

7. EJEMPLOS PRACTICOS

7.1. Cálculos con datos de encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo

7.2. Datos y cálculos sobre un recibo de electricidad

7.3. Ejemplos de fichas de encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo

7. EJEMPLOS PRÁCTICOS

7.1.- CÁLCULOS CON DATOS DE ENCUESTAS DE CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE BOMBEO

Como ejemplos prácticos para complementar las "Encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo", se desarrolla el proceso de forma detallada para dos casos teóricos.

EJEMPLO 1

Se consideran los siguientes datos de partida:

- Cota de la embocadura del sondeo: **200 m s.n.m.**
- Cota máxima de elevación: **250 m s.n.m.**
- Profundidad de colocación del grupo motobomba: **60 m.**
- Profundidad del nivel dinámico: **45 m.**
- Tubería del sondeo:
 - Longitud: **60 m.**
 - Diámetro: **80 mm.** (profundidad del grupo motobomba)
 - Material: **Acero estirado.**
 - Elementos: **1 codo de 90°, 1 codo de 45°, 1 válvula de compuerta, 1 válvula de retención.**
- Tubería de impulsión:
 - Longitud: **850 m.**
 - Diámetro: **100 mm.**
 - Material: **Fibro cemento**
 - Elementos: **3 codos de 90°, 1 codo de 45°, 1 válvula de compuerta, 1 válvula de retención, 1 ensanchamiento (de 80 a 100 mm.).**
- **Determinación de parámetros**

* **Caudal de explotación.** Por alguno de los métodos expuestos se obtendrá el valor de este parámetro. Se considera **$Q = 10 \text{ l/s} = 36 \text{ m}^3/\text{h}.$**

* **Altura manométrica.** Su valor se obtendrá como suma de los siguientes parámetros básicos:

- Profundidad del nivel dinámico: **45 m.**
- Altura geométrica desde la embocadura hasta la máxima cota de elevación: **50 m.**
- Pérdidas de carga:

Tubería del sondeo. La longitud de esta tubería es $L = 60 \text{ m}.$ Por otro lado la longitud equivalente por válvulas y accesorios obtenida de la figura 3 es la siguiente:

$$\Sigma L_a = 1.8 \text{ (codo de } 90^\circ) + 0.9 \text{ (codo de } 45^\circ) + 0.5 \times 2 \text{ (válvulas)} = 3.7 \text{ m}$$

Por otro lado, la pérdida de carga correspondiente obtenida de la figura 2 es de $5.5 \text{ m}/100\text{m}.$

La pérdida de carga en este tramo es:

$$P_{c1} = 5.5 \times \left(\frac{60 + 3.7}{100} \right) = 3.5 \text{ m}$$

Tubería exterior de impulsión. La longitud de esta conducción es $L = 850 \text{ m}.$ Por otro lado la longitud equivalente por válvulas y accesorios obtenida de la figura 3 es la siguiente:

$$\Sigma L_a = 2.3 \times 3 \text{ (codos } 90^\circ) + 1.2 \text{ (codo } 45^\circ) + 0.6 \times 2 \text{ (válvula)} + 1.4 \text{ (ensancham.)} = 6.1 \text{ m}$$

Por otro lado, la pérdida de carga correspondiente obtenida de la figura 2 es de $1.7 \text{ m}/100\text{m}.$

La pérdida de carga en este tramo es:

$$P_{c2} = 1.7 \times \left(\frac{850 + 6.1}{100} \right) = 14.6 \text{ m}$$

La pérdida de carga total se obtiene como suma de los dos valores anteriores:

$$P_c = P_{c1} + P_{c2} = 3.5 + 14.6 = 18.1m$$

Por tanto, la altura manométrica tendrá como valor la suma de la profundidad del nivel dinámico, la altura geométrica y las pérdidas de carga totales:

$$H_m = 45.0 + 50.0 + 18.1 = 113.1m$$

* **Potencia activa.** Para calcular este parámetro se deberá contar con la **información recogida del contador**. Si los datos obtenidos son:

- Constante del contador: 20.833 Wh/vuelta.
- Velocidad del disco giratorio: 18 vueltas en 1 minuto.
- Factor corrector: (no hay)

La constante característica del contador expresada en rev/kWh es:

$$K = \left(\frac{1}{20.833} \right) \times 1000 = 48 \text{ rev/kWh}$$

La potencia activa para este supuesto es:

$$P_a = \frac{3.600 \times 18}{48 \times 60} = 22.5kW$$

* **Consumo energético.** El caso más desfavorable es que no se tengan los recibos de la Compañía Eléctrica y se desconozca el factor corrector. Para obtener el consumo energético de la instalación en este caso, se deberá conocer el número de horas de funcionamiento diarias de la instalación o bien tener las lecturas del contador de horas. Se supone que existe un contador de horas que a lo largo del año ha marcado un total de 5,840 horas = 16

horas/día. El consumo energético se obtiene simplemente multiplicando la potencia activa por el tiempo de funcionamiento:

$$C = 22.5 \times 5,840 = 131,400kWh$$

En cualquier caso, para obtener de forma exacta los costes energéticos si es indispensable contar con los recibos eléctricos.

- Resultados a obtener

* **Rendimiento.** Para obtener el rendimiento de la instalación se aplica la fórmula expuesta en apartados previos, donde la potencia activa debe ir expresada en CV (1 CV = 0.736 kW).

$$R_i = \frac{10 \times 113.1}{75 \times (22.5 / 0.736)} = 0.49 = 49\%$$

* **Relación "E" m³/kWh.** Para obtener esta relación se aplica la fórmula expuesta en apartados anteriores.

$$E = \frac{36}{22.5} = 1.6m^3 / kWh$$

* **Coste energético del agua.** Suponiendo que para el consumo energético, anteriormente indicado, de 131,400 kWh a lo largo de un año se produce una facturación eléctrica total de 1,311,498 pta.

Como resultados finales podemos considerar:

Volumen anual extraído:

$$V = E \times C = 1.6 \times 131,400 = 210,240m^3$$

Coste del agua:

$$\text{Coste} = \frac{1,311,490}{210,240} = 6.24 \text{ pta} / m^3$$

EJEMPLO 2

Se consideran los siguientes datos de partida:

- Cota de la embocadura del sondeo: **200 m s.n.m.**
- Cota máxima de elevación: **210 m s.n.m.**
- Profundidad de colocación del grupo motobomba: **60 m.**
- Profundidad del nivel dinámico: **35 m.**
- Tubería del sondeo e impulsión:
 - Longitud: **200 m.** (profundidad del grupo motobomba + longitud de tubería de impulsión).
 - Diámetro: **300 mm.**
 - Material: **acero estirado.**
 - Elementos: **4 codos de 90°, 1 codo de 45°, 2 válvulas de compuerta, 2 válvulas de retención.**

- Determinación de parámetros

* **Caudal de explotación.** Por alguno de los métodos expuestos se obtendrá el valor de este parámetro. Se considera **$Q = 140 \text{ L/s} = 504 \text{ m}^3/\text{h}$** .

* **Altura manométrica.** Su valor se obtendrá como suma de los siguientes parámetros básicos:

- Profundidad del nivel dinámico: **35 m.**
- Altura geométrica desde la embocadura hasta la máxima cota de elevación: **10 m.**

- Pérdidas de carga:

Tubería del sondeo e impulsión. La longitud de esta tubería es $L = 200 \text{ m}$. Por otro lado la lon-

gitud equivalente por válvulas y accesorios obtenida de la figura 3 es la siguiente:

$$\sum L_e = 8 \times 4 \text{ (codos de } 90^\circ) + 4 \times 1 \text{ (codo de } 45^\circ) + 2.2 \times 4 \text{ (válvulas)} = 44.8 \text{ m}$$

Por otro lado, la pérdida de carga correspondiente obtenida de la figura 2 es de $1.8 \text{ m}/100\text{m}$.

La pérdida de carga total en la conducción es:

$$P_{c1} = 1.8 \times \left(\frac{200 + 44.8}{100} \right) = 4.4 \text{ m}$$

Por tanto, la altura manométrica tendrá como valor la suma de la profundidad del nivel dinámico, la altura geométrica y las pérdidas de carga totales:

$$H_m = 35.0 + 10.0 + 4.4 = 49.4 \text{ m}$$

* **Potencia activa.** Para calcular este parámetro se deberá contar con la **información recogida del contador**. Si los datos obtenidos son:

- Constante del contador: 133 Wh/vuelta .
- Velocidad del disco giratorio: $20 \text{ vueltas en } 76 \text{ segundos}$.
- Factor fabricación (grabado en el interior): $x 10$
- Factor modificado: $x 9.37$ (deducido del recibo de energía).

La constante característica del contador expresada en rev/kWh es:

$$K = \left(\frac{1}{133} \right) \times 1000 = 7.519 \text{ rev/kWh}$$

La potencia activa para este supuesto es:

$$P_a = \frac{3.600 \times n}{K \times t} \times \frac{Fm}{Ff} = \frac{3.600 \times 20}{7.519 \times 76} \times \frac{9.37}{10} = 118.1 \text{ kW}$$

* **Consumo energético.** Para el cálculo del consumo energético a partir de la diferencia entre dos lecturas del contador, habría que multiplicar esta por el factor modificado. Así, para una diferencia de lecturas de 14,398.5 kWh el consumo total sería:

$$C = 14,398.5 \times 9.37 = 134,913.95 \text{ kWh}$$

Para calcular las horas de funcionamiento bastaría dividir el consumo por la potencia activa anteriormente calculada:

$$H = \frac{134,913.95}{118.1} = 1,142.4 \text{ horas}$$

- Resultados a obtener

* **Rendimiento.** Para obtener el rendimiento de la instalación se aplica la fórmula expuesta con anterioridad, donde la potencia activa debe ir expresada en CV (1 CV = 0.736 kW).

$$R_i = \frac{140 \times 49.4}{75 \times (118.1/0.736)} = 0.58 = 58\%$$

* **Relación "E" m³/kWh.** Para obtener esta relación se aplica la fórmula ya expuesta.

$$E = \frac{504}{118.1} = 4.268 \text{ m}^3 / \text{kWh}$$

7.2.- DATOS Y CÁLCULOS SOBRE UN RECIBO DE ELECTRICIDAD

A partir de un modelo de recibo de electricidad sobre el que se han reflejado los datos de mayor interés (figura 6), se desarrolla un ejemplo práctico con el cálculo de la potencia activa y los bloques básicos de facturación.

En primer lugar es importante conocer los elementos identificativos de dicho recibo, como

son el titular del suministro de energía eléctrica, la dirección de la instalación eléctrica y el uso al que se destina la energía y particularmente la referencia (número de contador).

- Cálculo de la potencia activa

La expresión general para el cálculo de la potencia activa con datos tomados del contador de energía activa venía dada por:

$$P_a = \frac{3600 \times n}{K \times t}$$

si existe factor corrector de tipo modificado:

$$P_a = \frac{3600 \times n}{K \times t} \times Fm$$

y si existen los dos tipos de factores correctores, es decir, de fabricación y modificado:

$$P_a = \frac{3600 \times n}{K \times t} \times \frac{Fm}{Ff}$$

n y t = n° de vueltas que da el disco giratorio en un cierto tiempo. Necesariamente deben tomarse sus valores en el contador de electricidad. Supongamos que se producen 5 vueltas en 41.6 segundos.

K = constante del contador. Su valor debe tomarse directamente del contador de electricidad pues no aparece en el recibo. En este supuesto su valor es 1,875 rev/kWh.

F = factor corrector, si no aparece reflejado en el contador se puede obtener en el recibo (véanse comentarios al respecto en el epígrafe correspondiente). En este caso se trata de un factor modificado cuyo valor es 600 y no existe factor de fabricación grabado en el interior del contador.

Con estos valores la potencia activa es:

$$P_a = \frac{3600 \times 5}{1975 \times 41.6} \times 600 = 138.24 \text{ kW}$$

- Cálculo de los bloques básicos de facturación

Aplicando los valores que aparecen en el recibo adjunto y los precios correspondientes a las tarifas del año 1993, se tiene:

Término de potencia = potencia contratada x período de facturación x precio del kW

$$T.P. = 140 \text{ kW} \times 1 \text{ mes} \times 730 \text{ pts} = 102,200 \text{ pta}$$

Término de energía = kWh consumidos (punta+llano+valle) x precio kWh

$$T.E. = 27,000 \text{ kWh} \times 10.82 \text{ pts} = 292,140 \text{ pta}$$

Complemento por discriminación horaria = (Cons. en punta x Coef. de recargo - Cons. en valle x Coef. de descuento) x precio kWh para tarifa gral. de media utilización

$$C.D.H. = (600 \text{ kWh} \times 0.7 - 25,800 \text{ kWh} \times 0.43) \times 10.82 = - 115,483 \text{ pta}$$

Los coeficientes usados corresponden a una discriminación tipo 3.

Complemento por reactiva = $K_r(\%) \times (\text{Importe T.P.} + \text{Importe T.E.})$

donde:

$$K_r(\%) = \frac{17}{\text{Cos}^2 \phi} - 21$$

siendo el valor del factor de potencia:

$$\text{Cos} \phi = \frac{\text{Cons.Energ.Activa}}{\sqrt{\text{Cons.Energ.Activa}^2 + \text{Cons.Energ.Reactiva}^2}}$$

en este caso:

$$\text{Cos} \phi = \frac{27,000}{\sqrt{27,000^2 + 1,200^2}} \approx 1$$

con los que $K_r = - 4\%$ y el complemento por reactiva:

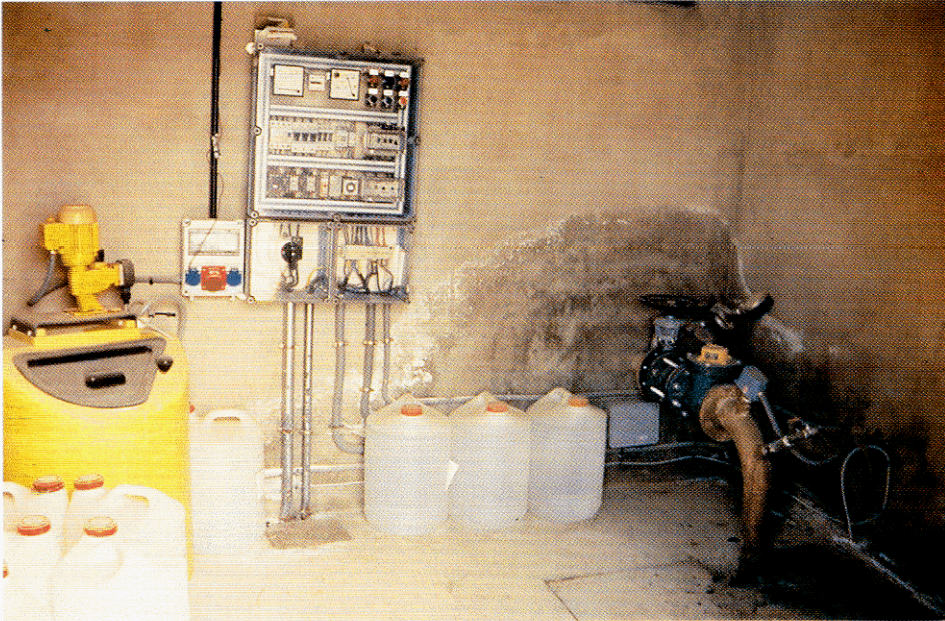
$$C.R. = 0.04 \times (102,200 \text{ pta} + 292,140 \text{ pta}) = -15,774 \text{ pta}$$

7.3.- EJEMPLOS DE FICHAS DE ENCUESTAS DE CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE BOMBEO

- **Sondeo "Mures".**- Abastecimiento a la pedanía del mismo nombre de Alcalá la Real. Presenta la ventaja de ser una instalación muy completa, incluye entre sus elementos, además de contadores volumétrico y de horas, un manómetro en la tubería de impulsión situado en la boca del sondeo. El manómetro evidencia que las pérdidas de carga reales suelen ser un poco mayores que las teóricas, hecho habitual en instalaciones de captación. Funciona un promedio de más de 6 horas al día con un caudal de extracción de 9.6 L/s y los niveles del agua no presentan variaciones de importancia, pudiendo considerarse fijo el valor del nivel dinámico de cara a realizar su estudio. El rendimiento de la instalación es aceptable y tiene contratada una tarifa de baja tensión.

- **Sondeo el Chaparral.**- Abastece a los núcleos de Alcalá la Real y Frailes. Se trata de dos instalaciones electromecánicas de características similares, conectadas al mismo contador eléctrico. La electrobomba tiene un motor potente (180 CV) que eleva un caudal próximo a los 70 L/s a unos 140 metros, y dispone también de contador volumétrico y de horas. El rendimiento es elevado, lo que en parte es lógico ya que los motores de mayor potencia consiguen mejores rendimientos. Por otra parte está prevista la instalación de otro contador volumétrico a la salida del depósito.

En la tabla que se presenta a continuación se recoge un resumen de los parámetros más representativos de las encuestas.

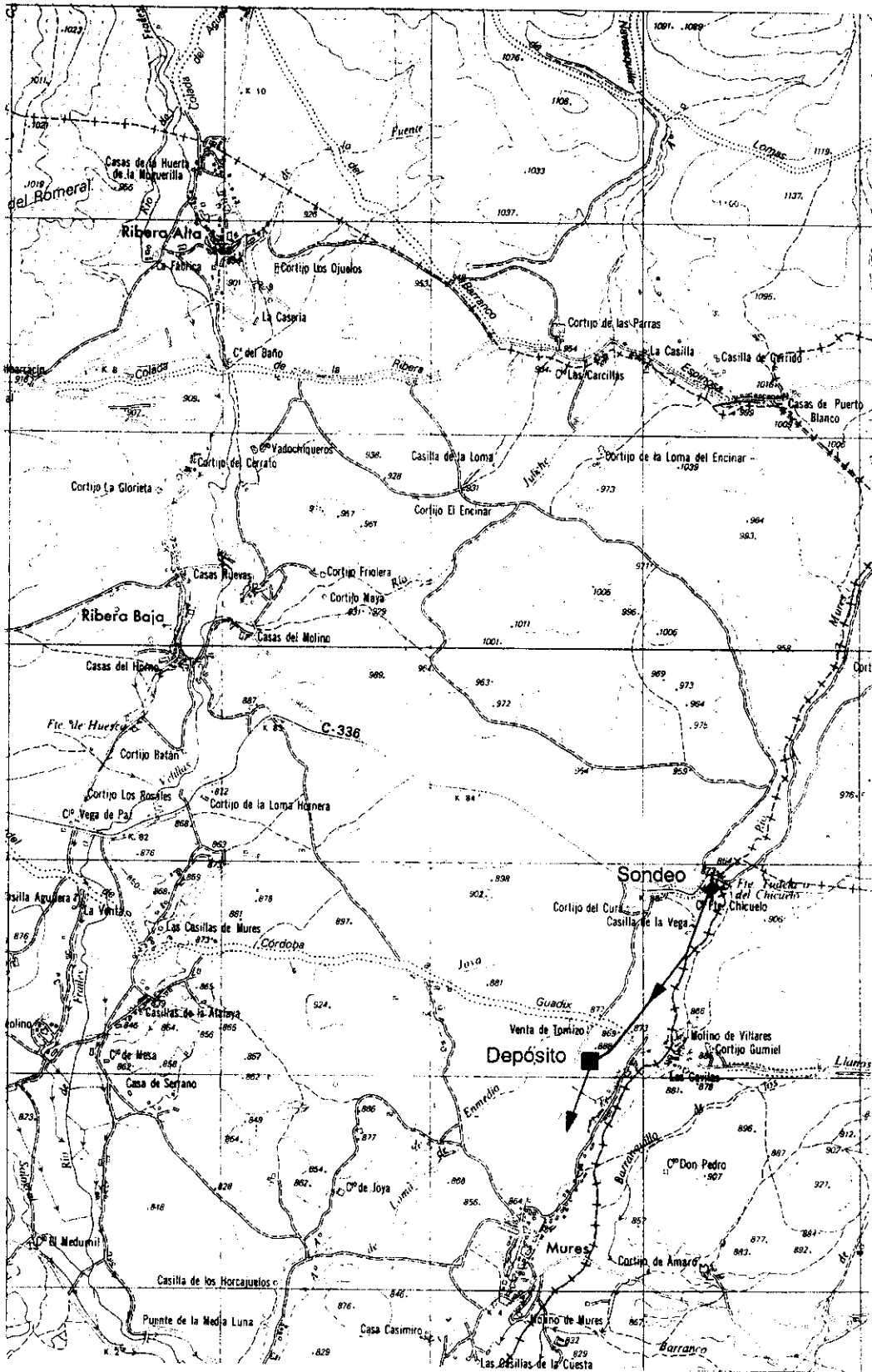


Vista general del interior de la caseta de elevación del sondeo para abastecimiento a Mures (Alcalá la Real, Jaén). Cuadro de control con contador de horas, depósito de cloro y elementos en la boca del sondeo.

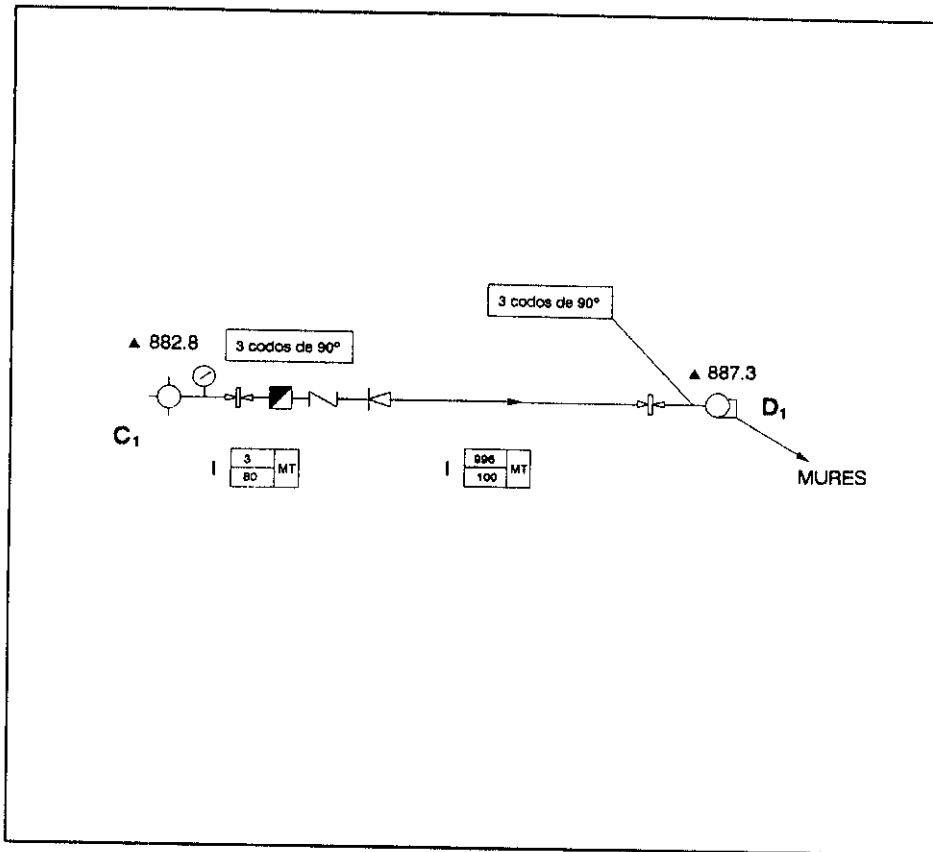


Caseta de elevación en el sondeo de El Chaparral (Alcalá la Real).

MAPA DE SITUACION



CROQUIS DE LA INSTALACION



LEYENDA

- | | | | |
|--|-------------------------|--|-----------------|
| | Manantial | | Ampliación |
| | Pozo | | Reducción |
| | Sondeo | | Cota (m.s.n.m.) |
| | Arqueta | | Conducción |
| | Depósito | | |
| | Válvula de compuerta | | |
| | Válvula de retención | | |
| | Contador Volumétrico | | |
| | Manómetro | | |
| | Impulsión | | |
| | Conducción por gravedad | | |

DEPOSITOS

D₁ Depósito de distribución

CAPTACIONES

C₁ Sondeo "Mures"

1	3
2	

1 Longitud (m)

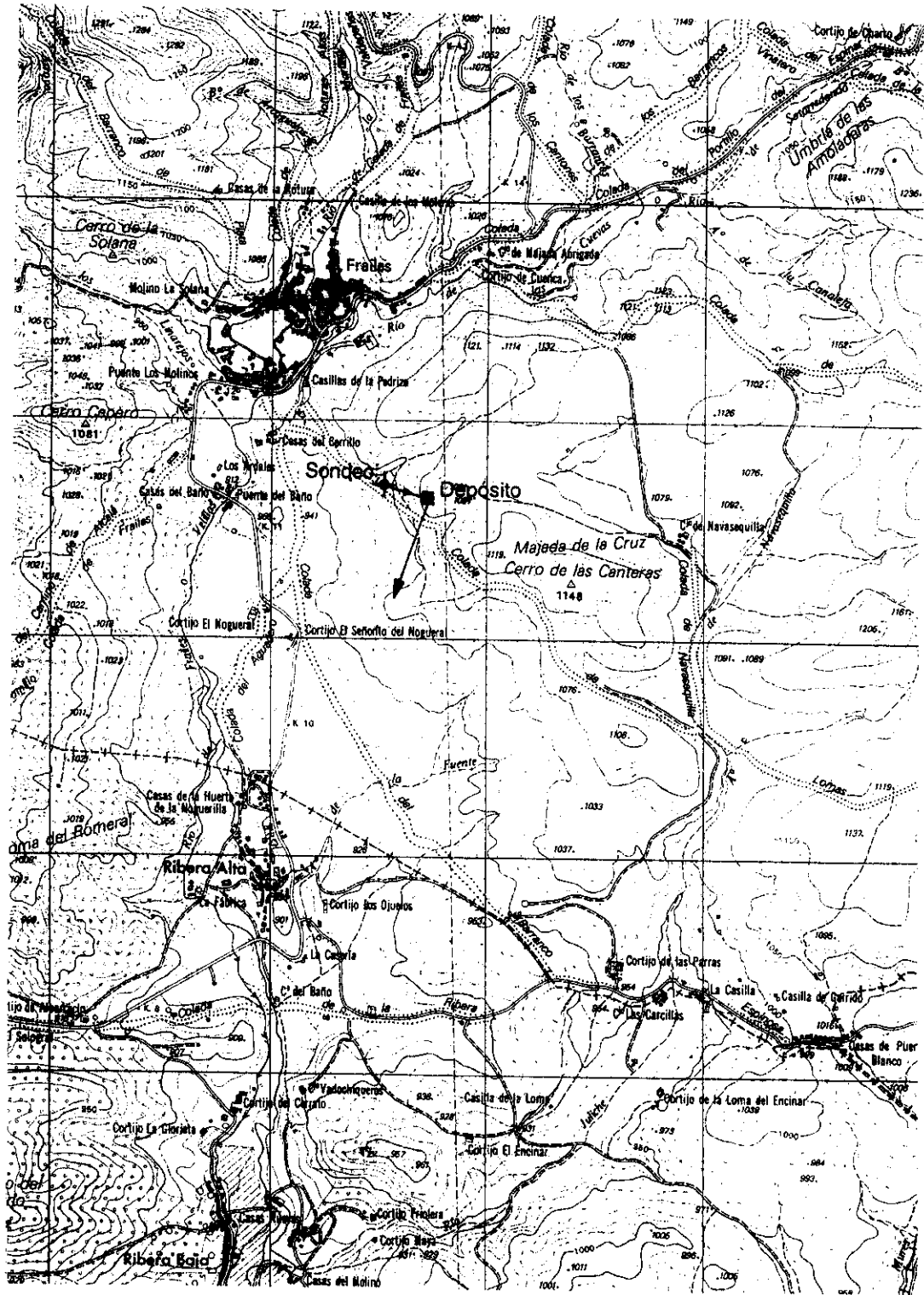
2 Diámetro (mm)

3 Material: FC: fibrocemento

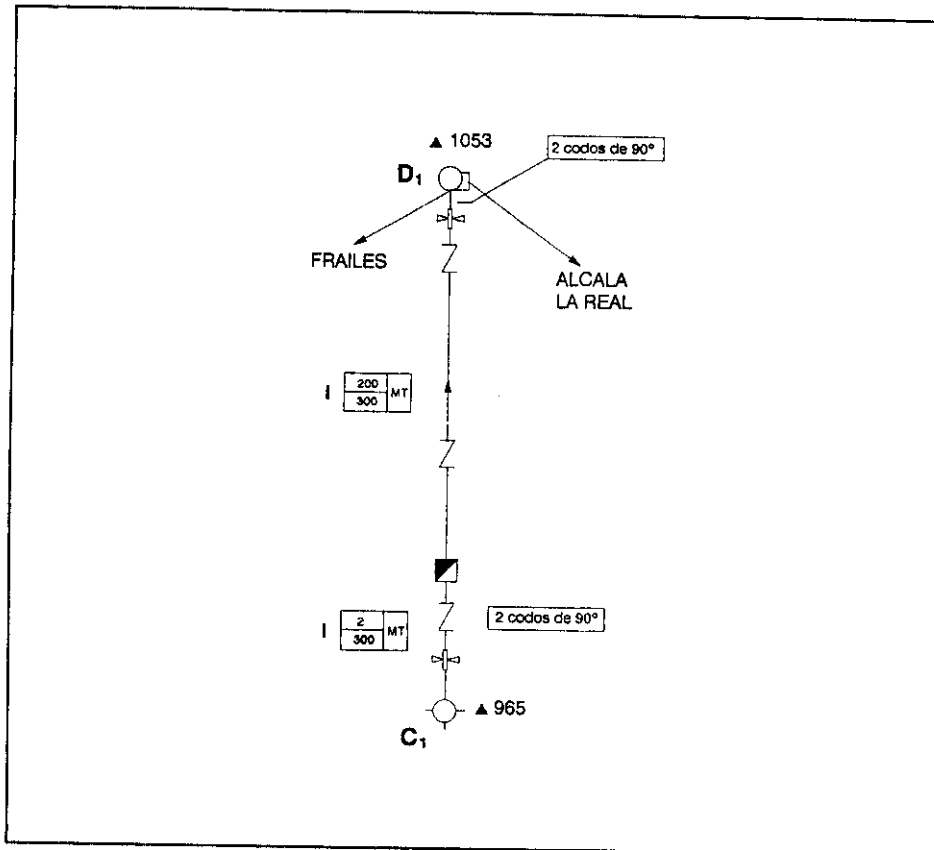
MT: metálica

PVC: policloruro de vinilo

MAPA DE SITUACION



CROQUIS DE LA INSTALACION



LEYENDA

- Manantial
- Pozo
- Sondeo
- Arqueta
- Depósito
- Válvula de compuerta
- Válvula de retención
- Contador Volumétrico
- Manómetro
- Impulsión
- Conducción por gravedad

- Ampliación
- Reducción
- Cota (m.s.n.m.)
- Conducción

DEPOSITOS

D1 Depósito de distribución

CAPTACIONES

C1 Sondeo "El Chaparral"

1	3
2	

- 1 Longitud (m)
- 2 Diámetro (mm)
- 3 Material: FC: fibrocemento
MT: metálica
PVC: policloruro de vinilo