



WATER1 HDPE_1



Universidad
Politécnica
de Cartagena

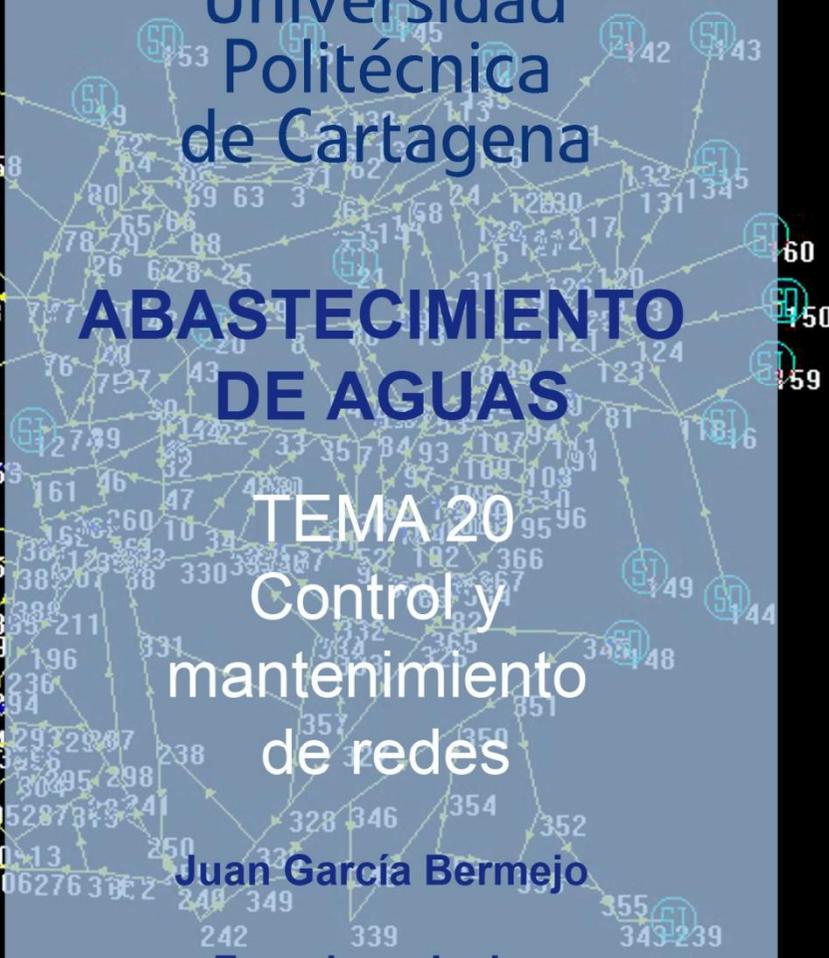
ABASTECIMIENTO DE AGUAS

TEMA 20

Control y
mantenimiento
de redes

Juan García Bermejo

Francisco Javier
Pérez de la Cruz





Capítulo 7. MANTENIMIENTO Y GESTIÓN

Tema 20. Control y mantenimiento de redes



INTRODUCCIÓN

Los objetivos que persigue el control de una red de abastecimiento son:

- Asegurar el suministro en todo momento (fiabilidad)
- Disminución de caudales no suministrados (fugas)
- Mantenimiento en perfecto estado
- Control de activos (valorar el estado de la red en todo momento)

Para ello, se cuenta con las siguientes herramientas:

- Telemando:
 - Gestión a distancia y conocimiento de la red en tiempo real
 - Registro de la información para planificación
- Sistemas y equipos para la detección y localización de fugas
 - Sectorización de redes (dividir para vencer)
 - Control y ajuste de presiones



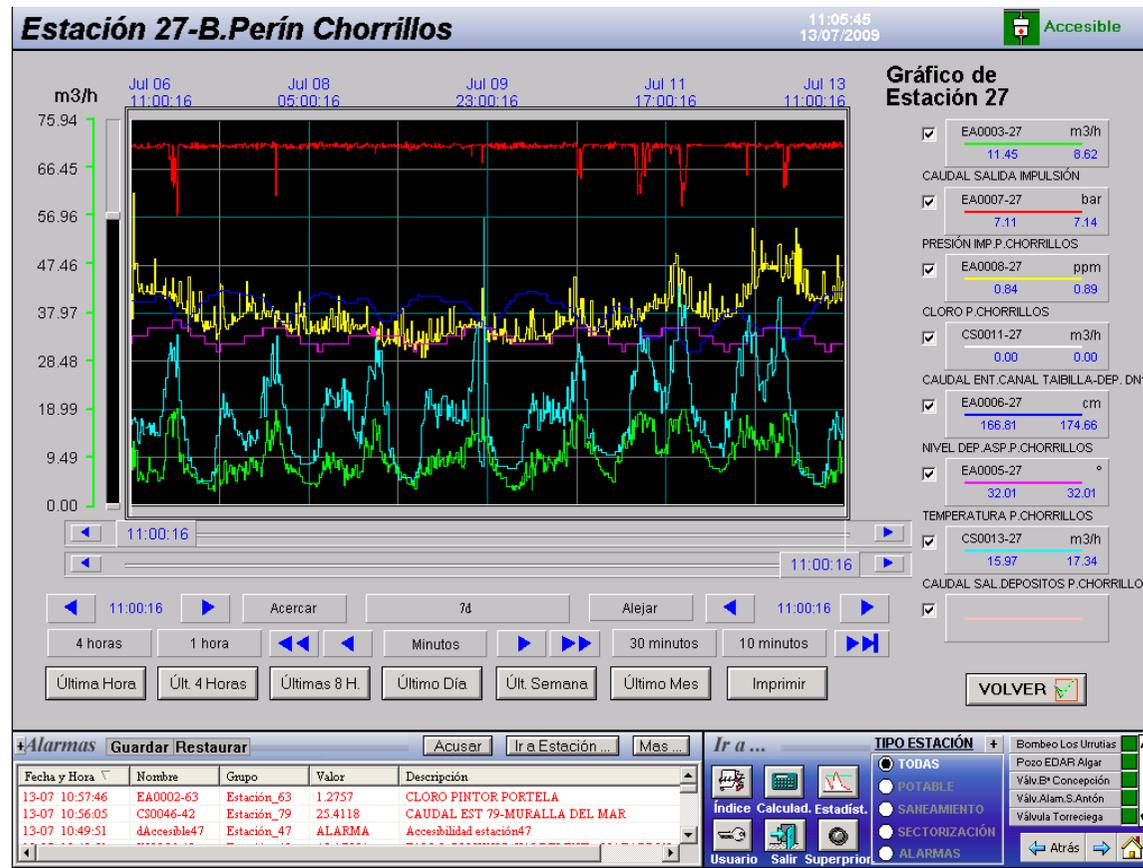
Capítulo 7. MANTENIMIENTO Y GESTIÓN

Tema 20. Control y mantenimiento de redes



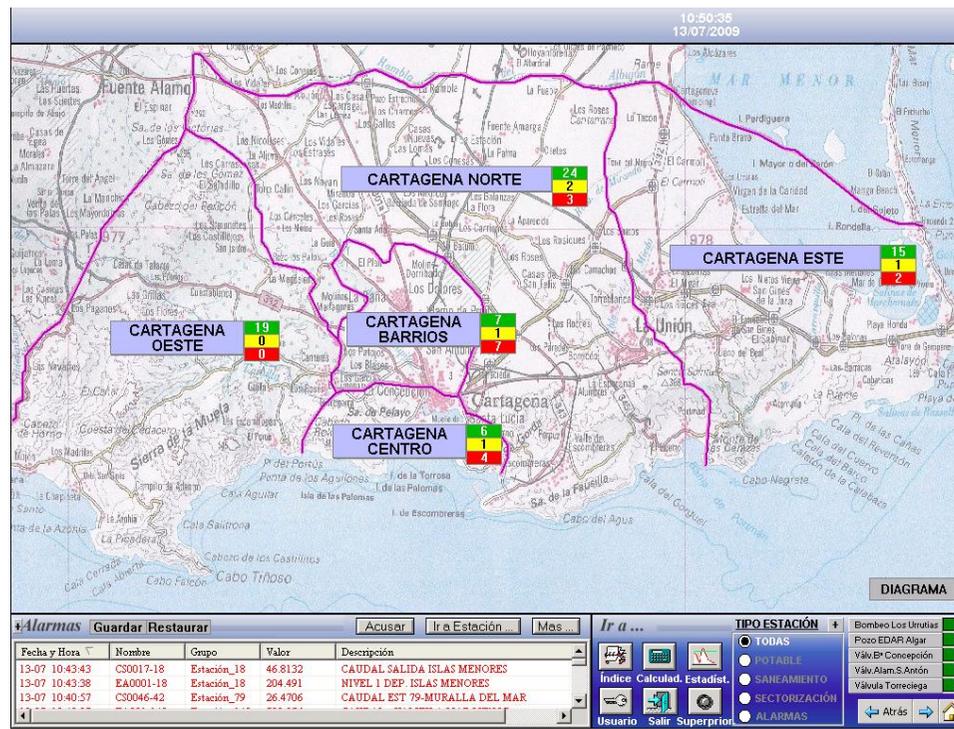
TELEMANDO

Permite visualizar diferentes parámetros referentes a la explotación en tiempo real.



El registro de la información del telemando permite tratar datos y obtener informes como, por ejemplo, detección de consumos elevados la noche anterior, implementar todo tipo de alarmas.

En el futuro, se avanzará en la actuación directa, sin supervisión, para determinadas acciones.



FUGAS EN UNA RED DE ABASTECIMIENTO

Una fuga es aquella cantidad de agua que se pierde en una red de distribución debido generalmente a roturas, mal acoplamiento de válvulas, etc.

Las fugas se pueden clasificar en tres grupos:

- 1) Roturas → Debidas a causas accidentales (fracturas de tuberías en obras, reventones, etc.). En este tipo de fugas suele perderse gran cantidad de agua en poco tiempo, pero son fácilmente detectables y su reparación es inmediata.
- 2) Fugas ocultas de mediano o gran caudal → Pérdidas que se producen en terrenos permeables que filtran el agua. La mayoría suele detectarse por las variaciones de presión, por el incremento de consumo o por el aumento de los caudales mínimos nocturnos. El tiempo de detección depende enormemente de la política activa de detección de fugas que adopte el abastecimiento.
- 3) Fugas de pequeño caudal → Se producen en las válvulas de regulación, acometidas, hidrantes, bocas de riego mal cerradas... Son de difícil detección ya que no provocan un cambio brusco en consumos o presiones, aunque con el paso del tiempo este hecho representa una gran cantidad de agua perdida.



Las fugas de agua en conducciones a presión presentan características que pueden indicar su presencia como:

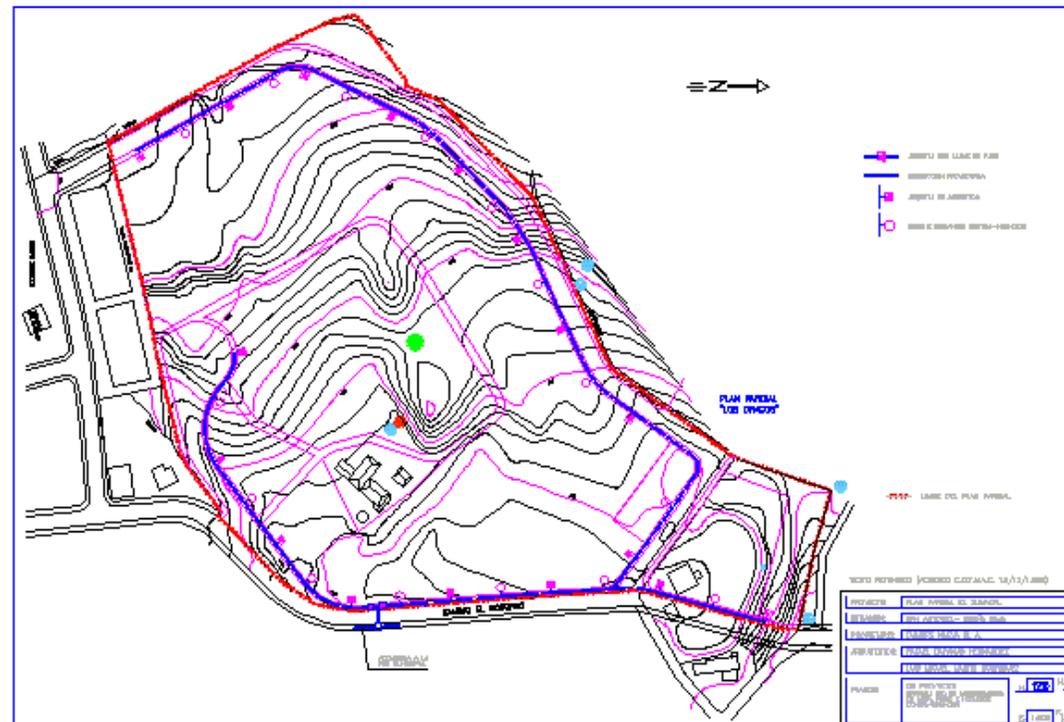
- 1) Humedad anormal en la vía pública o en lugares cercanos a la tubería, indicando que se pierde gran cantidad de agua a caudales altos.
- 2) Hundimiento del pavimento provocado por el reblandecimiento del terreno.
- 3) Quejas de los abonados por falta de presión en la red debido al elevado caudal de fugas.
- 4) Ruido generado por la despresurización del agua.
- 5) Incremento del caudal circulante por la red.

SISTEMAS DE DETECCIÓN

En la detección de fugas se pueden utilizar dos tipos de métodos:

- 1) *Indirectos*, basados en el análisis de consumos y presiones.
- 2) *Directos*, con la utilización de equipos de detección propiamente dichos

Red de abastecimiento urbano de aguas. Plan Parcial "El Zumacal". Breña Baja (La Palma)



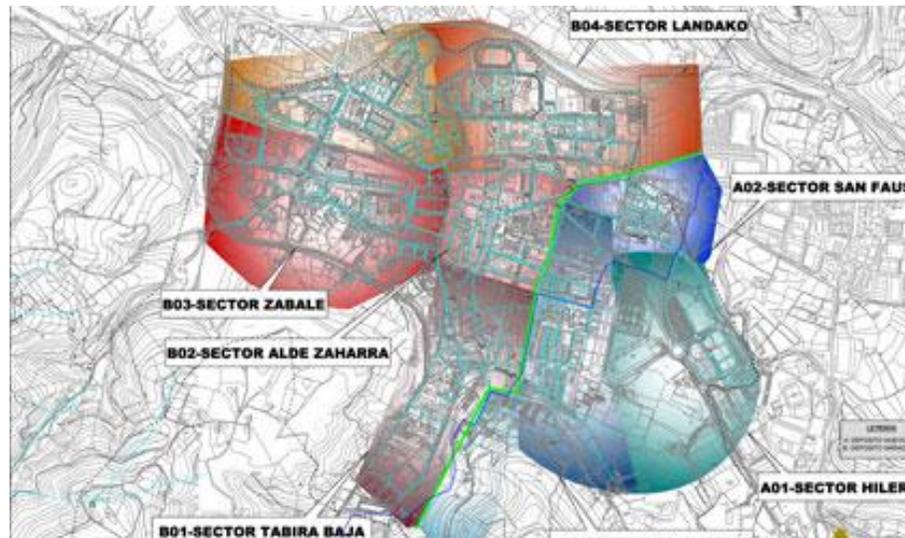
Métodos indirectos de detección

- 1) Sectorización → La sectorización consiste en subdividir la red en partes que, normalmente, son dependientes durante el día e independientes durante la noche, con el fin de prelocalizar el problema.

Para realizar el proceso de forma ágil se cuenta con válvulas motorizadas y telegestionadas, contadores bidireccionales, etc.

La medición de caudales nocturnos en sectores de dimensiones conocidas da una alarma fiable de donde existe una fuga.

*Proyecto de sectorización
de la red de agua potable de
Durango (Vizcaya)*

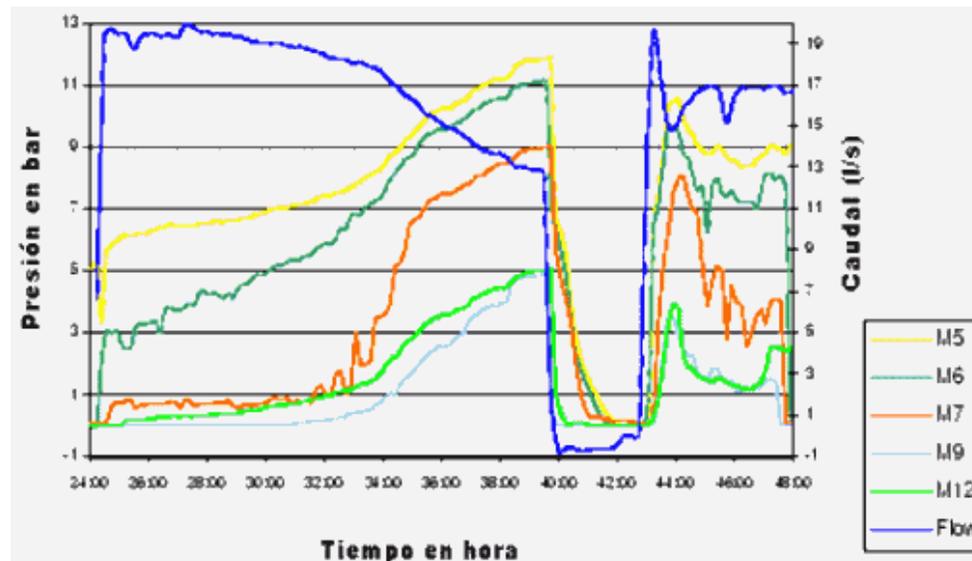


2) Análisis de presiones → El análisis de presiones es otro método para determinar la existencia de fugas.

Una discontinuidad importante de presiones en la red indica la aparición de roturas, aunque en redes malladas puede existir compensación de presiones que impida la detección de las mismas.

Del estudio de presiones de una red se concluye que no todas las horas del día requieren la misma presión, de ahí que un ajuste horario de presiones en la red puede ser de gran ayuda para limitar el volumen de agua perdido en fugas no localizadas.

*Simulación hidráulica
de un sistema urbano
de distribución de
agua con
funcionamiento
intermitente*



Métodos directos de detección

- 1) Registradores acústicos de sonido → Se componen básicamente de varios sensores con unidad de almacenamiento de datos en cada uno de ellos, y un software para la lectura de la información recibida y la programación de sensores y unidades de almacenamiento.

Los sensores reciben la señal transmitida por el ruido de fuga a través de la tubería (conducida por las propias paredes del tubo) o como onda de presión a través del agua.

Existen básicamente dos tipos de sensores

- a) *Acelerómetros* → Son aquellos que están en contacto con la tubería, generalmente a través de válvulas de cierre o bocas de riego, para lo cual llevan incorporado un imán para su mejor sujeción en las partes metálicas, lo que hace que sean los más utilizados por su fácil instalación.
- b) *Hidrófonos* → Están en contacto directo con el agua y, por esta razón, son más costosos de instalar. Se emplean cuando predominan los ruidos a bajas frecuencias, como por ejemplo en bajas presiones, conducciones de gran diámetro o en tuberías de material plástico.

EJEMPLO

REGISTRADORES ACÚSTICOS

DE SONIDO



*Acelerómetros
piezoeléctricos salida en
carga MMF KD*

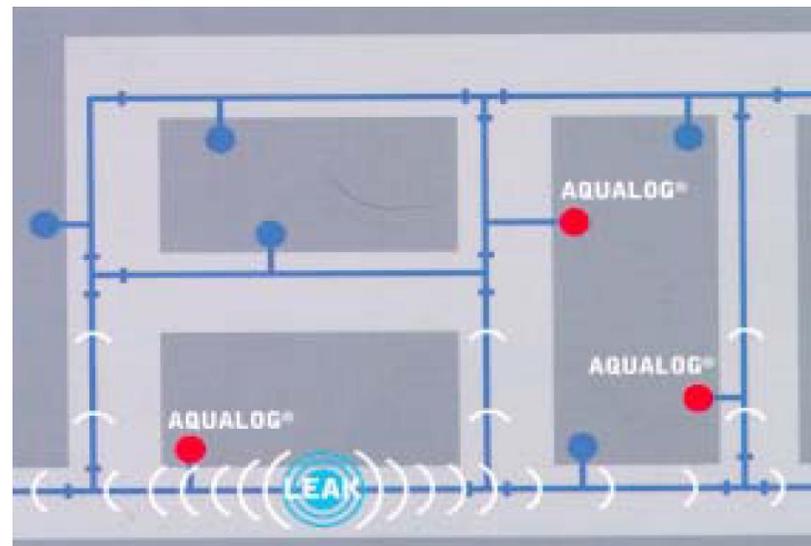


*Hidrófono TC4013
RESON*

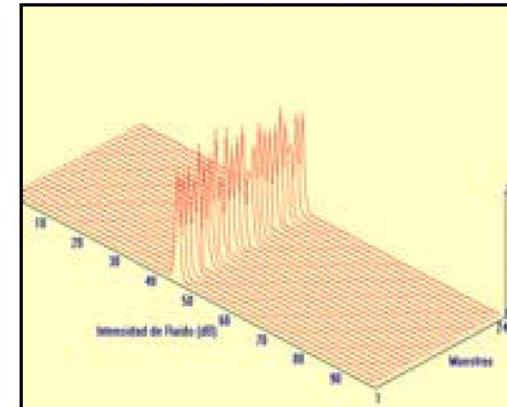
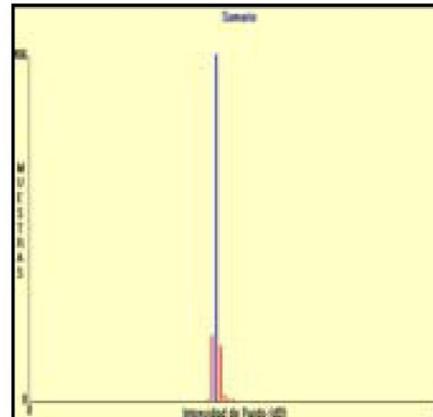
Los registradores se programan para que se activen durante la noche, cuando las presiones en la red son más altas y la interferencia por consumos y ruidos de fondo es mucho menor. Los datos se almacenan durante dos horas todas las noches.

La distancia de separación entre los sensores oscila entre decenas de metros (materiales plásticos) hasta cientos de metros (tuberías metálicas), en función de factores tales como la presión, diámetro, material y fundamentalmente puntos de acceso disponibles. Estas distancias aconsejables son mayores si se usan hidrófonos, en lugar de acelerómetros.

Distribución de los registradores en una zona de la red



Para la detección de una fuga se tiene como premisa principal la continuidad en el tiempo del nivel de ruido y la baja dispersión del mismo. Cuando se observan las gráficas en 3D, se pueden discriminar estos valores en el tiempo.



Por ejemplo, el gráfico adjunto muestra el patrón de ruido típico de una fuga, es decir un ruido constante durante las dos horas de registro. Para una mejor comprobación se podría realizar mediciones durante días sucesivos y verificar que dicho nivel de ruido no ha sido consecuencia de un consumo nocturno de cierta duración, como el llenado de un depósito, que no tendría continuidad en los diferentes días muestreados.

La utilización de registradores de ruido en la búsqueda de fugas mejora la eficiencia, ya que se optimiza el tiempo de uso de los equipos de localización. También reducen el trabajo nocturno y los recursos humanos necesarios, ya que se instalan de día y se programan para que trabajen durante la noche.

EJEMPLO

REGISTRADOR ACÚSTICO

Aqualog® 90



2) Sistema permanente de detección de fugas → En un principio los registradores acústicos de ruido fueron utilizados de manera puntual, unas veces con el objetivo de acotar la posición de una fuga determinada (prelocalizador), otras veces para descartar o confirmar la existencia de una fuga dentro de un área.

Los resultados obtenidos hicieron que las compañías de agua inmediatamente comenzarán a aplicar estos equipos de forma sistemática, mediante la instalación de registradores de ruido en cada una de las válvulas.

Estos registradores cuentan con un módulo de transmisión de radio, que cada 5 segundos trasmite la información sobre el estado en que se encuentra (fuga o no fuga). Cada registrador está alimentado por una batería interna con una vida aproximada de 10 años, lo que les otorga una gran autonomía.

El sistema se completa con un patrullador, que es la unidad receptora de los datos que transmite vía radio cada registrador.

Una vez analizados e interpretados los valores registrados, se envía a los equipos de localización a las zonas de interés, aumentando de este modo el rendimiento de los mismos, tanto en términos de fugas localizadas por km de red como en número de fugas localizadas por unidad de tiempo.

EJEMPLO

SISTEMA DE DETECCIÓN DE FUGAS

Permalog® plus

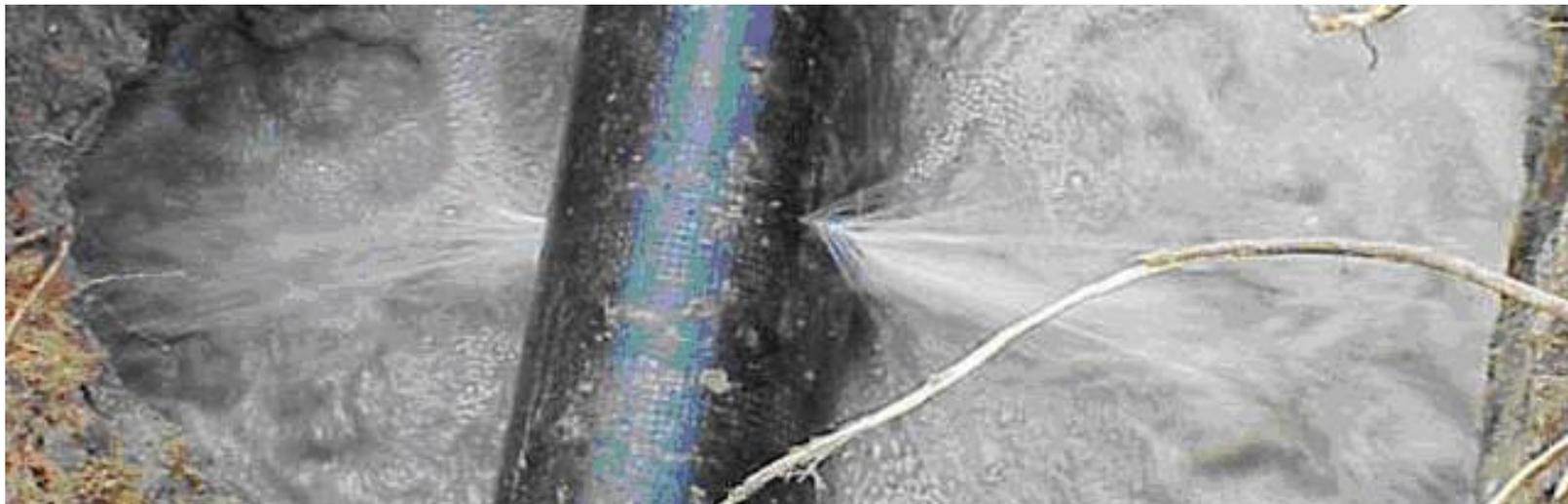


EQUIPOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE FUGAS

Los equipos y métodos comentados en el punto anterior tienen la labor de limitar la zona de búsqueda, mientras que los equipos de localización, que se van a describir a continuación, permiten identificar el lugar exacto de la fuga.

En la práctica, el uso de ambos tipos de equipos es complementario, ya que la prelocalización o detección ayuda a mejorar el rendimiento de la localización.

El rendimiento en la localización de un instrumento se determina por los metros escuchados por día.



Varillas de escucha

Las **varillas de escucha** son uno de los primeros instrumentos utilizados en la localización de fugas. Consiste en un tubo metálico hueco terminado en forma de campana que produce una reverberación del sonido en su interior indicando la presencia de fuga.

Es un instrumento de uso muy sencillo y de bajo coste, pero que requiere una gran experiencia por parte del técnico, de ahí que sea un sistema en desuso, ya que no garantiza la buena localización de la fuga y tiene una alta dependencia de las condiciones externas.

La **varilla de escucha electrónica** es una evolución respecto del equipo anterior y está constituida por un par de auriculares y una varilla electrónica que lleva acoplada en su interior un sensor piezoeléctrico, conectado a un amplificador con un sistema de filtros que aumentan la sensibilidad del instrumento.

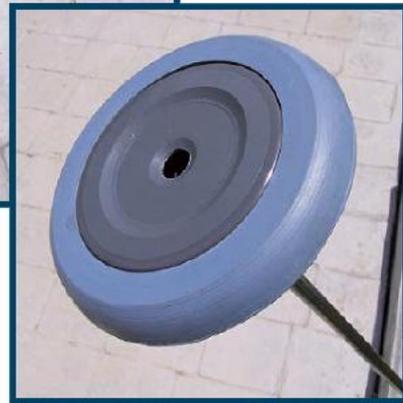
Están limitadas a puntos accesibles de la red (válvulas y acometidas), ya que su funcionamiento requiere contacto directo con la tubería. Además, el área de recepción acústica tiene un radio de 10-20 m alrededor del punto de escucha, por lo que para una correcta escucha de toda la red, ésta deberá tener puntos de acceso cercanos separados distancias de ese orden de magnitud

EJEMPLO

VARILLAS DE ESCUCHA



*Varilla
de
escucha*



*Varilla de escucha
electrónica*



Geófonos

El geófono es un instrumento compuesto por un módulo de control y amplificación, un micrófono de pie tipo campana, un par de auriculares y una varilla de contacto que la mayoría de casas comerciales ofrecen de forma opcional.

En el módulo de control se encuentran todos los mandos de funcionamiento e indicadores visuales con pantallas tipo LCD, analógica o LED, desde donde se ajustan los filtros en amplitud y frecuencia, de forma que se eliminen todos aquellos ruidos de fondo que perturban la escucha.

El método de trabajo consiste en identificar el ruido característico ampliado por el micrófono. En los modernos equipos actuales, no es necesario que el técnico realice la escucha propiamente dicha, simplemente ajustando los parámetros en el módulo de control, los indicadores visuales determinan la presencia de fuga con gráficas o indicando los niveles de ruido mínimo detectados.

Como ventajas importantes respecto a los anteriores equipos destacan la menor contaminación acústica que reciben, debido a la campana protectora que aísla del entorno, la capacidad del equipo para trabajar en lugares sin necesidad de tener un acceso o contacto directo con la red y la sensibilidad del micrófono.

Estos factores mejoran el rendimiento de este equipo medido en metros escuchados por día y la efectividad del operario, siendo en la actualidad un sistema muy difundido para la localización de fugas.

Entre los inconvenientes que se encuentran, destaca la dependencia con la profundidad de la tubería y con el tipo de terreno (un suelo compacto da mejores resultados ya que la campana del geófono se asienta mejor que en un suelo con hierba o pedregoso).



EJEMPLO

GEÓFONO HYDROLUX 5000

SebaKTM



Alcance del suministro (set):

- Unidad central de detección de fugas/amplificador 1
- Micrófono-campana para suelo (PAM W-1) 2
- Cable de conexión 3
- Auriculares 4
- Maletín 5
- Correa para el maletín 6
- Adaptador para trípode 7

Accesorios opcionales:

- PAM B-1 (micrófono sobre trípode) 8
- PAM-U (micrófono universal / varilla incluida) 9
- Extensión varilla VST T-1
- Adaptador magnético
- Mini trípode
- Adaptador para válvula AD S-42
- audífonos especiales KR3
- Módulo de radio PAL 430



Correlador

Este equipo está compuesto por una unidad central, una pareja de sensores (tipo acelerómetro o hidrófono), unos auriculares y un software para el tratamiento de datos.

La unidad central tiene funciones de amplificación, selección de filtros, control y tratamiento de datos. Los sensores captan la señal y los transmisores la envían a la unidad central donde se procesan los datos y visualizan los resultados.

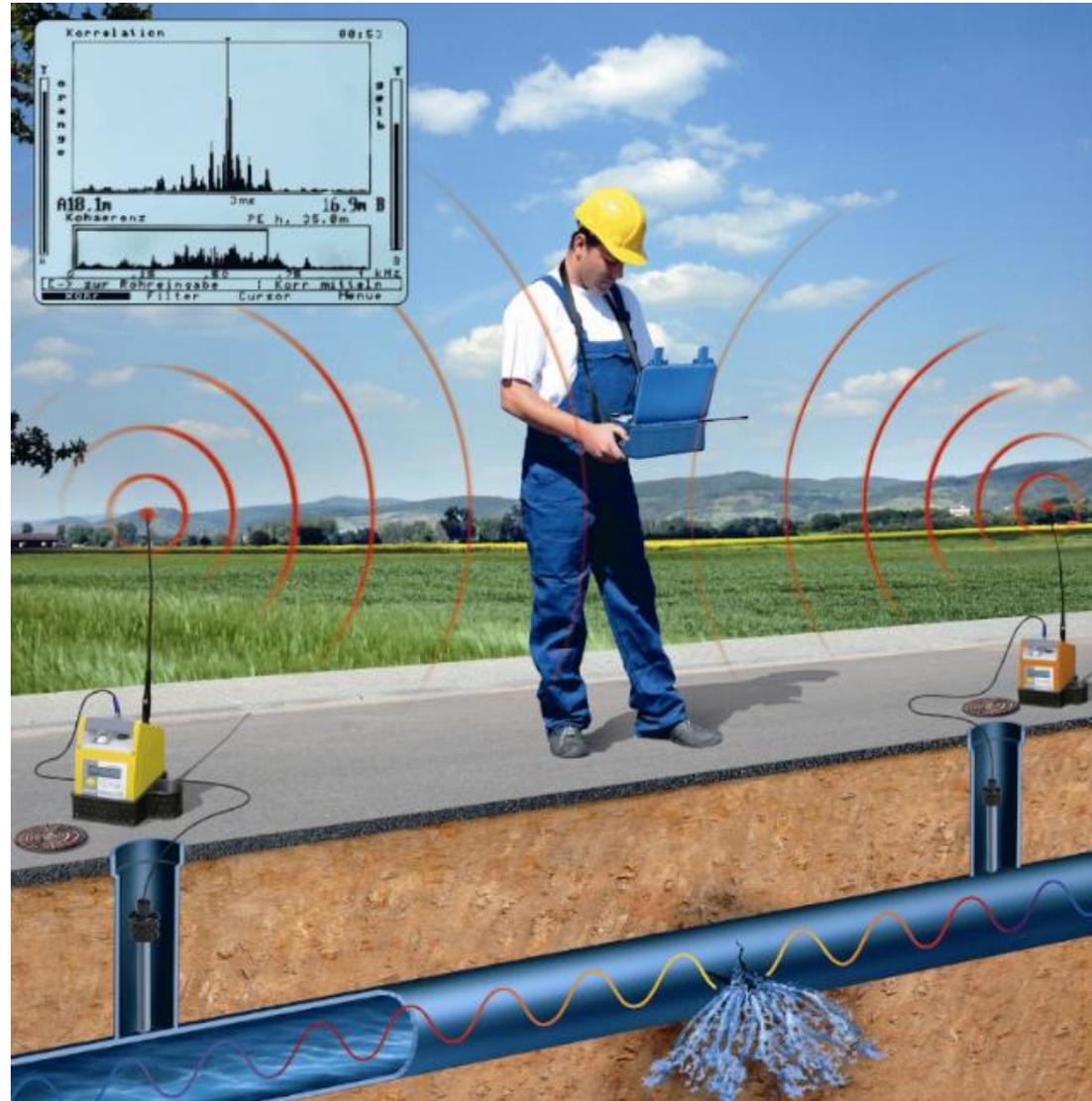
Mediante el tratamiento matemático de la señal a través de la Transformada de Fourier, se obtienen distintos tiempos de llegada a cada sensor del patrón de ruido procedente de la fuga. La diferencia de tiempos es lo que se denomina tiempo de retardo (TD), y es uno de los datos que visualiza la unidad central.

Una característica importante que incorporan algunos de estos equipos es el indicador del número de correlaciones que permite determinar la fiabilidad en la localización de la fuga, es decir, si se han realizado suficiente número de correlaciones para dar como válido el resultado obtenido.

Entre las ventajas más interesantes de estos equipos cabe decir que proporcionan una relación de m. escuchados/día del orden de 1.200-2.500.

Además, su funcionamiento no está condicionado por el tipo de terreno, ni la profundidad de la tubería, como en el caso de otros equipos.

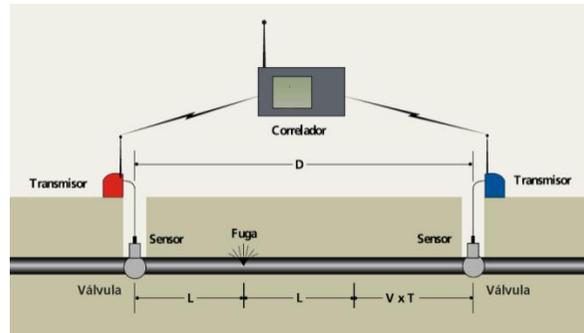
Los correladores de última generación pueden actuar como grabadores o reproductores de sonido digital. De esta forma, se puede contar con la opinión de otra persona o utilizar estas grabaciones como base para la instrucción de nuevos técnicos.



EJEMPLO

CORRELADOR EUREKA

Panatec



Otros equipos

Los equipos descritos hasta el momento, basados en la captación del ruido generado por la fuga, son los más utilizados por las compañías de agua en la búsqueda de fugas.

Pero, además, existen otros equipos de detección y localización de fugas basados en otros principios físicos. Tienen menor difusión, pero al ser estudiados por diferentes casas comerciales se presentan a continuación en este apartado.

- 1) Equipo de detección con gas → El método de funcionamiento de este equipo consiste en vaciar la tubería y presurizarla con la introducción de un gas rastreador no tóxico, que puede ser hidrógeno o helio.

De esta forma se chequea el estado de la tubería detectando cualquier escape de gas con un sensor específico, que marca el lugar de la fuga y la concentración del gas fugado.

Este sistema (poco expandido actualmente en España) es efectivo, aunque debido a la grave inconveniente que supone el vaciado de agua la tubería es poco empleado.

- 2) Termografía infrarroja → El sistema de escaneado termográfico refleja la temperatura superficial del terreno sobre el que se asienta la tubería que deseamos chequear. Esta temperatura depende de la composición del subsuelo y de las condiciones superficiales y atmosféricas.

Este equipo se basa en el principio de conservación de la energía, según el cual siempre habrá un flujo energético desde las zonas más calientes hacia las más frías. El sistema de visualización indica los puntos más fríos y los más calientes determinando de esta manera la situación de la fuga en el tramo de red analizado.

Restricciones de uso → Equipo más costoso que los anteriores e importancia en su utilización de a las condiciones medioambientales.

- 3) Georradar → Equipo basado en el estudio de la reflexión que experimentan las ondas electromagnéticas cuando inciden en la superficie de separación de dos materiales con constantes dieléctricas diferentes.

El georradar utiliza el hecho del cambio de las propiedades del terreno para detectar cables, fugas, etc.

Inconveniente → Poder de penetración reducido (poco usado en redes)



Capítulo 7. MANTENIMIENTO Y GESTIÓN

Tema 20. Control y mantenimiento de redes



BIBLIOGRAFÍA

CABRERA MARCET, E. *Evaluación y control de pérdidas en redes urbanas*. Valencia: Instituto Tecnológico del Agua (UPV), 2004. 377 p. Colección Formación. ISBN: 84 609 1473 9

HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. *Abastecimiento y distribución de aguas*. 4ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2000. 914 p. Colección Señor nº 6. ISBN: 84-380-0165-3

HUNAIDI, O. et al. "Acoustic methods for locating leaks in municipal water pipe networks". En: *Proceedings of the International Conference on Water Demand Management*. Jordania, 30 de mayo al 3 de junio de 2004. P. 1-14 [en línea]. Disponible en: < <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc47062/nrcc47062.pdf> >. [Consulta: 6 de febrero de 2012]



Capítulo 7. MANTENIMIENTO Y GESTIÓN

Tema 20. Control y mantenimiento de redes



REFERENCIA DE IMÁGENES

DIAPOSITIVA PORTADA

“Water Distribution System” [Imagen tomada de] “Selected FlowNet Applications”. *Engineering Design System Technology* [en línea]. Disponible en: <<http://www.edstech.com/c1.jpg>>. [Consulta: 30 de marzo de 2011]

DIAPOSITIVA página 3

“Pantalla de telemando. Estación 27”. Fuente: Aquagest Cartagena

DIAPOSITIVA página 4

“Pantalla de telemando”. Fuente: Aquagest Cartagena

DIAPOSITIVA página 6

“Leaking pipe” [Imagen tomada de] *Photo dictionary* [en línea]. Disponible en: <http://photo-dictionary.com/photofiles/list/5292/6946leaking_pipe.jpg>. [Consulta: 6 de febrero de 2011]

DIAPOSITIVA página 7

“Red de abastecimiento urbano de aguas. Plan Parcial El Zumacal. Breña Baja. La Palma” [Imagen tomada de] “Proyecto de abastecimiento. Diapositivas”. *Abastecimiento. ULPGC* [en línea]. Disponible en: <http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/1_ABASTO/11_esquema/PROABA001.GIF>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]



Capítulo 7. MANTENIMIENTO Y GESTIÓN

Tema 20. Control y mantenimiento de redes



DIPOSITIVA página 8

“Sectorización red de Agua Potable (Durango)” [Imagen tomada de] “Selección de referencias. Proyectos”. *Ingelan. Gabinete de ingeniería y arquitectur* [en línea]. Disponible en: <http://www.ingelan2000.com/images/refer_fotos/2_SectorizacionDurnago.jpg>. [Consulta: 30 de marzo de 2011]

DIPOSITIVA página 9

“Mediciones realizadas en diferentes zonas” [Imagen tomada de] MILLANES GARCÍA, Y. “Simulación hidráulica de los sistemas urbanos de distribución de agua con funcionamiento intermitente”. *Monografías* [en línea]. Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos42/simulacion-hidraulica/Image3583.gif>>. [Consulta: 30 de marzo de 2011]

DIPOSITIVA página 11

[Imagen tomada de] “Acelerómetros piezoeléctricos salida en carga MMF KD”. *Sensing, S. L.* [en línea]. Disponible en: <http://www.sensores-de-medida.es/uploads/img/0acelerometros_piezoelctricos_salida_en_carga_kd.jpg>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]

“Hydrophone TC4013” [Imagen tomada de] “Specialty Acoustic Sensors”. *The Model Shop, Inc.* [en línea]. Disponible en: <http://www.modalshop.com/rentalimg/TC4013_1.jpg>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]

DIPOSITIVA página 12

“Distribución de los registradores” [Imagen tomada de] *Catálogo Aqualog 90* [en línea]. Disponible en: <<http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/Otros/Domotica%282005%29/Detector%20fugas%20de%20agua/detector%20de%20fugas%20de%20agua%20por%20registro%20de%20sonido.pdf>>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]



Capítulo 7. MANTENIMIENTO Y GESTIÓN

Tema 20. Control y mantenimiento de redes



DIPOSITIVA página 13

“Software en entorno Windows® con resultados en 2D/3D” [Imagen tomada de] *Catálogo Aqualog 90* [en línea]. Disponible en: <<http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/Otros/Domotica%282005%29/Detector%20fugas%20de%20agua/detector%20de%20fugas%20de%20agua%20por%20registro%20de%20sonido.pdf>>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]

DIPOSITIVA página 14

[Imágenes tomadas de] *Catálogo Aqualog 90* [en línea]. Disponible en: <<http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/Otros/Domotica%282005%29/Detector%20fugas%20de%20agua/detector%20de%20fugas%20de%20agua%20por%20registro%20de%20sonido.pdf>>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]

DIPOSITIVA página 16

[Imágenes tomadas de] *Catálogo Permalog Plus* [en línea]. Disponible en: <<http://www.mejoras-energeticas.com/Catalogos/PERMALOG%20PLUS%202.9.pdf>>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]

DIPOSITIVA página 17

[Imagen tomada de] “Water Loss Control - What can be done?”. *Alliance for water efficiency* [en línea]. Disponible en: <http://www.allianceforwaterefficiency.org/uploadedImages/Resource_Center/Library/water_loss/pipe%20leak%203.jpg>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]



Capítulo 7. MANTENIMIENTO Y GESTIÓN

Tema 20. Control y mantenimiento de redes



DIAPOSITIVA página 19

[Imágenes tomadas de] *Catálogo Detector de fugas ST20* [en línea]. Disponible en: <<http://www.mejoras-energeticas.com/Catalogos/ST%2020-2.5.pdf>>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]

[Imágenes tomadas de] *Catálogo Equipo electrónico para búsqueda de fugas* [en línea]. Disponible en: <<http://www.mejoras-energeticas.com/Catalogos/LMIC.pdf>>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 21

“Déroutement de la mesure” [Imagen tomada de] *Catálogo Hydrolux HL 500/5000* [en línea]. Disponible en: <http://www.grhidro.com/archivos/grhidro_detecciondefugas_HL500-5000.pdf>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 22

[Imagen tomada de] *Catálogo Hydrolux HL 500/5000* [en línea]. Disponible en: <http://www.grhidro.com/archivos/grhidro_detecciondefugas_HL500-5000.pdf>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 24

[Imagen tomada de] “HL 6000X professional digital water leak correlator”. *Metrotech* [en línea]. Disponible en: <http://www.tracerelectronicsllc.com/tracer/tracer/page185/files/stacks_image_3707_1.png>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]

DIAPOSITIVA página 25

[Imágenes tomadas de] *Catálogo Correlador Eureka* [en línea]. Disponible en: <<http://www.btinstruments.pt/descargas/fugas/fugas.pdf>>. [Consulta: 6 de febrero de 2012]