

Posibilidades de mejora del riego a pie

Antecedentes:

De las más de 400.000 ha de regadío existentes en Aragón, más de un 70% son de riego a pie. En muchos casos los consumos de agua de riego son excesivos, superando ampliamente las necesidades de los cultivos, lo cual produce bajas eficiencias en el uso del agua.

Se podría pensar que la solución ideal es transformar los riegos por inundación en riegos a presión (aspersión y localizado). Sin embargo, esta solución no siempre es posible, unas veces por razones técnicas y otras por razones económicas ya que esto supondría unas inversiones cuantiosas. En suelos con altas tasas de infiltración y/o poca capacidad de retención de agua, estos cambios sí que producirían una mejora sustancial de la eficiencia del riego. Sin embargo en muchas otras condiciones, la mejora del diseño y manejo del propio sistema de riego a pie, puede mejorar sensiblemente el uso del agua en el riego.



Foto 1. Prototipo para riego secuencial de parcelas de forma automática.

Hoy en día existen conocimientos y herramientas suficientes para diseñar y rehabilitar los regadíos por gravedad tradicionales y conseguir valores aceptables de la eficiencia del riego. La decisión del sistema de riego a utilizar, ya sea por superficie o a presión, depende de factores técnicos, económicos y medio-ambientales. El riego a pie encaja bien en los suelos de textura pesada de las terrazas o riberas de los ríos, donde se pueden conseguir consumos moderados de agua, debido a la baja permeabilidad de los suelos y los altos caudales de agua utilizados. En el peor de los casos, el exceso de agua se infiltra a capas profundas y retorna al río cargada de sales solubles, no suponiendo un gasto extra de agua a nivel de cuenca, si bien afecta a la calidad de aguas abajo del río.

Los riegos a presión son aconsejables en los parajes situados en cotas más elevadas del territorio respecto a las cotas de los ríos, debido a que se puede aplicar en cada momento la cantidad de agua que demandan las plantas, minimizándose los flujos de retorno, ya que un exceso de aguas de drenaje provocaría filtraciones laterales o en profundidad y mayor movilización de las sales del subsuelo, contaminando los cauces de agua superficiales y subterráneos.

En cualquier caso, el primer argumento para usar bien el agua de riego, es conocer las necesidades de riego de los cultivos en cada comarca. Por ello, el Departamento de Agricultura y Medio Ambiente de la Diputación General de Aragón, junto con el Centro Meteorológico de Aragón, La Rioja y Navarra, publican semanalmente los domingos, en el Periódico de Aragón, las necesidades de riego de los principales cultivos de diez comarcas agrarias.

En los sistemas a presión es fácil ajustar la dosis de riego a las necesidades de los cultivos, variando el tiempo de riego. Ahora bien, en los sistemas por inundación, aplicar las dosis correctas resulta difícil, ya que en muchas ocasiones los riegos se efectúan a turnos fijos con poca flexibilidad. No obstante, el conocimiento periódico de las necesidades de riego es una buena orientación para el buen manejo del riego por superficie.

Parámetros que influyen en el riego a pie.

Cualquier agricultor observa en su parcela que al aumentar el caudal, tarda menos tiempo en finalizar el riego y cuanto más ligera sea la tierra o mayor sea la parcela, tarda más tiempo en regarse. También es consciente de la conveniencia de dar cierta pendiente al bancaleo cuando la textura del suelo es ligera y por tanto de alta permeabilidad.

Visto esto, vemos que la cantidad de agua en **mm** (dosis) que entra en la parcela en cada riego, es función del **caudal (Q)** de agua que entra por la acequia, de la **permeabilidad estabilizada (K)** del suelo, de la **superficie (S)** de la parcela, de la **pendiente (I)** de la misma y del **tiempo (T)** de aplicación del riego.

En suelos de la ribera del Ebro de texturas pesadas, es normal la nivelación a cero debido a que la permeabilidad estabilizada de los suelos es del orden de 4-6 mm/h y se utilizan caudales mayores de 200 l/s. En estas condiciones, la duración del riego en cada parcela es de una hora aproximadamente, y el tiempo de contacto del agua en las distintas partes de la misma es parecido, por lo que el perfil de suelo humedecido es similar y por tanto, la uniformidad del riego alta.

En suelos de texturas ligeras, donde la permeabilidad alcanza los 10-12 mm/h, el tiempo de riego alcanza valores de dos o más horas por parcela de la misma superficie. En este caso, el tiempo de contacto del agua en las distintas partes de la misma es diferente, lo que unido a la mayor velocidad de infiltración del agua, provoca perfiles humedecidos diferentes, que se traduce en bajas uniformidades del riego, y por tanto, excesivos consumos de agua.

Por todo lo expuesto, es necesario conjugar el caudal, la pendiente, la infiltración del suelo y la superficie del bancaleo para obtener eficiencias aceptables. El tiempo de aplicación del riego nos da una idea exacta de la eficiencia, conociendo previamente el caudal (l/s) y la capacidad de retención de agua del suelo.

Como ilustración se exponen a continuación los datos de una encuesta realizada a agricultores de un regadío a pie de Villafranca del Campo (Teruel), y aún a sabiendas de las limitaciones que tiene una encuesta, son lo suficientemente significativos para seguir profundizando en el tema y poder llegar a determinar la superficie que deben tener las parcelas de riego en función de los parámetros enumerados anteriormente.

Tabla I. Consumo de agua en cada riego en 12 parcelas de Villafranca del Campo (Teruel).

Q (l/s)	I (‰)	Ancho (m)	Largo (m)	S (m ²)	Tiempo (h)	K (mm/h)	Dosis (mm)
117	6,0	15	250	3.750	2,00	30	224
117	4,0	10	250	2.500	0,67	20	112
67	3,0	11	400	4.400	1,50	10	82
133	1,5	15	250	3.750	4,00	40	512
75	3,5	10	150	1.500	1,80	35	324
67	3,0	10	350	3.500	1,00	10	69
100	1,0	20	270	5.400	1,30	8	89
100	5,0	15	350	5.250	2,00	18	137
133	1,6	23	300	6.900	2,00	14	139
67	3,0	10	300	3.000	2,00	20	160
33	2,0	10	230	2.300	2,00	15	104
67	1,0	10	150	1.500	2,00	30	320

Se trata en este caso de un regadío un tanto especial, debido a la alta permeabilidad de los suelos y pendientes demasiado elevadas, así como las reducidas dimensiones de las parcelas. A pesar de todo esto, los consumos de agua son muy elevados, y el coste energético excesivo, por lo que sería conveniente efectuar el manejo del riego de forma diferente.

Con los datos de la tabla I se ha hecho una regresión lineal múltiple, tomando como variable dependiente la dosis en mm y como variables independientes el caudal, la pendiente, la superficie en hectáreas y la permeabilidad estabilizada.

El modelo de la ecuación lineal es:

$$\text{Dosis (mm)} = C + a.Q + b.I + c.S + d.K$$

donde:

mm = mm infiltrados en la parcela durante el riego

Q = caudal de riego en l/s

I = pendiente en tanto por mil

S = superficie en ha

K = permeabilidad estabilizada del suelo en mm/h

Los parámetros obtenidos han sido coherentes, ya que son de signo negativo los que afectan al caudal y la pendiente, y de signo positivo los que afectan a la superficie y la permeabilidad, siendo sus valores los siguientes:

$$C = -77$$

$$a = -0,39$$

$$b = -24$$

$$c = 208$$

$$d = 14$$

Los resultados obtenidos han sido sorprendentes por el alto coeficiente de determinación (r^2) y un error estándar (e.e.) relativamente bajo, quedando la ecuación de la forma siguiente:

$$\text{Dosis (mm)} = -77 - 0,39 Q - 24 I + 208 S + 14 K$$

$$r^2 = 0,96$$

$$\text{e.e.} = 26 \text{ mm}$$

Esto quiere decir que la dosis (mm) de agua que consume una parcela disminuye cuando aumenta el caudal y/o la pendiente, y aumenta cuando aumenta la superficie y/o la permeabilidad.

Diseño de parcelas de riego a pie.

Hasta ahora se ha obtenido una fórmula empírica a partir de los datos de la encuesta de la tabla I, y se considera necesario realizar evaluaciones de riego para tratar de determinar la fórmula o fórmulas que se ajusten con precisión a los distintos tipos de suelo existentes en los regadíos aragoneses. No obstante, con la fórmula obtenida a partir de la encuesta, se ha diseñado la **superficie óptima** que deberían tener las parcelas reseñadas en la tabla I, para que cumplan unas condiciones mínimas de uniformidad del riego y aceptables eficiencias de gasto de agua. Hay que tener en cuenta que los parámetros empleados para calcular la superficie óptima de parcelas (Q, I, S, K), deben tener una precisión exquisita para no cometer errores en el diseño del riego, y consecuentemente en la dosis (mm) de agua que presumiblemente consumirá la parcela.

Se presenta a continuación la tabla II donde se compara la superficie actual de las parcelas con la **superficie óptima** que deberían tener para que la dosis de agua en cada riego sea de unos 80 mm. Esto no quiere decir que las parcelas haya que dividir las por la mitad, sino que el riego se efectúe en dos mitades, con lo cual, el único cambio a realizar es el manejo del riego.

Tabla II. Comparación de superficie actual con superficie óptima para dosis de riego de 80 mm.

Q (l/s)	I (‰)	S. actual (m ²)	K (mm/h)	S. óptima (m ²)
117	6,0	3.750	30	1.800
117	4,0	2.500	20	2.500
67	3,0	4.400	10	3.300
133	1,5	3.750	40	1.200
75	3,5	1.500	35	900
67	3,0	3.500	10	3.300
100	1,0	5.400	8	4.700
100	5,0	5.250	18	2.800
133	1,6	6.900	14	3.400
67	3,0	3.000	20	1.500
33	2,0	2.300	15	1.000
67	1,0	1.500	30	800

En este caso se ha optado por variar la superficie de riego de las parcelas, porque no se pueden cambiar los caudales ni las pendientes. Ahora bien, si las condiciones lo permitieran, se podrían variar los caudales y/o las pendientes, permaneciendo invariables la superficie de las parcelas.

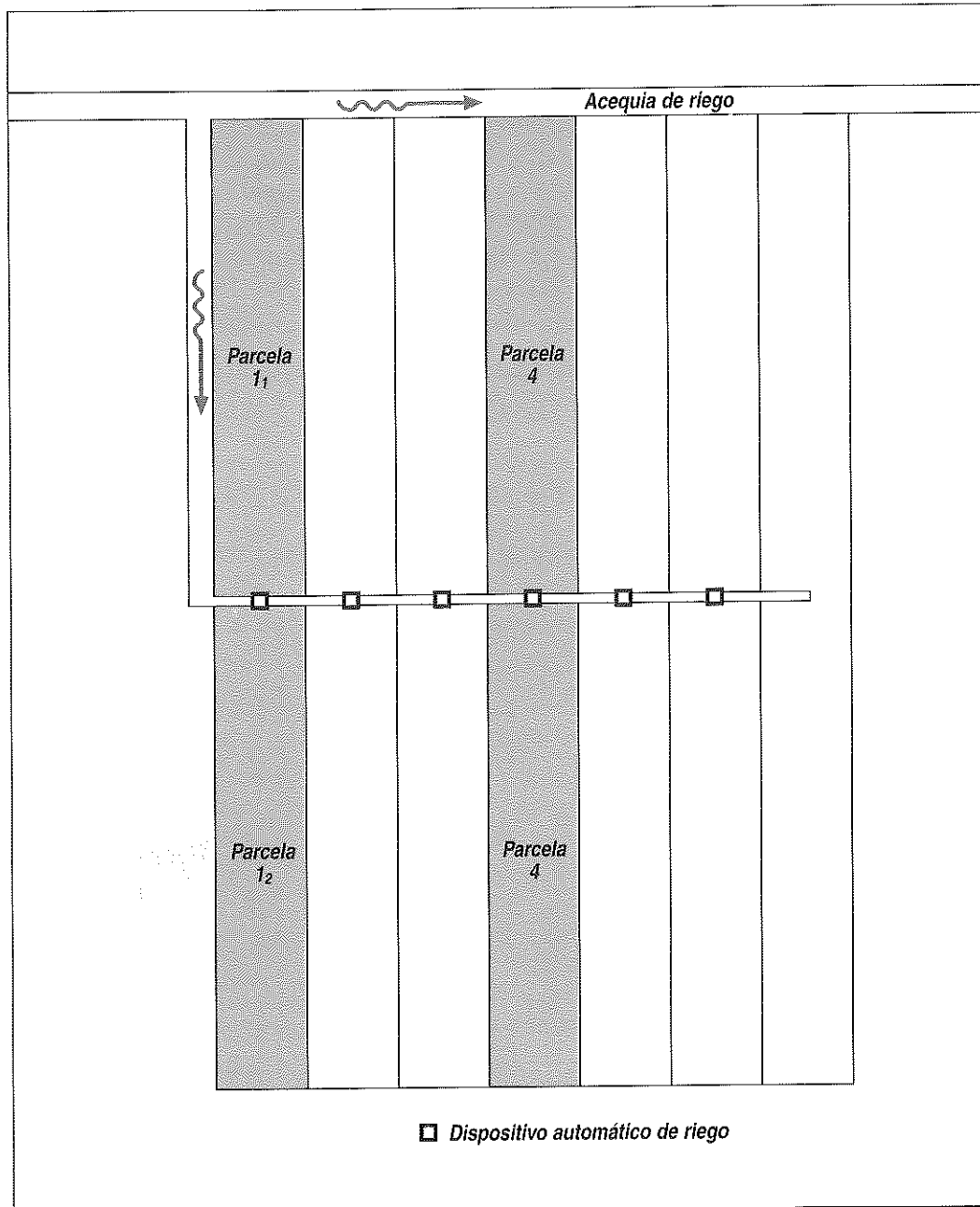
Al tener que regar parcelas tan pequeñas para que la eficiencia y la uniformidad del riego sean aceptables, es necesario efectuar la tarea de apertura y cierre de tajaderas con demasiada frecuencia (desde un cuarto de hora hasta una hora en los casos más favorables), con la esclavitud que esto supone, por lo que se considera necesario idear un sistema que realice esta labor de forma automática.

Automatización del riego a pie con manejo de alta frecuencia.

En el caso que nos ocupa, se trata de fincas normales (de 1 a 4 ha) regadas con aguas de pozo, que están divididas en parcelas separadas por caballones longitudinales a distancias de unos 12 metros para poder efectuar el riego. El problema más común es que la longitud de las parcelas es demasiado grande (hasta 400 metros). Debido a la alta permeabilidad de estos suelos, el avance de la lámina de agua es muy lento, y el perfil humedecido a lo largo de la parcela muy desigual, por lo que la uniformidad de distribución del agua es deficiente y las eficiencias de riego bajas. Para paliar este problema se propone efectuar el riego en dos mitades y ajustar la anchura de caballones a la superficie que se haya obtenido en la fórmula anterior.

Para ello es necesario instalar una tubería del diámetro adecuado para transportar el caudal que disponga la finca, en sentido longitudinal y por un lado de la parcela hasta la mitad de su longitud. De aquí y en sentido transversal a lo ancho de la finca, colocar tubería rígida de PVC o tubería de plástico flexible, insertando en cada parcela el mecanismo que permita la apertura y cierre automático de paso de agua a cada una de ellas (Fig. 1).

Fig. 1. Situación de parcelas en la finca.



Se expone aquí el sistema superficial y portátil (figuras 2 y 3), por ser más barato de instalación, si bien el sistema definitivo consiste en colocar tubería rígida enterrada en sentido transversal de la finca, en lugar de tubería flexible en superficie, con "tes" y tubos verticales del mismo diámetro que sobresalgan un mínimo de 0,5 metros sobre el suelo, quedando la parte superior de los mismos al mismo nivel en las parcelas que se riegan con la misma tubería enterrada.

El sistema de apertura y cierre de válvulas cuando la tubería es enterrada no se muestra aquí, es más versátil y puede efectuar el riego automático de parcelas en el orden deseado. Es aplicable a las parcelas de riego de mayor superficie, e incluso eliminar acequias secundarias, con la consiguiente ventaja de evitar la limpieza de éstas y conseguir un mayor aprovechamiento del terreno.

Fig 2. Dispositivo automático en posición de no riego en su parcela.

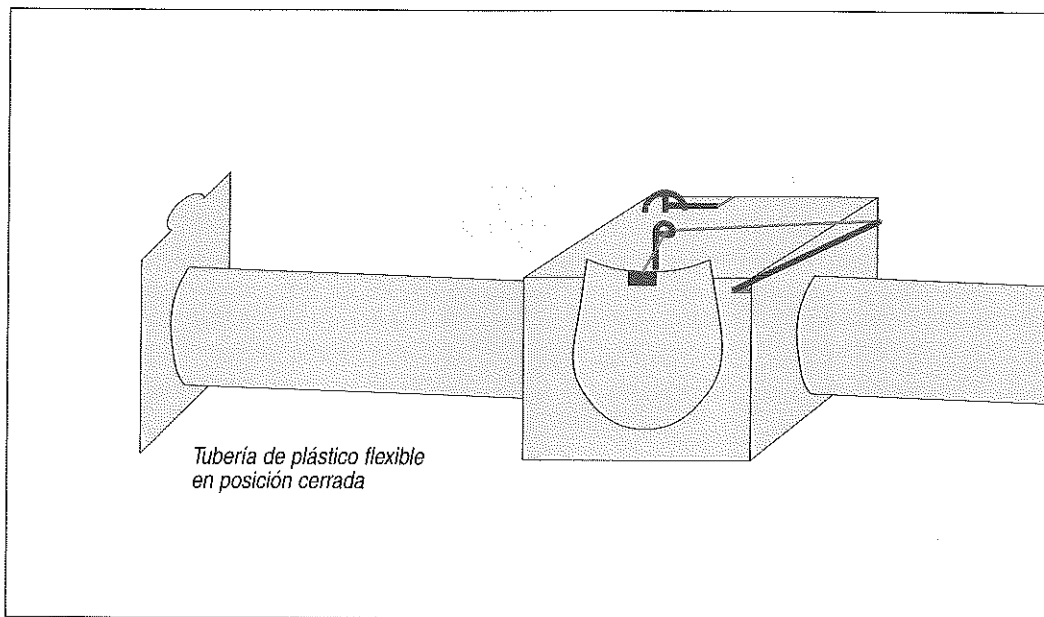
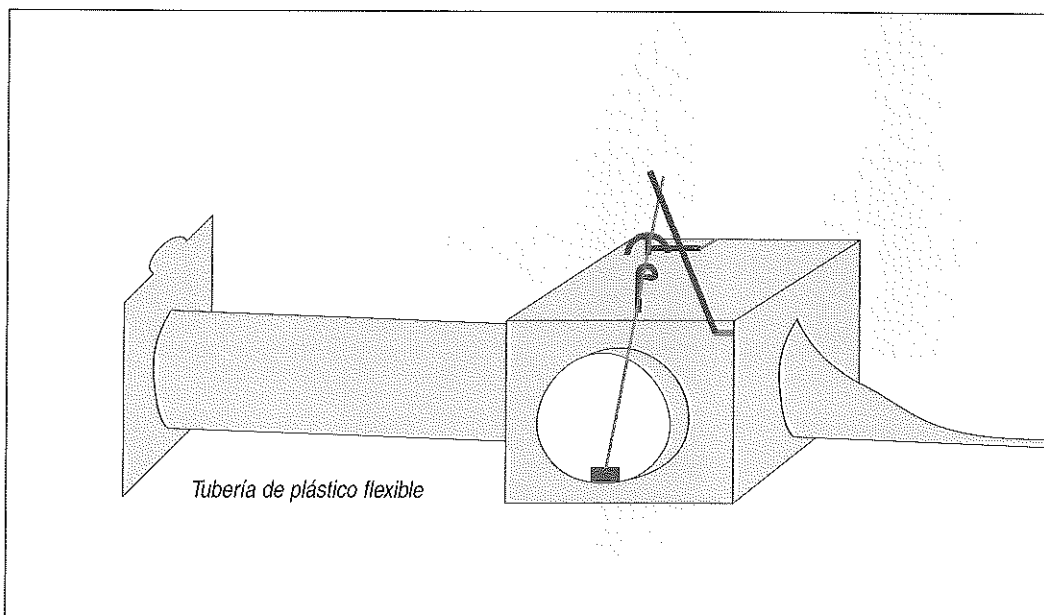


Fig 3. Dispositivo automático en posición de riego en su parcela.



Este dispositivo consiste en un recipiente de forma cúbica de material diverso, PVC, polipropileno, chapa de acero etc. (figuras 2 y 3), con tres salidas de un diámetro acorde con el caudal que debe transportar el riego. Las dos salidas que están en sentido longitudinal sirven para que pase el agua a las parcelas siguientes, y la salida lateral es la encargada de regar la parcela cuando baja el tubo flexible de plástico a la vez que se cierra la válvula de paso a la siguiente. Cuando se inicia el riego en la finca, el pestillo de cada dispositivo mantiene en posición horizontal las válvulas y elevados los tubos flexibles de salida de agua de cada parcela, excepto la que se está regando o las que se han regado ya. En la parte posterior del recipiente cúbico existe un depósito de 2 litros de capacidad que al llenarse dispara el pestillo, entonces gira la válvula hacia abajo a la posición vertical cerrando el paso del agua al recipiente siguiente, al mismo tiempo que abre la salida del agua que riega la propia parcela mediante la palanca que está unida al eje de giro de la válvula.

Para que este sistema funcione de forma automática, hay que saber de antemano los tiempos de riego de las respectivas parcelas, para dosificar el llenado del depósito en cada dispositivo. El cierre de cada válvula se puede hacer también con reloj dependiendo de la precisión que sea necesario en cada caso. Antes de iniciar cada riego hay que colocar todas las válvulas horizontales en posición de paso de agua a la última parcela.

Demostración de ahorro de agua y automatización del riego.

El día 8 de mayo de 1997 se llevó a cabo una demostración de este sistema en Villafranca del Campo (Teruel) con la ayuda del Especialista en suelos y riegos de Teruel Angel Borruy, el Monitor de Calamocha José Mula, el Agente Provincial de Teruel Carlos Barragán y el Agente de Cella David Mansilla, y la asistencia de 20 agricultores de la localidad.

Previamente se sacaron con nivel topográfico las cotas relativas de las parcelas en sentido longitudinal a intervalos de 30 metros. La pendiente media de los 170 primeros metros resultó del 24 por mil, la de los 205 metros restantes del 6 por mil y la pendiente media de los 375 metros del 14 por mil.

La demostración consistió en regar dos parcelas de 375 metros de largo, la 1 de 12 m. de ancho y la 4 de 14,6 m. En la primera se dividió el riego en dos partes en sentido transversal, la 1₁ de 170 m de largo y la 1₂ de 205 m, porque la tubería existente llega hasta los 170 metros. En la 4 se aplicó el riego de una vez a lo largo de los 375 metros.

Simultáneamente se midió con molinete y flotador la velocidad media del agua en la acequia principal, que resultó 0,52 m/s. Comprobado el calado de la acequia resultó una sección de 0,154 m² y por tanto un caudal de agua de 80 l/s. También se instalaron tres anillos de infiltración en la parcela 1₂ efectuándose las medidas de infiltración a partir del momento en que el frente de avance del agua de riego rodeaba la parte exterior de los anillos. En el tiempo que duró el riego no se llegó a estabilizar la infiltración en los anillos, si bien se estimó que la permeabilidad estabilizada era superior a los 40 mm/h en esa finca.

El tiempo de riego de la parcela 1 fue de 130 minutos (40+90), y el de la parcela 4 de 240 minutos (tabla III).

Tabla III. Resultados de la evaluación de riego a pie en dos parcelas de una finca de D. Angel Bujeda en Villafranca del Campo (Teruel) realizada el 8-5-95.								
Parcela (n.º)	Largo (m)	Ancho (m)	S (m ²)	Q (l/s)	I (‰)	K (mm/h)	T (minutos)	Dosis (mm)
1 ₁	170	12,0	2.040	80	24	>40	40	94
1 ₂	205	12,0	2.460	80	6	>40	90	176
4	375	14,6	5.475	80	14	>40	240	210

Como puede apreciarse en los datos obtenidos, la cantidad de agua de riego aportada a la parcela 1 (1₁ + 1₂) ha sido:

$$130 \text{ minutos} \times 60 \text{ segundos/minuto} \times 80 \text{ l/s} = 604.000 \text{ litros,}$$

que repartidos en los 4.500 m² de toda la parcela suponen

$$138,6 \text{ l/m}^2 = 138,6 \text{ mm} = 1.386 \text{ m}^3/\text{ha}$$

La cantidad de agua de riego aportada a la parcela 4 ha sido:

$$240 \text{ minutos} \times 60 \text{ segundos/minuto} \times 80 \text{ l/s} = 1.152.000 \text{ litros,}$$

que repartidos en los 5.475 m² de la parcela suponen

$$210,4 \text{ l/m}^2 = 210,4 \text{ mm} = 2.104 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Por el hecho de aplicar el riego dividiendo cada parcela en dos, se ha conseguido un ahorro de agua de 71,8 mm, a pesar de que la división de la parcela **1** no es la idónea, al tener una infraestructura desequilibrada en pendientes y longitud de tubería.

Aún así, el ahorro de energía en cada una de estas parcelas se puede estimar en más de hora y media, que a 13 litros de gasóleo/hora, según datos del propio agricultor, suponen unos 20 litros de combustible por parcela, que a 50 ptas/l representan unas 1000 ptas/riego y parcela de aproximadamente 0,5 ha.



Foto 2. Enlace de tubería flexible a tajadera convencional.

Con lo anteriormente expuesto, se puede aventurar sin temor a equivocarse, que diseñando bien las parcelas de riego, con las dimensiones adecuadas, y la pendiente que corresponda según la permeabilidad de los suelos, se puede ahorrar en los regadíos del Jiloca desde 5.000 hasta 25.000 ptas/ha y año, dependiendo de los cultivos.

Agradecimientos.

A José Faci y Enrique Playán por la información del estado de la técnica actual. A Luis Vicen, Manolo Royo, Mariano Canales, Enrique Gaudó y Alejandro Ardevines por las facilidades y ayuda prestada en la construcción del dispositivo y la demostración realizada en el S.I.A.

Agradezco especialmente a José Mula y al agricultor Angel Bujeda la ayuda en la realización de la evaluación del riego en la finca.

Información elaborada por:

Angel Bercero Bercero Especialista Regional de Suelos y Riegos.
Centro de Técnicas Agrarias. D.G.A. Montañana.
Fotografías **Angel Bercero Bercero**

Se autoriza la reproducción íntegra de esta publicación, mencionando su origen:
Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura y Medio Ambiente de la D.G.A.

Para más información, puede consultar al CENTRO DE TÉCNICAS AGRARIAS:
Apartado de Correos 617 • 50080 Zaragoza • Teléfono 976 57 63 11, ext. 256.

■ **Edita:** Diputación General de Aragón. Dirección General de Tecnología Agraria. Servicio de Formación y Extensión Agraria. ■ **Composición:** Centro de Técnicas Agrarias. ■ **Imprime:** Los Sitios, talleres gráficos. ■ **Depósito Legal:** Z-3094/96. ■ **I.S.S.N.:** 1137/1730.

 **GOBIERNO DE ARAGON**
Departamento de Agricultura y Medio Ambiente