014 | 67,219 |
| 0,75                    | 36,722                       | 39,391 | 40,725 | 45,769    | 49,105 | 50,772 | 41,270      | 44,272 | 45,773 |
| 1                       | 27,150                       | 29,121 | 30,107 | 33,813    | 36,277 | 37,509 | 30,504      | 32,722 | 33,831 |
| 1,5                     | 18,217                       | 19,535 | 20,194 | 22,604    | 24,252 | 25,075 | 20,441      | 21,923 | 22,665 |
| 2,5                     | 11,185                       | 11,992 | 12,395 | 13,843    | 14,852 | 15,358 | 12,539      | 13,447 | 13,901 |
| 4                       | 6,994                        | 7,496  | 7,747  | 8,612     | 9,240  | 9,553  | 7,826       | 8,391  | 8,674  |
| 6                       | 4,702                        | 5,038  | 5,205  | 5,754     | 6,173  | 6,383  | 5,251       | 5,626  | 5,817  |
| 10                      | 2,826                        | 3,026  | 3,125  | 3,419     | 3,668  | 3,792  | 3,143       | 3,367  | 3,479  |
| 16                      | 1,803                        | 1,929  | 1,991  | 2,148     | 2,305  | 2,383  | 1,995       | 2,136  | 2,206  |
| 25                      | 1,169                        | 1,249  | 1,288  | 1,358     | 1,457  | 1,507  | 1,283       | 1,372  | 1,418  |
| 35                      | 0,866                        | 0,923  | 0,952  | 0,979     | 1,050  | 1,096  | 0,941       | 1,005  | 1,038  |
| 50                      | 0,664                        | 0,707  | 0,728  | 0,723     | 0,776  | 0,802  | 0,713       | 0,761  | 0,784  |
| 70                      | 0,485                        | 0,514  | 0,529  | 0,501     | 0,537  | 0,555  | 0,512       | 0,545  | 0,561  |
| 95                      | 0,372                        | 0,393  | 0,403  | 0,361     | 0,387  | 0,400  | 0,385       | 0,409  | 0,420  |
| 120                     | 0,310                        | 0,327  | 0,335  | 0,288     | 0,307  | 0,317  | 0,316       | 0,335  | 0,345  |
| 150                     | 0,268                        | 0,281  | 0,288  | 0,232     | 0,249  | 0,257  | 0,268       | 0,283  | 0,291  |
| 185                     | 0,230                        | 0,241  | 0,246  | 0,185     | 0,199  | 0,205  | 0,226       | 0,238  | 0,245  |
| 240                     | 0,194                        | 0,202  | 0,206  | 0,141     | 0,151  | 0,156  | 0,186       | 0,195  | 0,200  |

Tabla 4. Caídas de tensión unitarias por A y km para cables de 450/750V.

| S<br>(mm <sup>2</sup> ) | Caída de tensión por A y km. |        |        |        |           |        |        |        |             |        |        |        |
|-------------------------|------------------------------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------|
|                         | Cos φ = 0,8                  |        |        |        | Cos φ = 1 |        |        |        | Cos φ = 0,9 |        |        |        |
|                         | 40°C                         | 60°C   | 80°C   | 90°C   | 40°C      | 60°C   | 70°C   | 90°C   | 40°C        | 60°C   | 70°C   | 90°C   |
| 1,5                     | 18,255                       | 19,573 | 20,891 | 21,550 | 22,604    | 24,252 | 25,899 | 26,723 | 20,469      | 21,951 | 23,434 | 24,175 |
| 2,5                     | 11,216                       | 12,023 | 12,830 | 13,234 | 13,843    | 14,852 | 15,860 | 16,365 | 12,562      | 13,468 | 14,377 | 14,831 |
| 4                       | 7,024                        | 7,526  | 8,028  | 8,279  | 8,612     | 9,240  | 9,667  | 10,161 | 7,846       | 8,413  | 8,978  | 9,261  |
| 6                       | 4,732                        | 5,068  | 5,403  | 5,571  | 5,754     | 6,173  | 6,592  | 6,802  | 5,272       | 5,650  | 6,027  | 6,246  |
| 10                      | 2,846                        | 3,045  | 3,244  | 3,344  | 3,419     | 3,668  | 3,917  | 4,042  | 3,157       | 3,382  | 3,606  | 3,718  |
| 16                      | 1,820                        | 1,945  | 2,070  | 2,133  | 2,148     | 2,305  | 2,461  | 2,540  | 2,007       | 2,148  | 2,289  | 2,359  |
| 25                      | 1,184                        | 1,263  | 1,342  | 1,382  | 1,358     | 1,457  | 1,556  | 1,606  | 1,293       | 1,382  | 1,471  | 1,516  |
| 35                      | 0,878                        | 0,935  | 0,992  | 1,020  | 0,979     | 1,050  | 1,122  | 1,157  | 0,950       | 1,014  | 1,078  | 1,110  |
| 50                      | 0,672                        | 0,714  | 0,757  | 0,776  | 0,723     | 0,776  | 0,828  | 0,855  | 0,719       | 0,766  | 0,814  | 0,837  |
| 70                      | 0,491                        | 0,520  | 0,549  | 0,564  | 0,501     | 0,537  | 0,574  | 0,592  | 0,516       | 0,549  | 0,582  | 0,598  |
| 95                      | 0,378                        | 0,398  | 0,420  | 0,431  | 0,361     | 0,387  | 0,413  | 0,426  | 0,390       | 0,413  | 0,437  | 0,449  |
| 120                     | 0,315                        | 0,332  | 0,349  | 0,357  | 0,288     | 0,307  | 0,327  | 0,338  | 0,320       | 0,339  | 0,358  | 0,367  |
| 150                     | 0,271                        | 0,284  | 0,298  | 0,304  | 0,232     | 0,249  | 0,265  | 0,274  | 0,271       | 0,288  | 0,301  | 0,309  |
| 185                     | 0,234                        | 0,244  | 0,255  | 0,261  | 0,185     | 0,199  | 0,212  | 0,219  | 0,229       | 0,241  | 0,253  | 0,259  |
| 240                     | 0,197                        | 0,205  | 0,213  | 0,217  | 0,141     | 0,151  | 0,161  | 0,167  | 0,186       | 0,197  | 0,206  | 0,211  |

Tabla 5. Caídas de tensión unitarias por A y km para cables de 0,6/1kV.

- 6 -

- 6 -

Tabla 2.- Tabla de factor de pérdidas de AS (V/A km)

La metodología seguida para el cálculo de la caída de tensión es la siguiente:

Se calcula con ayuda del factor de pérdidas (FP) tabulado (Tabla 2) en función de cos φ y la sección de los cables en mm<sup>2</sup>.

-Cálculo de la caída de tensión (%).

$$\Delta V = \frac{I \cdot L \cdot FP}{V} \cdot 100$$

En donde:

$\Delta V$ : Caída de tensión (%)

I: Intensidad (A)

L: longitud (km)

FP: Factor de pérdidas (V/A·km)

V: Tensión de alimentación (V)

-Metodología usada para el cálculo de pérdida en conductores.

$$PC = \frac{\sqrt{3} \cdot \Delta V \cdot I \cdot \cos \varphi}{1000}$$

En donde:

PC: Pérdida en conductores (KW)

$\Delta V$ : Caída de tensión (V)

I: Intensidad (A)

En siguiente lugar se selecciona el tipo de bomba mediante la pestaña “Busca bomba”, a partir de una base de datos, con lo que le estamos introduciendo las curvas características teóricas de la bomba. Al realizar la selección, se introducen simultáneamente y de forma automática la marca y modelo tanto de bomba como de motor, que son datos que están integrados en las bases de datos en las que se selecciona la bomba. También se debe indicar el grado de ajuste polinomial, que normalmente es 3 o 4 (grado de la ecuación que más se ajusta a los puntos caudal-presión y caudal-rendimiento) para generar las curvas características.

El siguiente paso es cargar todos los valores introducidos manualmente con el botón “Cargar”. En este instante aparecerán completadas las casillas que contienen los valores del punto de funcionamiento teórico y medido. Cada uno de los puntos queda perfectamente definido con los siguientes valores: caudal (l/min), altura manométrica (m), rendimiento de la bomba (%) y rendimiento total (%).

La aplicación informática permite con el botón “Dibujar curvas características” la visualización de éstas así como el punto de funcionamiento.

Finalmente existe en la parte inferior derecha un apartado de consumo, en el que se debe introducir el precio de la energía (€/kWh). A partir de éste y los valores introducidos anteriormente y otros calculados se obtiene el consumo teórico (kW·h/m<sup>3</sup>), el consumo real (kW·h/m<sup>3</sup>) y el coste diferencia (€). El coste diferencia se multiplicará por un valor de volumen de agua extraído (m<sup>3</sup>) estimado para una época determinada (normalmente una campaña). Así se calculará el coste económico anual que supone trabajar en el punto de funcionamiento medido en lugar del punto de funcionamiento teórico, en función de la diferencia de consumo energético, real y medido, en términos absolutos o por unidad de volumen bombeado, convirtiendo esta herramienta informática no sólo en una simple herramienta de cálculo, sino también en una herramienta de ayuda a la toma de decisiones (Moraleda *et al*).

Para acabar, y con respecto a este último apartado, en “Figuras” la aplicación genera un gráfico que ajusta en una hipotética curva cómo afecta en términos de ahorro económico (€) -para el volumen de extracción estimado anteriormente- la variación del caudal.

### 3.-EJEMPLOS REALES

A continuación se muestran dos ejemplos reales de sondeos evaluados en Castilla-La Mancha, para aclarar el manejo del programa.

#### 3.1.-Sondeo de abastecimiento de pivot

El primer ejemplo es de un sondeo situado en Villarta de San Juan, que abastece a un pivot, sembrado de ajos. La evaluación de éste así como la recogida de todos los datos necesarios se realizó el 11 de febrero de 2009.

En la siguiente figura se muestra el interface de los datos del sondeo:

The screenshot shows the 'Datos\_Pozo' application window with the following data entered:

- Marca Bomba:** INDAR, **Modelo Bomba:** 315-4
- Marca Motor:** (empty), **Modelo Motor:** 25-3050
- Tipo de Bomba:** Busca Bomba..., **Grado de ajuste polinomial:** 3
- Instalación sondeo:**
  - Profundidad bomba (m): 85.33
  - Diámetro tubería impulsión (mm): 215
  - Longitud total tubería impulsión (m): 1
  - Desnivel bocapozo-salida agua (m): 48
  - Nivel dinámico (m): 55.33
  - Caudal medido (l/s): 37.96
  - Altura manométrica: 103.8887
- Parámetros eléctricos:**
  - Tensión alimentación (V): 400.1
  - Intensidad (A): 135.3
  - cosFi: 0.86
  - Longitud de cables (m): 95
  - Material cables: Cobre
  - Factor pérdidas (V/A Km): 0.728
  - Caída de Tensión (%): 2.3388
  - Pérdida en conductores (kW): 1.8859
  - Rendimiento motor (%): 96
  - Potencia medida (kW): 82.23
- Punto funcionamiento teórico:**
  - Q (l/min): 2889
  - H (m): 103.8887
  - Rendimiento bomba (%): 78.3758
  - Rendimiento total (%): 73.5152
- Punto funcionamiento medido:**
  - Q (l/min): 2277.6
  - H (m): 103.8887
  - Rendimiento bomba(%): 50.1578
  - Rendimiento total (%): 47.0471
- Consumo:**
  - Precio energía (€/MWh): 0.1
  - Consumo teórico (kWh/m3): 0.38509
  - Consumo real (kWh/m3): 0.60173
  - Coste diferencia (€) = 0.21664 x 100000 = 2166.4417

Buttons at the bottom: Cargar Datos, Guardar Datos, TERMINAR.

Figura 4.- “Interface” de datos y cálculos del sondeo del ejemplo 1.

En los valores que aparecen en la figura anterior se deben aclarar algunos conceptos:

La longitud total de la tubería de impulsión hace referencia a la longitud de la tubería entre la boca del sondeo y el punto donde vierte esta tubería al embalse (que se realiza a presión atmosférica). El desnivel bocapozo-salida agua indica la diferencia de cota entre los dos puntos anteriormente mencionados.

En este caso concreto, como la tubería conectaba directamente con el pivot y se midió la presión (4,8 bar) a un metro aproximadamente de distancia a partir de la boca del sondeo, se han introducido los valores de 1 m y 48 m.



La longitud de los cables suma la distancia total de cable desde la bomba hasta el cuadro eléctrico del equipo de sondeo.

Una vez cargados los datos, se dibujan las curvas características, apareciendo los siguientes gráficos:

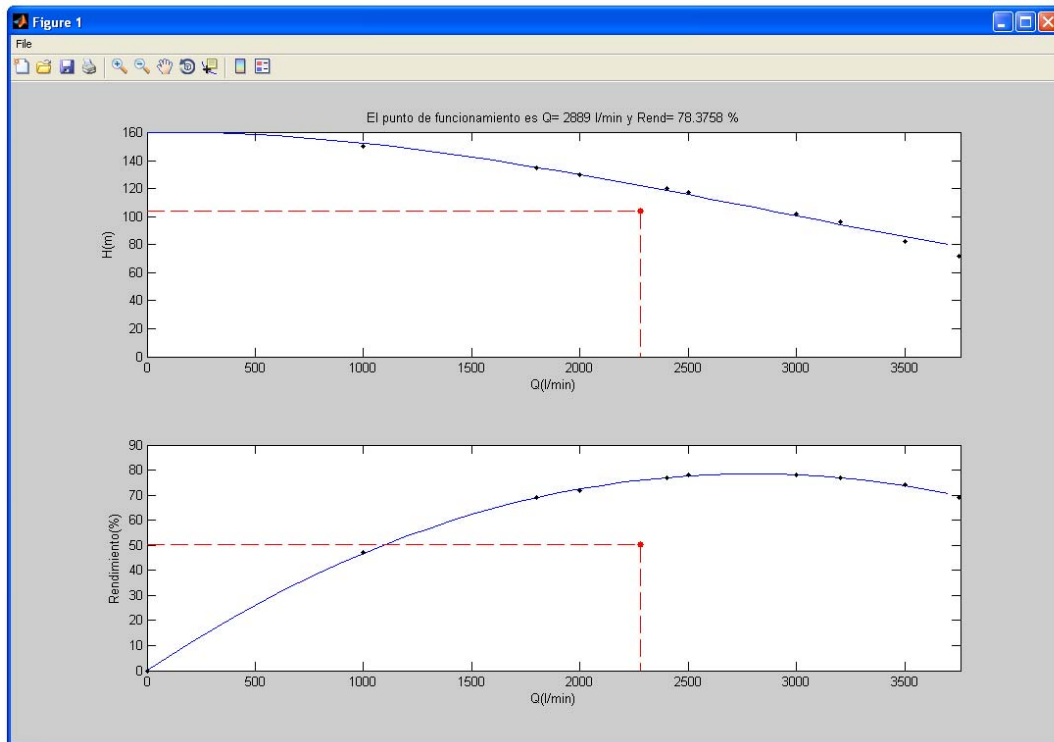


Figura 5.- Curvas características y punto de funcionamiento medido en la bomba del ejemplo 1.

La bomba de este sondeo tiene un punto de funcionamiento teórico de un caudal de 2889 l/min para una altura manométrica de 103,89 m. Presenta un rendimiento medido del 50,16 % frente al 78,38% teórico que debería presentar. Por tanto el punto de funcionamiento medido tendrá la misma altura manométrica pero un caudal inferior; 2277 l/min.

La diferencia en el rendimiento anteriormente mencionado se traduce en un coste económico de 2166 € por cada 100.000 m<sup>3</sup> bombeados, que son los que aproximadamente se necesitan en toda la campaña para el cultivo de ajos. De ahí su gran interés como herramienta de ayuda a la toma de decisiones, ya que permite conocer si nos interesa arreglar la bomba o mantenerla en las condiciones en que se encuentra hasta la campaña siguiente.

Para concluir con este ejemplo, tenemos en el apartado “Consumo” (parte inferior izquierda) la opción “Figuras”, cuyo gráfico se muestra a continuación.



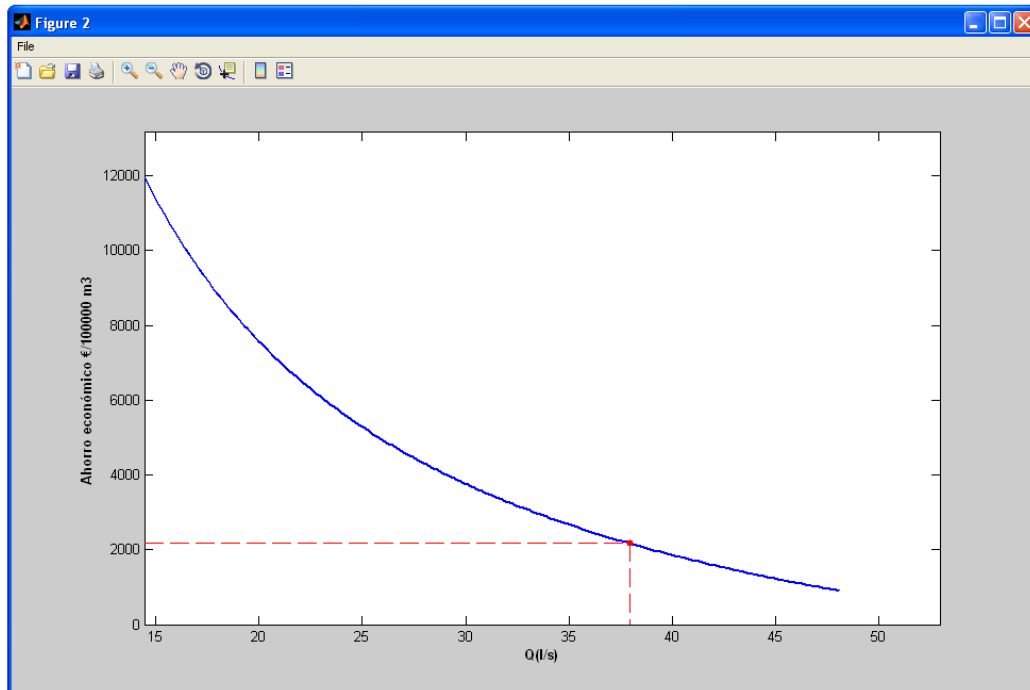


Figura 6.- Diferencia de coste económico entre el punto de funcionamiento teórico y punto de funcionamiento medido por cada 100000 m<sup>3</sup> bombeados del ejemplo 1.

Considerando el coste económico que supone trabajar en el punto de funcionamiento medido en lugar de hacerlo en el punto de funcionamiento teórico, se ha determinado a partir de la figura anterior el coste que supone mantener la bomba de este sondeo en las actuales condiciones de funcionamiento para realizar el abastecimiento del pivot durante toda la campaña de riegos sin llevar a cabo una reparación de la misma.

### 3.2.-Bomba de abastecimiento de embalse

En 2003 se inicio la transformación de 2100 hectáreas de regadíos sociales en la comarca conquense de La Grajuela. Los nuevos regadíos de La Grajuela son un estandarte de redes colectivas de riego a la demanda totalmente automatizadas, desde la captación de aguas subterráneas hasta el riego en parcela (casi exclusivamente localizado), pasando por la regulación mediante embalses, las estaciones de filtrado, las estaciones de bombeo, y el resto de instalaciones.

Este segundo ejemplo es el de una bomba sumergida en el sondeo que abastece el embalse de almacenamiento de la comunidad de regantes SAT La Pinada.

Existe una diferencia básicamente con respecto al anterior ejemplo:

- La longitud total de la tubería desde la boca del pozo hasta el punto donde vierte la tubería al embalse (a presión atmosférica) es de 250 m y la diferencia de cota entre estos mismos puntos es de 8.7 m.

En la siguiente figura se muestra el interface de los datos del sondeo:

**Datos\_Pozo**

Marca Bomba: INDAR      Marca Motor:

Modelo Bomba: BL-384-3      Modelo Motor:

**Tipo de Bomba**  
Busca Bomba...  
Cargar

Grado de ajuste polinomial: 3

Dibujar curvas características

**Instalación sondeo**

Profundidad bomba (m): 135  
 Diámetro tubería impulsión (mm): 329  
 Longitud total tubería impulsión (m): 250  
 Desnivel bocapozo-salida agua (m): 8.7  
 Nivel dinámico (m): 110  
 Caudal medido (l/s): 118  
 Altura manométrica: 121.2582

**Parámetros eléctricos**

Tensión alimentación (V): 400  
 Intensidad (A): 149.6  
 cosFi: 0.85  
 Longitud de cables (m): 145  
 Material cables: Cobre  
 Factor pérdidas (V/A Km): 0.728  
 Caída de Tensión (%): 3.9479  
 Pérdida en conductores (kW): 3.4781  
 Rendimiento motor (%): 96  
 Potencia medida (kW): 227.3

**Punto funcionamiento teórico**

Q (l/min): 7685  
 H (m): 121.2582  
 Rendimiento bomba (%): 77.2976  
 Rendimiento total (%): 73.0702

**Punto funcionamiento medido**

Q (l/min): 7080  
 H (m): 121.2582  
 Rendimiento bomba(%): 65.3263  
 Rendimiento total (%): 61.7537

**Consumo**

Precio energía (€/MWh): 0.1  
 Consumo teórico (kWh/m3): 0.45221  
 Consumo real (kWh/m3): 0.53508  
 Coste diferencia (€) = 0.082868 x 144000 = 1193.3031

Calcular      Figuras

Cargar Datos      Guardar Datos      TERMINAR

Figura 7.- “Interface” de datos y cálculos de la bomba.

Una vez cargados los datos, se dibujan las curvas características, apareciendo los siguientes gráficos:

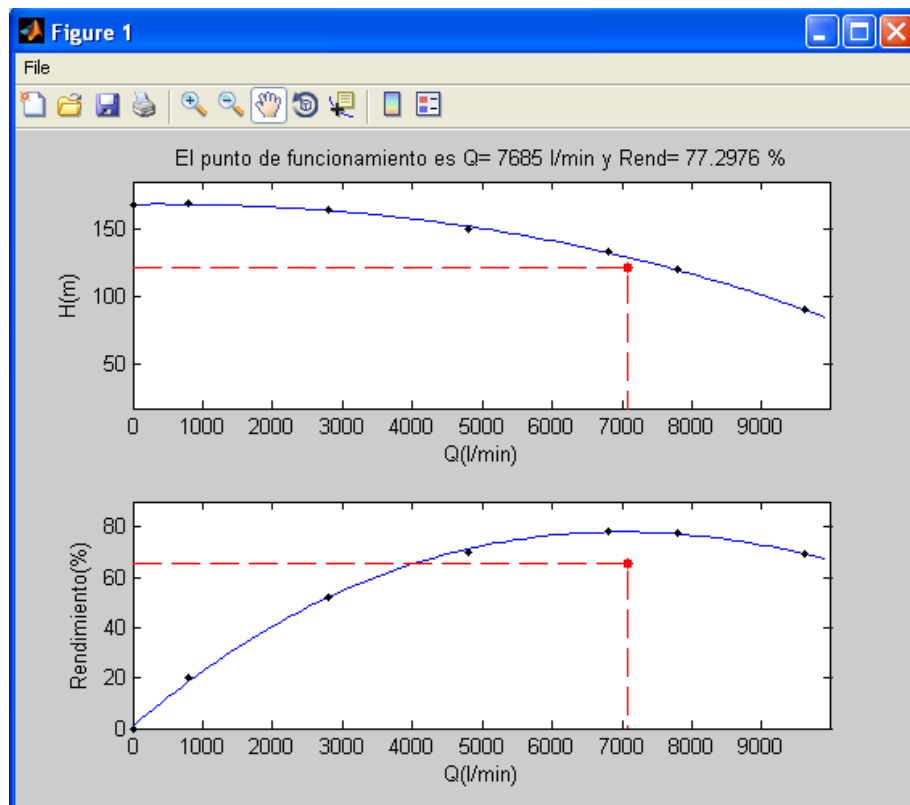


Figura 6.- Curvas características y punto de funcionamiento medido en la bomba.

La bomba tiene un punto de funcionamiento teórico de un caudal de 7685 l/min para una altura manométrica de 121.25 m. Presenta un rendimiento medido del 65.32 % frente al 77,29% teórico que debería presentar. Por tanto el punto de funcionamiento medido tendrá la misma altura manométrica pero un caudal inferior; 7080 l/min.

La diferencia en el rendimiento anteriormente mencionado se traduce en un coste económico de 1193.30 € por cada 144.000 m<sup>3</sup>, que han sido los bombeados en una campaña.

Para concluir con este ejemplo, tenemos la opción “Figuras”, cuyo gráfico se presenta a continuación.

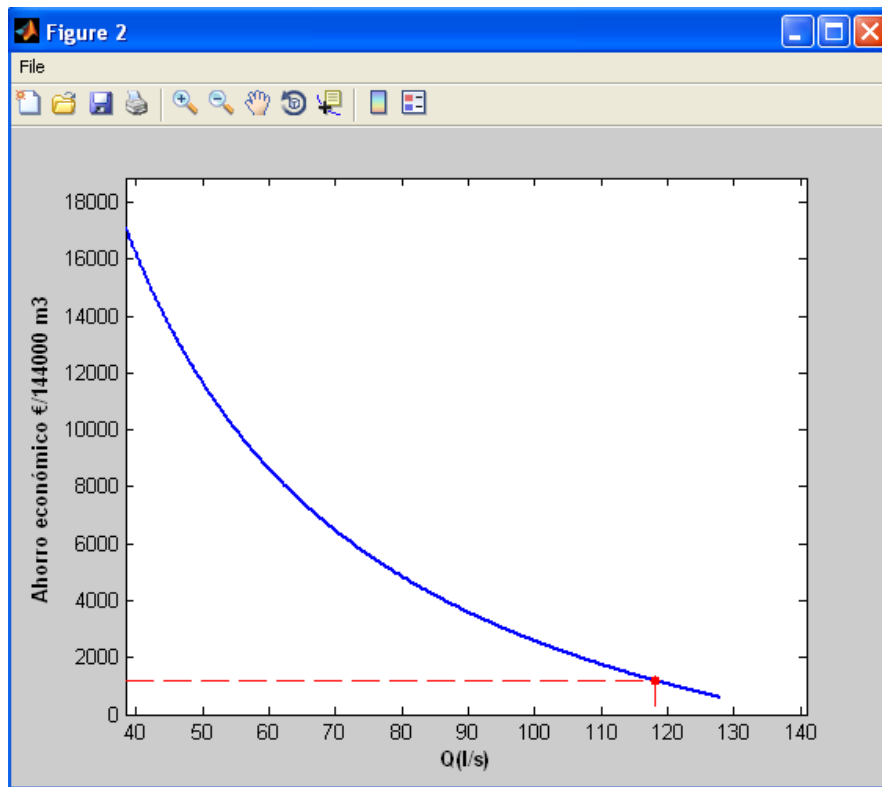


Figura 7.- Diferencia de coste económico entre el punto de funcionamiento teórico y punto de funcionamiento medido por cada 144000 m<sup>3</sup> bombeados del ejemplo 2.

Considerando el coste económico que supone trabajar en el punto de funcionamiento medido en lugar de hacerlo en el punto de funcionamiento teórico, se ha determinado a partir de la figura anterior el coste que supone mantener la bomba de este sondeo en las actuales condiciones de funcionamiento para realizar el abastecimiento del embalse de almacenamiento sin llevar a cabo una reparación de la bomba.

### **3.-BIBLIOGRAFÍA**

- Moraleda D.A., Moreno M.A., Córcoles J.I., Cuesta A., Tarjuelo J.M., 2007. Medidas de mejoras energéticas en las instalaciones de comunidades de regantes de Castilla-La Mancha. XXVI Congreso Nacional de Riegos. Huesca.