Desarrollo de equipo automatizado para la toma de datos en redes de riego a presión

MARTÍNEZ LÓPEZ, J. (*); J. RECA CARDEÑA, (*); R. LÓPEZ LUQUE (**); J. L. CALLEJÓN BAENA (***)

RESUMEN La validación de los modelos de simulación hidráulica y de caracterización de la demanda en redes de distribución de agua a presión exige la medida de las variables hidráulicas más significativas (caudal y presión) en diferentes puntos de las mismas. Para la monitorización del funcionamiento de una red lo ideal es un equipo de almacenamiento de datos centralizado con una transmisión de éstos vía cable, radio o teléfono. Como la mayor parte de las redes de distribución de agua en funcionamiento no disponen de estos equipos, en este trabajo se desarrolla un equipo de medida automático, autónomo y de bajo coste, que permite el registro continuo de los datos necesarios para la calibración de dichos modelos y proporciona datos de gran interés para el gestor de la comunidad de regantes, los propios usuarios de la misma y el proyectista de redes de distribución de agua similares.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED STAND-ALONE EQUIPMENT FOR THE PRESSURIZED IRRIGATION NETWORKS MONITORING

ABSTRACT *The calibration of the hydraulic simulation models and the assessing of the demand in pressurised water distribution networks require the measure of the most significant hydraulic variables (flow and pressure) in different points of the network. The best solution for the network monitoring should be a centralised data acquisition and storage system via cable, radio or telephone transmission of data. Nevertheless, as most of the water distribution networks in operation don't have these measuring facilities, in this work an low cost, automatic, autonomous measuring equipment is developed in order to register the necessary data for the calibration of these models. It provides data of great interest for the user, managers and planners of these types of irrigation networks.*

Palabras clave: Redes de distribución de agua; Adquisición automática de datos y Gestión.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El sector hortícola almeriense, motor clave de su economía, depende de la disponibilidad de agua suficiente en cantidad y calidad. Existe un déficit estructural del recurso que se compensa con una preocupante sobreexplotación de los acuíferos. Como los esfuerzos realizados hasta el momento no han resuelto el problema, parece necesario adoptar una serie de medidas urgentes que aseguren la sostenibilidad de los regadios más productivos de la provincia (Reca *y col,* 1999a).

Las medidas más inmediatas y racionales son las dirigidas a incentivar el uso eficiente de los recursos disponibles con el objetivo de disminuir el consumo. Dentro de este grupo de medidas se encuentra la mejora de las redes de distribución de agua a los diferentes usuarios. Actualmente se está procediendo a la sustitución progresiva de redes de distribución de agua mediante acequias por redes de tuberías a presión, con menores pérdidas, que permiten un suministro de agua a la demanda y se adaptan mejor a los modernos sistemas de riego a presión utilizados en parcela.

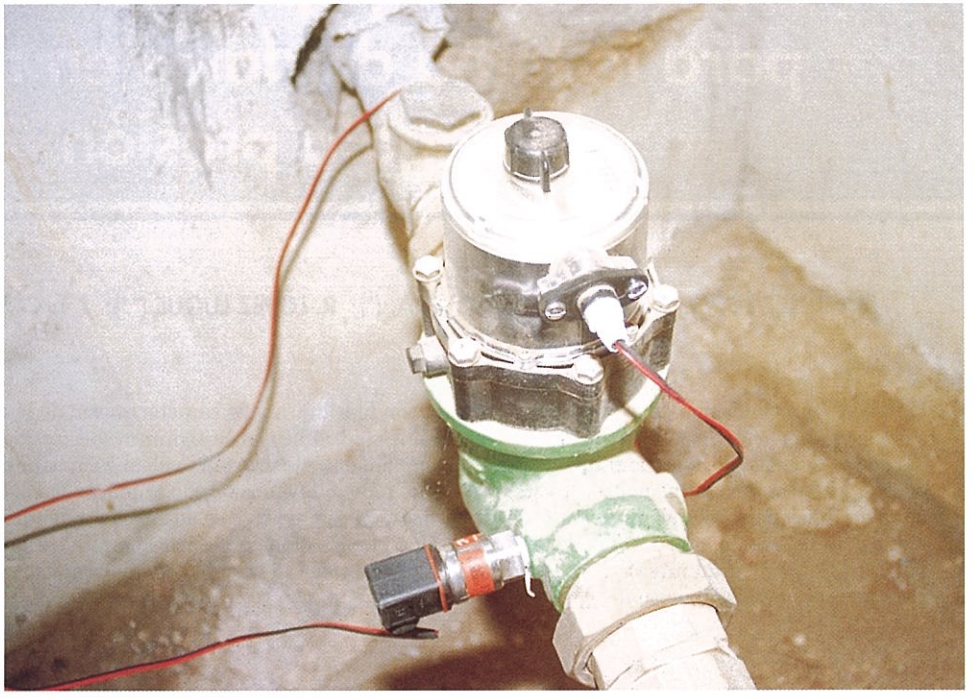
A pesar de las ventajas que aportan estas nuevas redes de distribución de agua, se están produciendo problemas en las fases de proyecto y gestión de las mismas derivados del desconocimiento de los caudales demandados en las condiciones reales de funcionamiento. Estos caudales van a depender de múltiples factores relacionados con el cultivo, suelo, clima y sistema de riego, además de las costumbres y hábitos particulares de los usuarios de la red. Además, como los caudales demandados en estas redes de distribución de agua son variables, es necesario recurrir a métodos estadísticos que consideren la probabilidad de simultaneidad en la aplicación de los riegos.

Las deficiencias en el suministro de agua son especialmente críticas en los cultivos hortícolas intensivos de Almería, debido a sus características particulares. Estos cultivos, de gran valor económico, se desarrollan en suelos o sustratos con escasa capacidad de retención de agua. Este hecho obliga a realizar riegos muy frecuentes y de baja dosis, que se aplican mediante sistemas de goteo. La interrupción en el

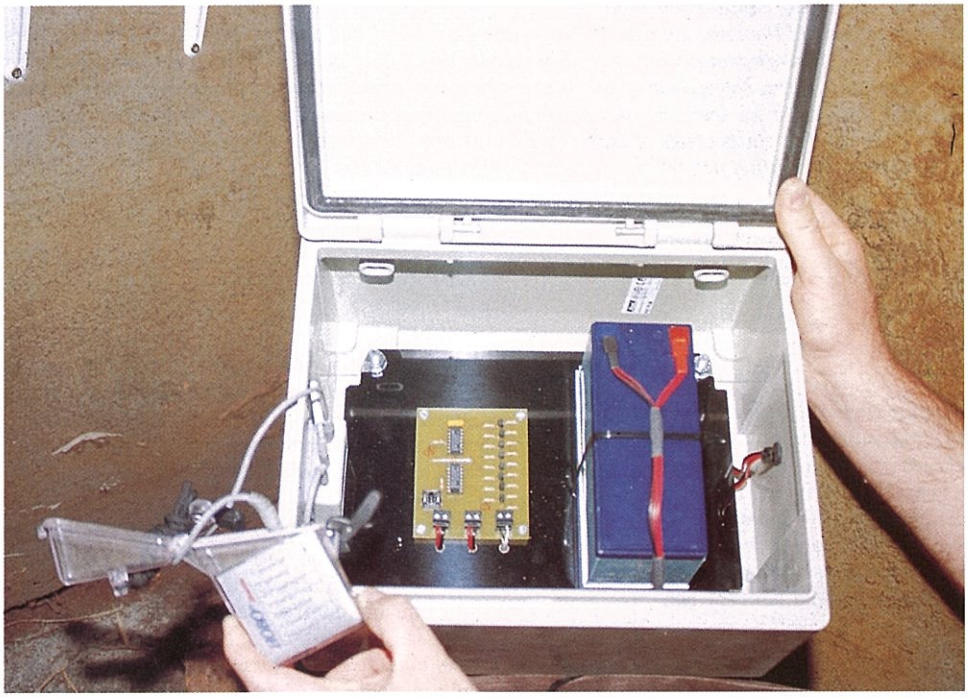
(*) Dr. Ingeniero Agrónomo. Profesor de Ingeniería Hidráulica. Departamento de Ingeniería Rural. Universidad de Almería.

(**) Dr. Ingeniero Agrónomo. Profesor Titular del Física. Departamento de Física. Universidad de Córdoba.

(***) Dr. Ingeniero Naval. Profesor Titular de Mecánica de Fluidos. Departamento de Ingeniería Rural. Universidad de Almería.



Hidrante con válvula volumétrica y transductor de presión.



Recogida de datos del equipo automático de registro.

suministro de agua durante un corto período de tiempo en dichos sistemas puede suponer una importante pérdida de producción y de dinero.

Debido a la falta de datos empíricos respecto al comportamiento de la demanda del regante, las redes diseñadas hasta el momento han utilizado valores de parámetros estadísticos que no se ajustan a las condiciones reales de demanda de los riegos por goteo de invernadero. El resultado ha sido que en las redes actualmente en funcionamiento no se han adaptado a las exigencias de los usuarios apareciendo problemas en la gestión y motivando continuas modificaciones en las mismas. Así, ha sido frecuente la sustitución de tuberías en diversas partes de la red o la introducción de nuevos depósitos de regulación para compensar zonas con presiones inferiores a las de servicio. Esto ha acarreado un encarecimiento de los costes de inversión y explotación de los sistemas, así como una deficiente calidad de servicio al usuario.

Para establecer criterios de proyecto y de gestión racionales en estas nuevas redes de distribución de agua a presión y a la demanda es necesario conocer los caudales demandados en las mismas, utilizando parámetros de diseño estadísticos debidamente contrastados a las exigencias reales de los sistemas de riego que alimentan. Por este motivo, Martínez *y col* (1999) realizaron una encuesta en campo para caracterizar las pautas de programación y gestión de riego de los agricultores en cultivos de invernadero. Con los datos obtenidos, Reca *y col* (1999b) desarrollaron un modelo de caracterización de la demanda y estimación de los caudales circulantes en redes de distribución de agua a presión, ramificadas y a la demanda para sistemas de cultivos intensivos. Éste tiene en cuenta la distribución horaria de las operaciones de riego, las necesidades de riego de los cultivos a lo largo de la campaña, la estructura de las explotaciones (tamaño y número de sectores) y las características de los sistemas de riego. El modelo presentado está adaptado a las condiciones de trabajo de las redes en el sudeste español y supone una importante mejora sobre el método clásico de diseño, propuesto por Clément, (1966), que considera una probabilidad de riego uniforme a lo largo del día y a lo largo de la campaña de riegos.

La validación de este modelo tiene que realizarse mediante la medida en campo de las magnitudes hidráulicas (caudal y presión), en diversos puntos de la red en estudio. Esta toma de datos servirá igualmente para la calibración de un modelo de simulación hidráulica de dicha red. La inexistencia en la zona en estudio de un sistema de control propio de la comunidad de regantes obliga a la búsqueda de otro sistema alternativo. El objetivo de este trabajo es desarrollar un nuevo sistema autónomo de adquisición de datos, de bajo coste, para la medida de magnitudes hidráulicas y su registro continuo en redes de riego, adaptado a las condiciones particulares de la red de riego en estudio. Este equipo constituirá una herramienta de utilidad para la medida de magnitudes hidráulicas en redes de riego que no estén automatizadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del trabajo se ha seleccionado la Comunidad de regantes *"Sol-Poniente"*, representativa de los sistemas que se pretenden analizar, y que dispone en la actualidad de una red de riego a presión y a la demanda en funcionamiento sobre la que se pueden realizar las medidas. Esta comunidad, con un total de 1466 socios, gestiona el agua de riego en una superficie de invernaderos de 1520 ha, en el poniente almeriense (Caja Rural de Almería, 1997). La red de riego es mixta y tiene una totalidad de 412 hidrantes, cada hidrante presenta varias salidas que alimentan a diferentes usuarios. La comunidad recibe agua del embalse de Beninar, de pozos cedidos por el IARA y de pozos particulares.

El diseño experimental propuesto consiste en la toma de datos en una subred de riego ramificada perteneciente a la red principal y representativa del conjunto. En esta red experimental, se van a realizar medidas simultáneas de presión en cada hidrante y del caudal demandado en cada una de las salidas que lo forman, para la calibración de los modelos anteriormente mencionados. Las medidas se tomarán de forma continua con un intervalo entre lecturas reducido y durante los meses más representativos de la campaña de riegos. El esquema de la red experimental se muestra en la figura 1.

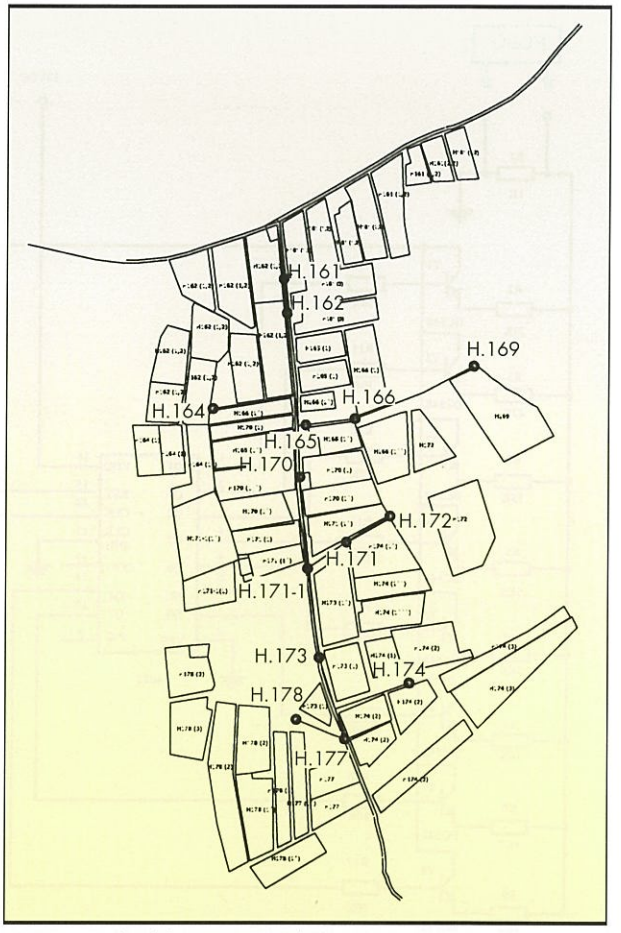


FIGURA 1. Subred de riego en estudio.

Se van a monitorizar 14 hidrantes que poseen un total de 21 salidas. Cada salida presenta una válvula volumétricas tipo Woltman de la casa Bermad, serie 900, dotada de emisor de pulsos de contacto en seco, con una frecuencia de un pulso cada mil litros. Estas válvulas se van a aprovechar para la medida de los caudales derivados en cada salida contabilizando los pulsos emitidos a lo largo del tiempo. El elevado coste de la centralización de la recogida de datos mediante sistemas de comunicaciones vía cable, teléfono o radio ha motivado el desarrollo de un sistema autónomo de medida y registro de datos, adaptado a las condiciones particulares de la red en estudio.

Se pretende diseñar un equipo autónomo de adquisición de datos para cada hidrante de la red (14 puntos de lectura). Las entradas de datos que hay que registrar son las siguientes:

- Una lectura de la presión por cada hidrante.
- Una lectura de caudal por cada salida (1-3 salidas/hidrante).

Este equipo de medida una vez diseñado, calibrado en condiciones de laboratorio, fabricado y montado, se instalará en campo para el registro de dichos datos. Estos van a permitir validar el modelo de simulación anteriormente mencionado.

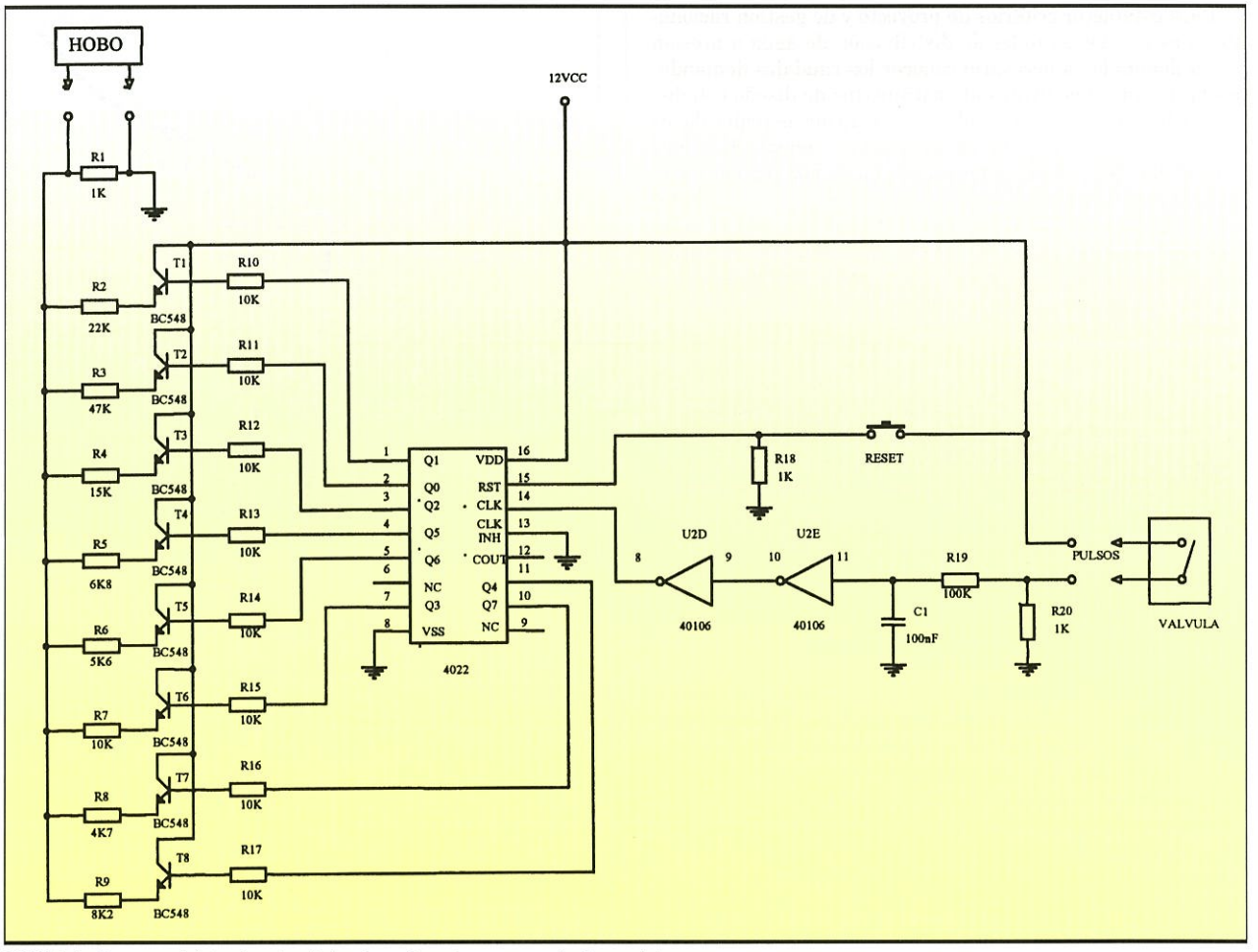


FIGURA 2. Esquema del circuito electrónico de registro de una entrada de caudal.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El equipo de adquisición de datos desarrollado consta básicamente de los siguientes elementos:

- Registrador de datos (Data Logger) de la serie HOBO, modelo H8-008-04, de la casa ONSET.
- Transductor de presión 0/10 bares, salida 4-20 mA, de la casa Danfoss.
- Válvula volumétrica, de 2", de la casa Bermad, serie 900.
- Circuito electrónico contador de pulsos y conversor digital-analógico para registro de los caudales diseñado por el equipo investigador.
- Batería de 12 V, 7 Ah para alimentación del equipo.

El registro de los datos se realiza mediante un data logger de bajo coste, que presenta cuatro canales externos para el almacenamiento de señales analógicas mediante la utilización de sensores externos de temperatura, corriente alterna, voltaje (0-2,5 V) o intensidad (4-20mA). Presenta capacidad para registrar 32.520 datos, una batería propia de un año de duración y está preparado para trabajar a intemperie. La programación de estos Data Logger y la lectura de los datos almacenados se realiza con un ordenador personal, mediante el uso de un cable conectado al puerto serie de éste y un programa específico (BoxCar Pro). También existe la posibilidad de utilizar el transportador de datos intermedio (HOB0 Shuttle). Este último, debido a su pequeño tamaño, permite la recogida de datos y su posterior volcado al ordenador de una forma cómoda y rápida. También chequea la batería del data logger, sincroniza su reloj y lo lanza de nuevo para que siga registrando datos.

La medida de presión se realiza mediante un transductor de presión de 0-10 Bares de la casa DANFOSS, con una precisión del 1%. Éste proporciona una señal analógica con salida de 4-20 mA y necesita una fuente de alimentación de entre 10 y 30 v.

La lectura del caudal se va a realizar aprovechando las válvulas volumétricas tipo Woltman de la casa Bermad, serie 900 dotadas de emisor de pulsos y que se encuentran instaladas en cada una de las salidas de riego que forman el hidrante. El emisor de pulsos de estas válvulas es simplemente un interruptor que permanece cerrado un corto periodo de tiempo cada vez que circulan mil litros de agua por el contador, emitiendo por tanto una señal digital.

Para registrar estos pulsos a lo largo del tiempo y poder calcular posteriormente los caudales de agua derivados en las salidas de riego ha sido necesario el desarrollo de un circuito electrónico capaz de contar los pulsos y de convertir la

señal digital del emisor en analógica para que pueda ser registrada por el data logger. El elemento fundamental del mismo es el circuito integrado HCF 4022B (SGS-ATES, 1978), que es un contador de pulsos, con una capacidad máxima de 8 pulsos. Este presenta diferentes patillas que se activan y desactivan secuencialmente en función del número de pulsos recibidos. Una batería de resistencias de diferente tamaño por las que circula la corriente eléctrica de forma aislada, en función de la patilla que se encuentre activada en el contador de pulsos, se encarga de transformar los pulsos digitales en una señal analógica de tensión o intensidad, según el diseño, proporcional al número de pulsos recibido. Esta tensión es la que almacena el data logger según la periodicidad de lecturas previamente programada. Para que los pulsos procedentes del caudalímetro sean regulares es necesario hacer pasar esta señal por un filtro constituido por dos resistencias, un condensador y dos inversores. Además el circuito presenta un pulsador que permite la puesta a cero del contador de pulsos.

La figura 2 muestra el esquema completo del circuito electrónico que permite el registro de una de las entradas de datos de caudal

La figura 3 muestra el diseño de la placa de circuito impreso, formada por los diferentes componentes y las pistas de conexión.

La fuente de alimentación de este circuito electrónico y del transductor de presión es una batería recargable de plomo, que proporciona una tensión en corriente continua de 12 voltios y tiene una capacidad de 7 Ah, lo que le confiere, si se tiene en cuenta en consumo de los anteriores dispositivos, una elevada autonomía.

El data logger almacena la fecha y hora de cada lectura, datos de intensidad de corriente, correspondientes a la salida del transductor de presión y datos de voltaje correspondientes al circuito electrónico contador de pulsos. La relación lineal existente entre la salida eléctrica del transductor de presión y su rango de medida, permite fácilmente transformas los datos de intensidad de corriente almacenados en datos de presión. Análogamente los datos de tensión almacenados, indicativos del número de pulsos emitidos, y por tanto del volumen de agua aplicado, junto con el dato de tiempo permiten calcular el dato de caudal. Para convertir los datos de intensidad, voltaje y tiempo registrados en valores de presión y caudal, se ha elaborado un programa de ordenador, que realiza dichas operaciones de forma automática.

El equipo descrito se encuentra en la actualidad instalado en campo y almacenado datos. A modo de ejemplo en la gráfica de la figura 4 se muestra la evolución de la presión en un hidrante de la subred en estudio con una única salida, a lo largo de una semana.

En dicha gráfica se observa como la presión oscila apreciablemente a lo largo del período de toma de datos. El valor máximo de la altura de presión superó los 35 mca, mientras que los valores mínimos cayeron por debajo de los 10 mca en algunos momentos. Los valores mínimos de la presión en la toma coinciden con las operaciones de riego en dicha acometida. Esta presión es claramente insuficiente para el correcto funcionamiento de los sistemas de riego por goteo a los que abastece, los cuales requieren de una mayor presión en el hidrante. Esto justifica las reiteradas quejas de algunos usuarios de falta de presión en sus sistemas de riego. La caída brusca de presión observada se debe en gran medida a la existencia de un filtro de malla situado aguas arriba de la válvula volumétrica, en la que se encuentra instalado el transductor de presión. Este filtro, evidentemente infradi-

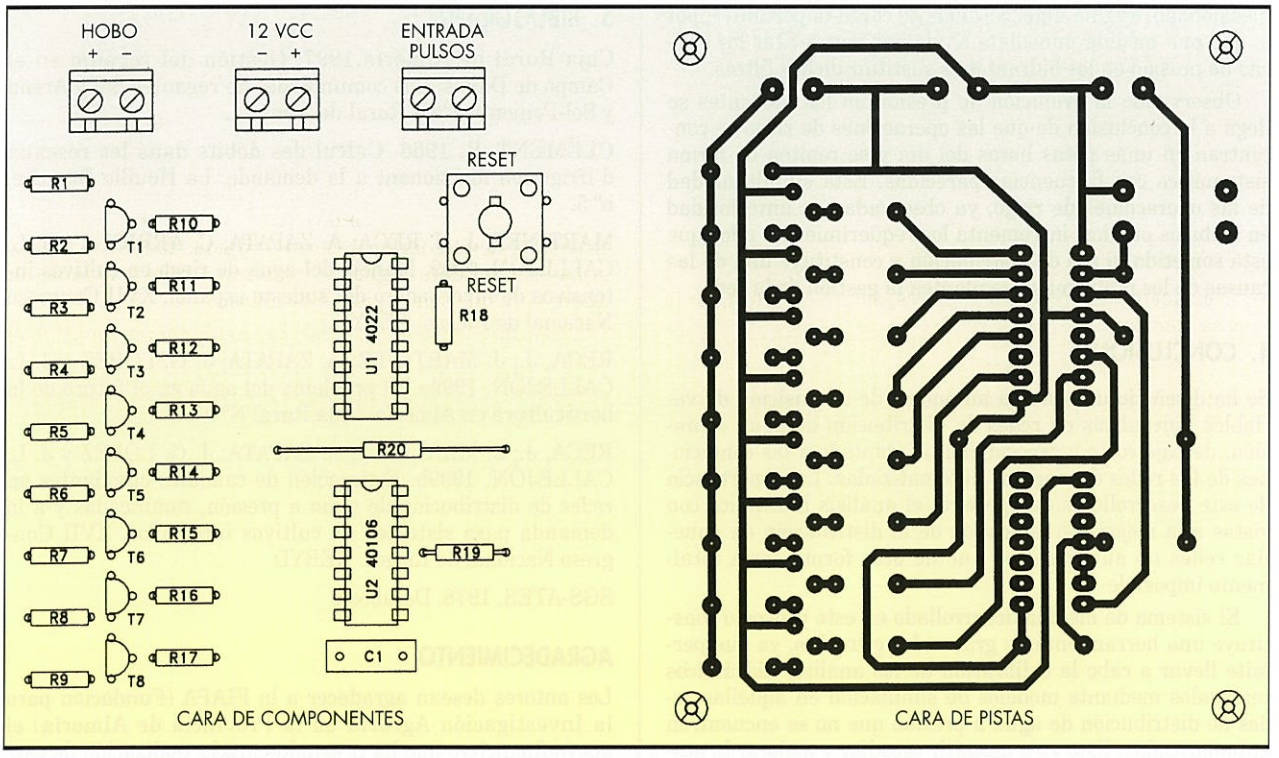


FIGURA 3. Diseño de la placa del circuito impreso para una entrada de caudal.

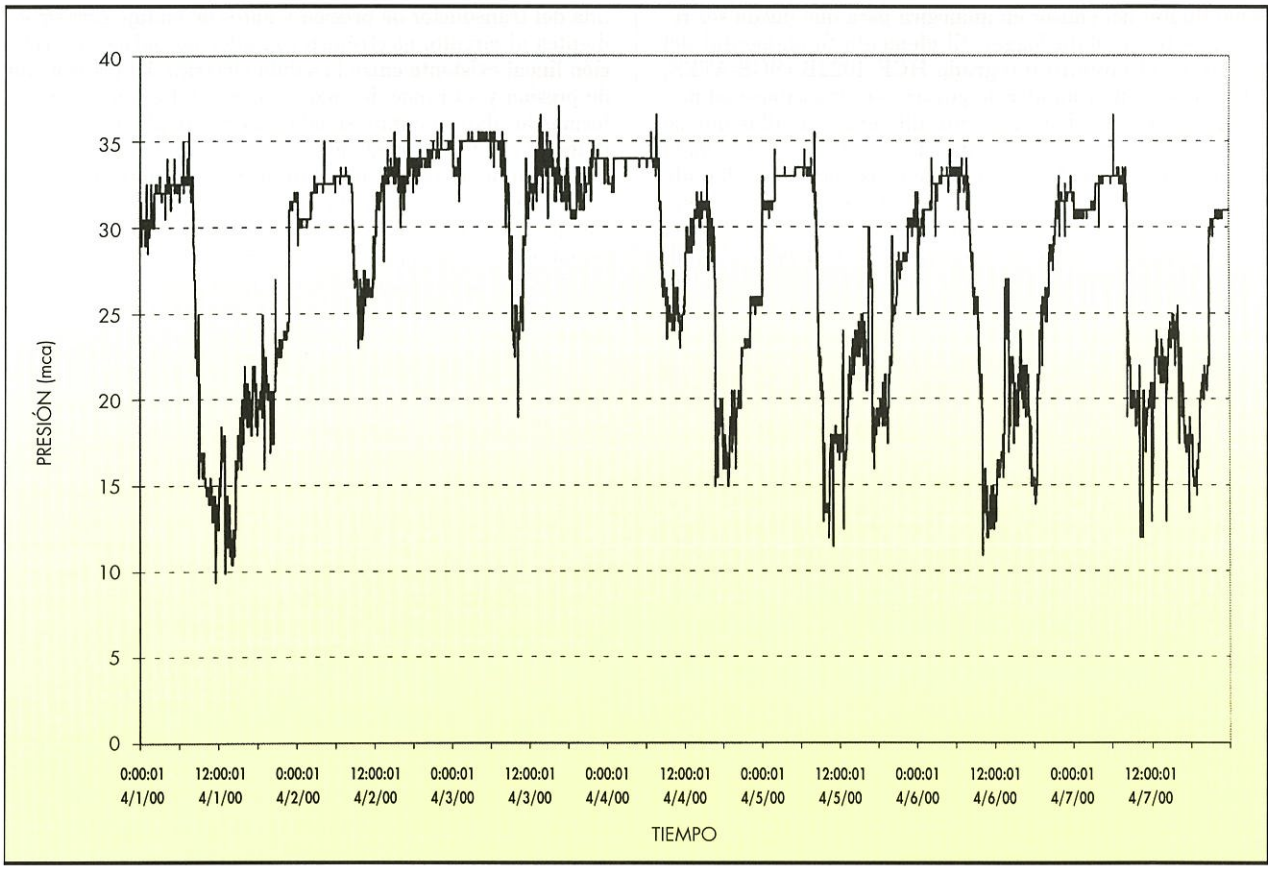


FIGURA 4. Presión en el hidrante H-177.

mensionado, origina unas pérdidas de carga importantes, por lo que una medida inmediata a adoptar para evitar los déficits de presión en los hidrantes es sustituir dichos filtros.

Observando la evolución de presión en los hidrantes se llega a la conclusión de que las operaciones de riego se concentran en unas pocas horas del día y se repiten de forma sistemática con frecuencias parecidas. Esta simultaneidad de las operaciones de riego, ya observada con anterioridad en trabajos previos, incrementa los requerimientos a los que está sometida la red de distribución y constituye una de las causas de los problemas que plantea la gestión de la red.

4. CONCLUSIONES

Se ha diseñado un sistema autónomo de adquisición de variables hidráulicas en redes de distribución de agua a presión, de bajo coste y especialmente adaptado a las condiciones de las redes de riego no automatizadas. La importancia de este desarrollo es que permite el análisis hidráulico con vistas a la mejora de la gestión de la distribución en aquellas redes no automatizas, que de otra forma sería totalmente imposible

El sistema de medida desarrollado en este proyecto constituye una herramienta de gran valor científico, ya que permite llevar a cabo la calibración de los análisis hidráulicos realizados mediante modelos de simulación en aquellas redes de distribución de agua a presión que no se encuentren automatizadas. Esto va a permitir estudiar y mejorar la gestión de la distribución en dichas redes.

5. BIBLIOGRAFÍA

Caja Rural de Almería.1997. Gestión del regadío en el Campo de Dalías: Las comunidades de regantes Sol y Arena y Sol-Poniente. Caja Rural de Almería.

CLÉMENT. R. 1966. Calcul des débits dans les réseaux d´irrigation fonctionant a la demande. La Houille Blanche, nº 5.

MARTÍNEZ, J.; J. RECA; A. ZAPATA; C. ARRIOLA y J. L. CALLEJÓN. 1999. Manejo del agua de riego en cultivos intensivos de invernadero del sudeste español. XVII Congreso Nacional de Riegos. AERYD.

RECA, J.; J. MARTÍNEZ; A. ZAPATA; J. G. LÓPEZ y J. L. CALLEJÓN. 1999a. El problema del agua en el futuro de la horticultura en Almería. Vida Rural Nº 97.

RECA, J.; J. MARTÍNEZ; A. ZAPATA; J. G. LÓPEZ y J. L. CALLEJÓN. 1999b. Estimación de caudales circulantes en redes de distribución de agua a presión, ramificadas y a la demanda para sistemas de cultivos intensivos. XVII Congreso Nacional de Riegos. AERYD

SGS-ATES, 1978. Databook

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer a la FIAPA (Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería) el apoyo financiero que ha prestado para la realización de este trabajo, en el marco del proyecto 97/D/149.