

CARACTERIZACIÓN DE PÉRDIDAS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE MURCIA

Cristina Verdú¹, Responsable de redes, cverdu@emuasa.es

Simón Nevado¹, Director de operaciones, snevado@emuasa.es

Eva Mena¹, Responsable de I+D+i, emena@emuasa.es

Priscila Cuesta², Técnica control ANR, pmcuesta@aquatec.es

*Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia S.A, Plaza Circular 9, 30008 Murcia
2 Aquatec Proyectos para el Sector del Agua S.A.U., Edificio INTI. Torre Z, planta 8 Avda.
Teniente Montesinos, 8 30100 Murcia*

Palabras clave: agua no registrada, distribución, indicadores, rendimiento

RESUMEN

El Agua No Registrada (ANR) se define como la diferencia entre el volumen de agua distribuido y el registrado en los contadores de los consumidores finales. Es un indicador que cuantifica el volumen de pérdidas en una red de distribución. En España el valor medio de este indicador es del 25 %, mientras que a nivel mundial se estima un 40 %. El control del ANR constituye un verdadero reto desde el punto de vista financiero, técnico, social y medioambiental.

Para disminuir el volumen de ANR es necesario implantar Planes de Eficiencia Hidráulica (PDEH) del sistema de distribución que incluyan un riguroso diagnóstico inicial de la situación, que permita definir un plan de acción concreto y coherente desde un punto de vista técnico y económico.

En el año 2017 la red de distribución de la ciudad de Murcia, gestionada por la Empresa Municipal de Agua y Saneamiento S.A., que registraba tasas de rendimiento hidráulico de la red del 86,3% (5,54 m³/km día, ANR 14,83%), registró un descenso de un punto en este indicador, lo que motivó a replantear las medidas de eficiencia implantadas y a redefinir el PDEH. El principal objetivo de este plan era recuperar las tasas de ANR alcanzadas en 2016 (4,95 m³/km día, ANR 13,69%) y se ha basado en un análisis de datos inicial (telelectura, registros de fugas y averías y calidad del agua), que ha desembocado en un plan de acción que incluye medidas concretas: (i) Definición de una nueva estructura de sectorización, (ii) Nuevos criterios de microsectorización, (iii) Análisis en continuo de datos clientes, (iv) Incremento de la frecuencia de la búsqueda de fugas y de sustitución de contadores, y (v) Nuevo plan de renovación de redes y/o acometidas.

Tras la implantación de estas medidas se ha observado un cambio de tendencia en el ANR que ha permitido en el primer semestre de 2018 alcanzar una reducción de un 30% del volumen perdido (5,33 m³/km día, ANR 14,28%).

ANTECEDENTES

La ciudad de Murcia está situada en un territorio caracterizado por una intensa escasez de recursos hídricos, que se ha incrementado de forma alarmante en los últimos años debido a la insuficiencia de precipitaciones. La gestión eficiente del ciclo urbano del agua en las redes de distribución, unido a las continuas campañas de sensibilización y al consumo racional y sostenible del agua, han convertido a Murcia en una de las ciudades de España que menor cantidad de agua consume (115 l/hab día) y con mayor eficiencia hidráulica en sus redes de distribución.

La Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia S.A. (Emuasa) es la responsable de la gestión del ciclo urbano del agua en la ciudad de Murcia. Emuasa presta servicio a unos 445.086 ciudadanos repartidos entre el núcleo urbano, la huerta y pedanías a lo largo y ancho de más de 890 km cuadrados a través de 2.185 Km de red de abastecimiento.

La compañía ha impulsado en los últimos años campañas de sensibilización ciudadana para fomentar el ahorro y la importancia del consumo responsable del agua, tanto a nivel doméstico como industrial, pero también se ha posicionado activamente para poder reducir

las pérdidas de agua mediante la implantación de tecnologías que han permitido transformar la gestión tradicional del servicio en una gestión inteligente. La incorporación de nuevas tecnologías permite obtener un conocimiento exhaustivo y en tiempo real de la red de abastecimiento, posibilitando una cuantificación más precisa del volumen de ANR, acorta los tiempos de actuación para evitar las pérdidas y, por tanto, la mejora del rendimiento técnico de la red.

El ANR es la diferencia entre el volumen de agua distribuido y el registrado en los contadores de los consumidores finales. Es un indicador que cuantifica el volumen de pérdidas en una red de distribución. En España el valor medio de este indicador es del 25 %, mientras que a nivel mundial se estima un 40 %. El control del ANR constituye un verdadero reto desde el punto de vista financiero, técnico, social y medioambiental, motivado por la necesidad de preservar un recurso limitado y de calidad y en las condiciones adecuadas.

El parque de contadores gestionado por Emuasa está constituido por 185.827 unidades de distintos tipos, tamaños y calidades metrológicas. La red de distribución se encuentra dividida en sectores hidráulicos de los que diariamente se controla el caudal mínimo nocturno y el volumen diario inyectado a través de 464 caudalímetros. Por cada sector hidráulico se tiene controlado el volumen de agua distribuido y registrado a través de los contadores de los clientes de forma que, al menos bimestralmente, se obtienen los datos relativos al volumen de ANR, volumen de pérdidas reales y de pérdidas aparentes. Además, en aquellas zonas más malladas y complejas, para optimizar el control, se aplica una segunda fragmentación dinámica en horas nocturnas, lo que permite su subdivisión en pequeños sectores únicamente durante la noche y con un control de presión según la curva de demanda (Figura 1) Este mecanismo de gestión se ha denominado microsectorización dinámica de la red con gestión nocturna de presión.

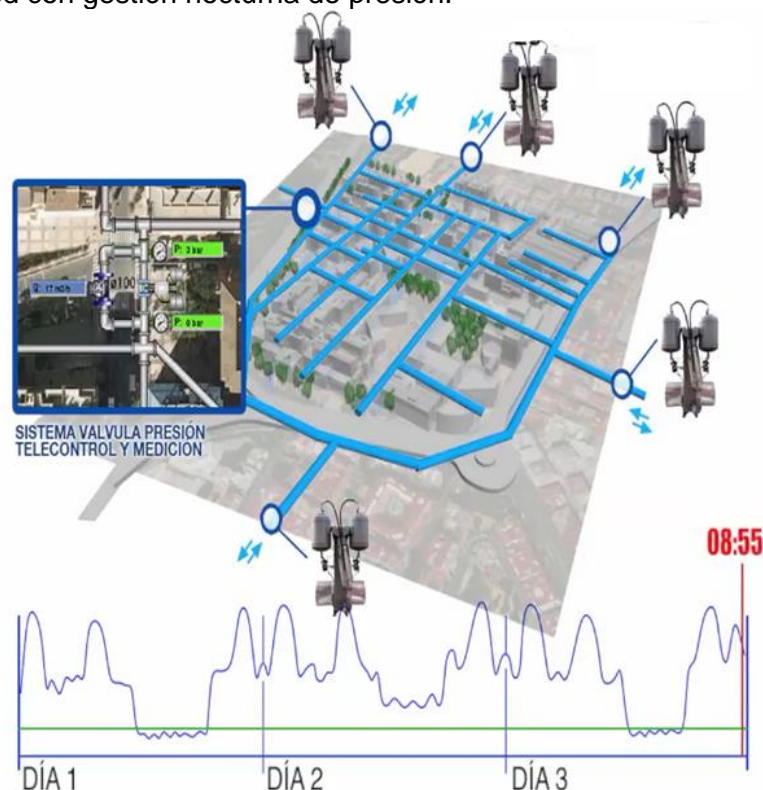


Figura 1. Curvas de demanda obtenidas mediante el sistema microsectorización dinámica de la red con gestión nocturna de presión.

La microsectorización posibilita un control continuo y preciso, permitiendo la detección instantánea de fugas y minimizando las pérdidas de agua. Se basa en el análisis del caudal mínimo nocturno, valor directamente proporcional al caudal de fugas en la red. En función de las variaciones sufridas por dichos caudales nocturnos, se envían las brigadas de detección y localización de fugas. De esta forma, no sólo se mejora la eficiencia de la red, sino también la eficiencia de los equipos de búsqueda de fugas.

Emuasa comenzó en 1989 a gestionar el ciclo del agua en Murcia y, tal y como se puede apreciar en la Figura 2, en los primeros años de actividad consiguió incrementar el rendimiento técnico hidráulico (RTH) de la red desde un 56,98% a un 80%. Estos valores de mantuvieron en ese rango durante más de 18 años, alcanzándose incluso valores del 86%. Sin embargo, en el año 2017 la red de distribución de Emuasa incrementó su volumen interanual de ANR en un 12%. De acuerdo con los datos de explotación disponibles, en el caso de la red de distribución de Murcia, una diferencia en el RTH de un punto supone la reducción de unos 400.000 m³ de volumen de agua pérdida.

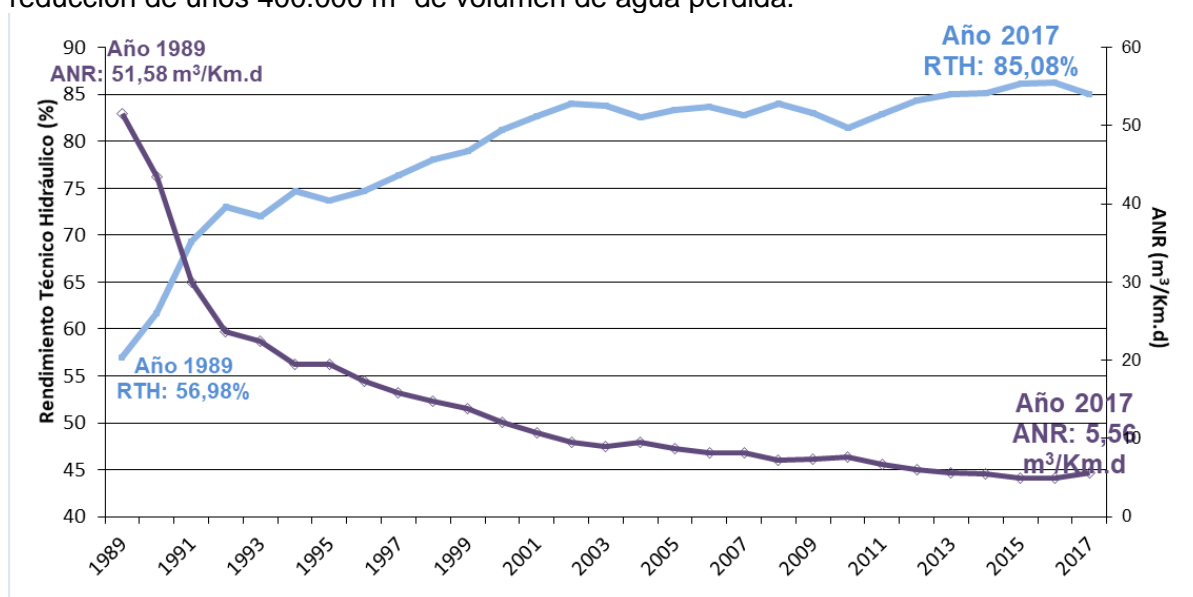


Figura 2. Rendimiento técnico de la red de distribución en el municipio de Murcia (1989-2017).

OBJETIVOS

Ante este incremento de pérdidas de agua, desde Emuasa se adoptaron medidas encaminadas a alcanzar los valores de RTH de la red de distribución registrados en años anteriores. Concretamente el principal objetivo de las actuaciones ha sido recuperar las tasas de ANR existentes en 2016.

En el año 2016, las ratios de control de ANR registrados en la ciudad de Murcia eran los incluidos en la Tabla 1 :

Tabla 1. Ratios de control de ANR registrados en la ciudad de Murcia en 2016.

INDICADOR	2016
RTH (%)	86,25
ANR (m ³ /km d)	4,96
Nº de sectores hidráulicos	102
Microsectores	285
Volumen de agua registrada telemedida	31.594 (42,12%)

METODOLOGÍA

Para reducir el volumen de ANR es recomendable definir un Plan de Eficiencia Hidráulica del Sistema de Distribución (PDEH). Para garantizar el éxito del PEDH hay que realizar un pre-diagnóstico, que permita identificar los puntos débiles de la red, proponer y ejecutar un plan de acción y optimizar las actuaciones desde el punto de vista técnico y económico.

Las principales líneas de actuación del PDEH han sido las siguientes:

1. Diagnóstico. Analizar los datos globales de ANR y de RTH, para detectar los posibles desencadenantes: volumen suministrado, registrada, calidad metrológica de las medidas, número de fugas en red de distribución, número de averías.
2. Plan de acción. Propuesta y desarrollo de medidas correctoras:
 - I. Definición y mejora de una nueva estructura de sectorización. Análisis en continuo de contadores distribuidos por sectores y microsectores.
 - II. Análisis de los datos de la telelectura para caracterizar las pérdidas comerciales, estimación del volumen de ANR.
 - III. Análisis del ANR y su procedencia para cada sector hidráulico y establecimiento de medidas correctoras: intensificación de la búsqueda de fugas, reducción de fugas en conducciones, intensificación en sustitución de contadores, inspecciones en instalaciones interiores, planes de renovación de redes y/o acometidas, etc.

1. DIAGNÓSTICO

Para cada zona o sector hidráulico se han estudiado los principales indicadores de eficiencia hidráulica, caracterizando las pérdidas del sistema, para ello se ha realizado un análisis de redes con el objetivo de revisar en profundidad la situación actual relativa a las pérdidas reales y las pérdidas aparentes (Figura 3).

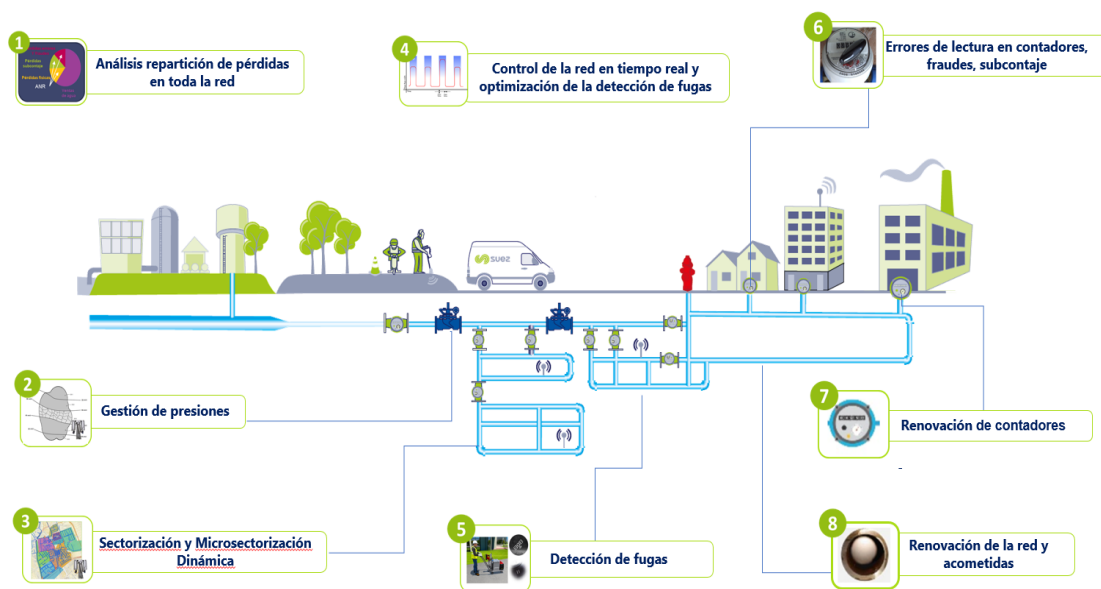


Figura 3. Diagnóstico de la red de distribución (pérdidas físicas y aparentes).

Tras la realización del diagnóstico, se concluyó que el 80% del volumen de ANR se concentraba en las redes del centro urbano de Murcia y sectores periféricos de expansión. Una de las herramientas utilizadas en el diagnóstico es el gráfico conocido como Ábaco de

Eficiencia Hidráulica que establece de manera visual el nivel de pérdidas globales de los sectores analizados, permitiendo su intercomparación y ayudando a establecer prioridades en la toma de decisiones para conseguir una eficiente reducción de pérdidas.

En la Figura 4 se incluye el ábaco de Eficiencia Hidráulica de los principales sectores del centro de Murcia y expansiones periféricas:

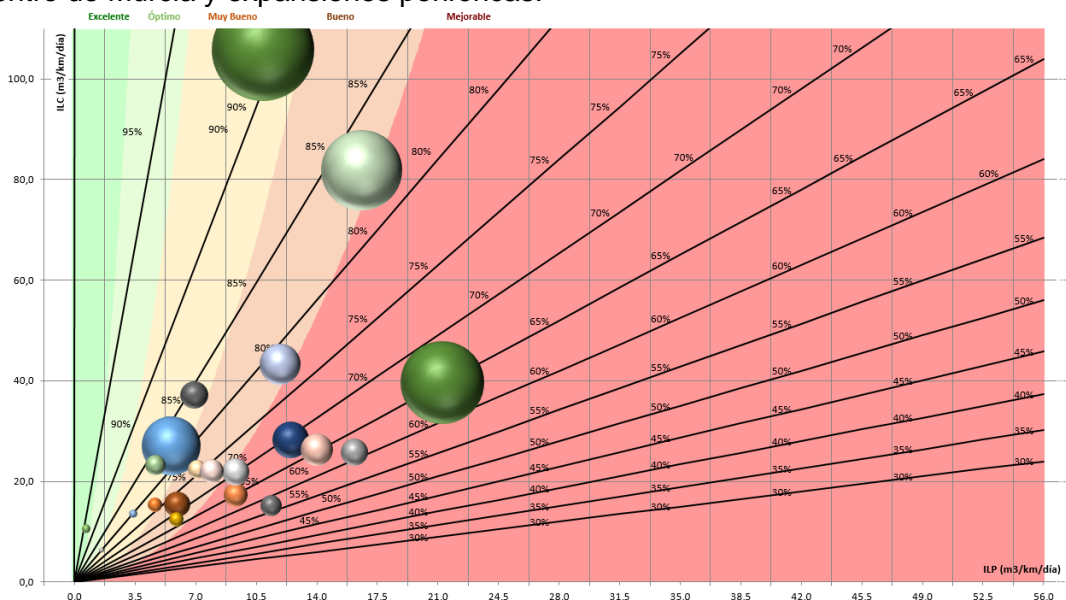


Figura 4. Ábaco de Eficiencia Hidráulica de los principales sectores del centro de Murcia y expansiones periféricas.

Se trata de un gráfico de tres variables: (i) Índice Lineal de Pérdidas (ILP), (ii) Índice Lineal de Consumo (ILC) y (iii) Volumen de ANR, representado como el tamaño de las esferas que nos entrega el rendimiento y estado del sector.

La posición del sector en el ábaco nos indica los estados de actuación:

- **Excelente.** Estado excepcional en el que no se recomienda realizar nuevas acciones.
- **Óptimo.** Situación idónea, donde se realizarán acciones siempre que el potencial de mejora compense la inversión y gasto necesarios.
- **Muy bueno.** Escenario en el que solo se recomiendan nuevas acciones si no existen zonas en peores condiciones.
- **Bueno.** Prioridad media-baja, donde se proyectarán actuaciones en el ámbito comercial y física en función del resto de parámetros de eficiencia.
- **Mejorable.** Caso más desfavorable donde deberán priorizarse actuaciones con urgencia. Dichas actuaciones se enfocarán hacia un ámbito u otro en función de los resultados arrojados en el resto del diagnóstico.

2. PLAN DE ACCIÓN

Realizado el diagnóstico y la identificación de sectores críticos, se definió un plan de acción que incluye las siguientes medidas:

1. Aumento del número de sectores y microsectores hidráulicos.
2. Análisis de consumos nocturnos y grandes clientes con telemidas.
3. Diseño de una herramienta conjunta de análisis de consumos nocturnos y caudal mínimo nocturno.
4. Cálculo del rendimiento de sectores críticos en continuo para cuantificación de pérdidas reales y aparentes y evaluación de las mejoras con las medidas implantadas.

La implantación de estas medidas ha mejorado, en el primer semestre de 2018, las principales ratios de gestión de ANR, tal y como se observa en la Tabla 2:

Tabla 2. Evolución de las ratios de control de ANR en el intervalo 2016-2018.

INDICADOR	2016	2017	2018
RTH (%)	86,25	85,17	85,73
ANR (m ³ /km*d)	4,96	5,50	5,11
Nº de sectores hidráulicos	102	178	183
Microsectores	285	124	127
Volumen de agua registrada	31.594 (42,12%)	39.490 (51,82%)	47.570 (62,25%)

Se ha continuado sectorizando y microsectorizando de forma progresiva, de tal forma que en la actualidad la red de distribución se divide en 183 sectores y 127 microsectores, controlados a través de 570 caudalímetros y 198 válvulas automáticas (Figura 5).

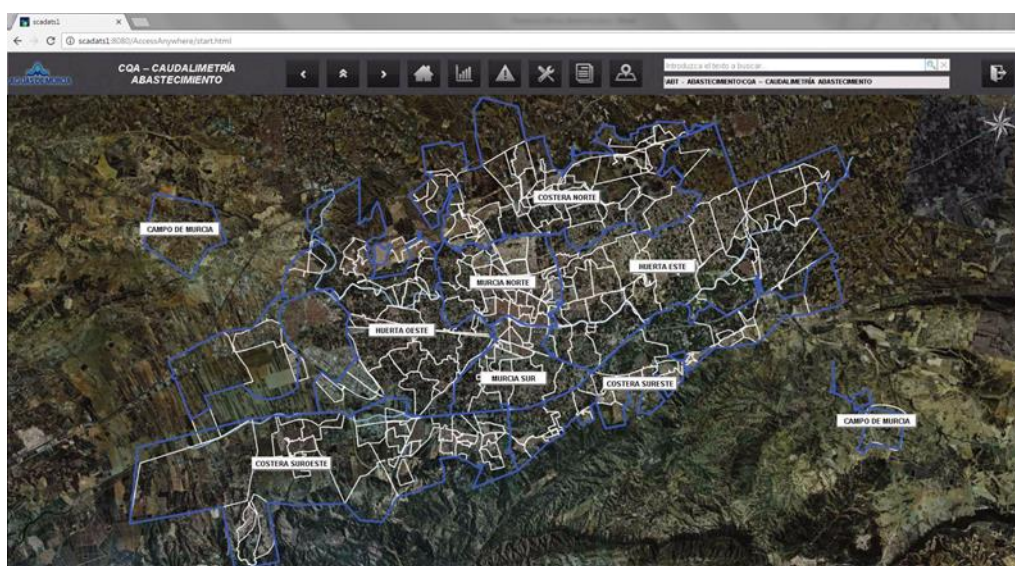


Figura 5. Red de distribución de la ciudad de Murcia.

Además, se ha incrementado notablemente el número de contadores con telelectura, especialmente en aquellos clientes que tienen grandes consumos nocturnos. Con el desarrollo de este plan de telelectura, ya se tiene un 62,25% del consumo registrado en tiempo real y sin estimaciones. El control de los consumos telemedidos en horario nocturno permite controlar con exactitud el nivel de fugas en la red, establecer niveles mínimos de caudales de fuga en cada sector y gestionar de forma más eficiente el trabajo de los equipos de búsqueda de fugas en aquellos con mayor repercusión en el total.

Además, se ha desarrollado un programa de gestión (PANEL ANR) en el que se identifican para cada sector el caudal mínimo nocturno y el consumo nocturno registrado en el mismo intervalo horario. De esta forma se discrimina qué incremento del caudal inyectado se debe realmente a fugas o a un incremento controlado y registrado de consumo.

En la Figura 6 se muestra el mapa de sectores de la red de distribución de Murcia. Los sectores marcados en verde son los que presentan rendimientos aceptables (>80%), los marcados en amarillo son los que tienen un rendimiento mejorable (60-80%), y en rojo los que tienen bajos rendimientos (<60%).

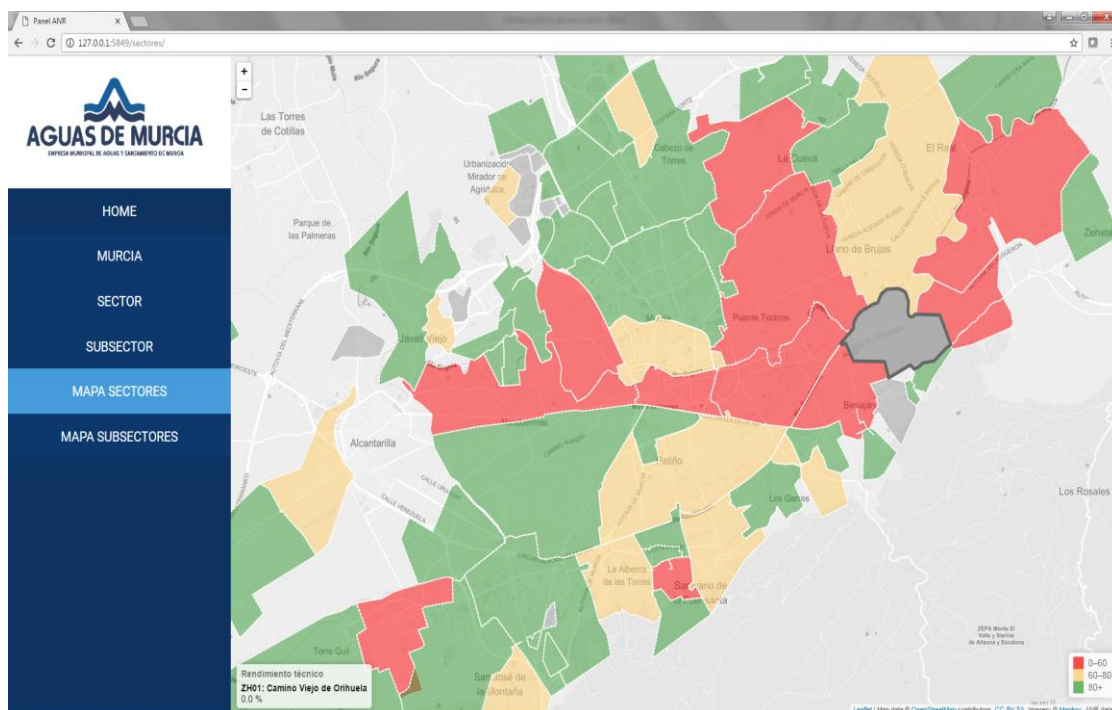


Figura 6. Mapa de sectores de la red de distribución de la ciudad de Murcia.

En la Figura 7 se muestra el mapa con el segundo nivel de sectorización, mapa de subsectores. En este caso la clasificación se hace en función del cociente entre el caudal mínimo nocturno real y la media los datos históricos medidos en períodos anteriores. Se representan en verde los subsectores con valores inferiores a 1,3, en amarillo los subsectores con valores entre 1,7 y 1,3 y en rojo, lo valores mayores a 1,7, siendo estos los subsectores cuya diferencia entre el valor de caudal mínimo actual y el histórico es superior al 70%, lo que indica la posible presencia de fugas.

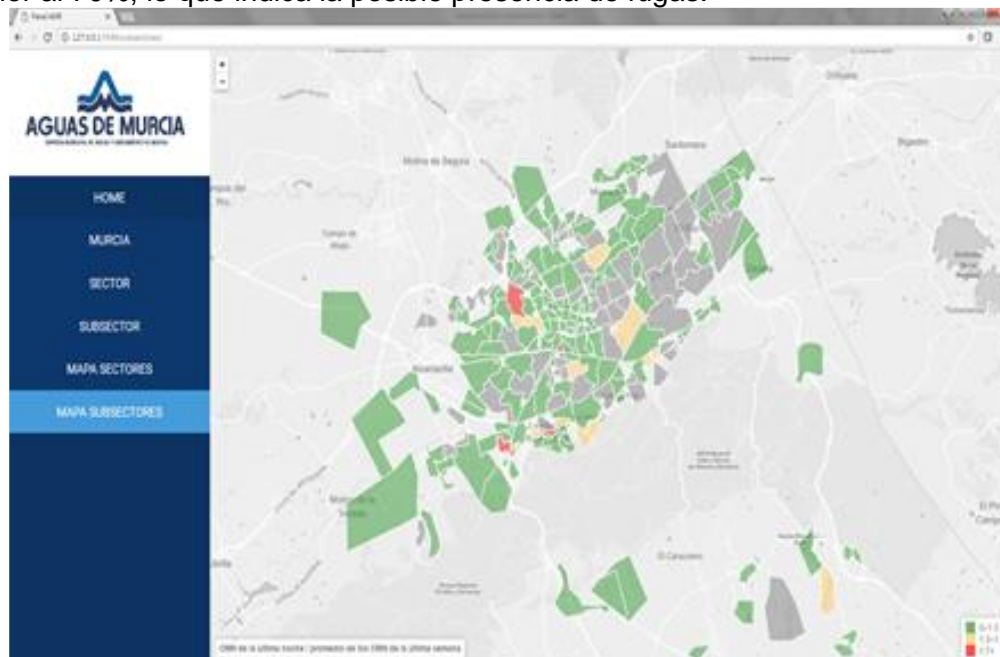


Figura 7. Mapa de subsectores de red de distribución de la ciudad de Murcia.

El programa también permite visualizar, para cada sector, gráficas diarias (Figura 8) del caudal mínimo nocturno suministrado al sector, el consumo mínimo nocturno y el caudal de fuga, obtenido como la diferencia entre ambos, permitiendo la detección temprana de las fugas y determinar el impacto en los caudales una vez realizada la reparación.



Figura 8. Gráficas de consumos y fugas diarias.

Tal y como se puede apreciar en la Figura 9, los datos de ANR registrados hasta el primer semestre de 2018 son menores que los de 2017, lo que pone de manifiesto la idoneidad de las medidas implantadas.

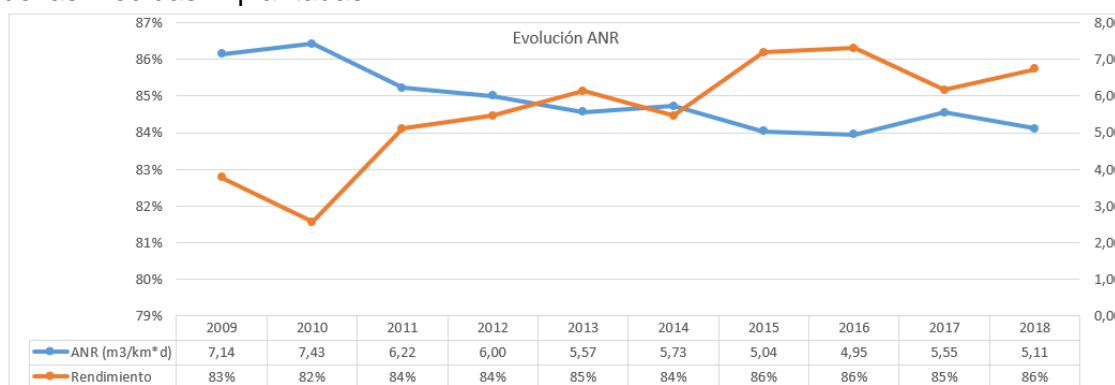


Figura 9. Evolución del ANR en la ciudad de Murcia (2009-2018).

CONCLUSIONES

El PEDH adoptado por Emuasa ha permitido revertir la tendencia de la evolución del ANR, observándose durante el primer semestre de 2018 una reducción de caudales mínimos y caudales medios. La cantidad de ANR se ha reducido un 3,87%, lo que significa 172.226 m³ menos de pérdidas, situando el RTH de la red de abastecimiento de la ciudad de Murcia en el 85,73 %.

Otra ratio que ha mejorado ha sido el grado de eficacia en la localización de fugas. La mejora de sectorización y microsectorización, unido a la incorporación de un programa de gestión, ha permitido incrementar el grado de detección de fugas en un 55,5%, es decir, más de la mitad de las averías de la red se detectan en su etapa más temprana, cuando todavía están en su fase oculta y sin producir daños significativos ni en las redes de Emuasa, ni en las instalaciones de los clientes.

REFERENCIAS

Álvarez, M.; Castellví, E.; Monzó, M.; Verdú, C.; La eficiencia en los sistemas de distribución: revisión sobre la gestión del agua no registrada, Aqua Papers nº 4, Fundación Aquae, 2014.

Fallis, P.; Hübschen, K.; Oertlé, E.; Ziegler, D.; Klingel, P.; Knobloch, A.; Baader, J.; Trujillo, R.; Laures, C.; Guidelines for water loss reduction, 2011.

Hamilton, S.; Mckenzie, R. & Seago, C.; A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems, 2006. Disponible en:

www.miya-

[water.com/user_files/Data_and_Research/miyas_experts_articles/2 NRW/01 A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems.pdf](http://www.miya-water.com/user_files/Data_and_Research/miyas_experts_articles/2_NRW/01_A_Review_of_Performance_Indicators_for_Real_Losses_from_Water_Supply_Systems.pdf)

Lambert, A.; International Report: Water Losses Management & Techniques. AQUA, 1999.

Lambert, A., International Water Data Comparisons Ltd; Llandudno, LL30 1SL, UK, and Hirner, W., Erlenstegenstrasse 118B, D-90491, Nurnberg, Germany; IWA blue pages-Losses from water supply systems, 2000.

Lambert, A.; Myers, S.; Trow, S. Managing Water Leakage: economic and Technical Issues. Financial Times Energy, 1998.

Liemberger, R.; Brothers, K.; Lambert, A.; ÇMckencie, R.; Rizzo, A.; Waldron, T.; Water Loss Performance Indicators.

Mckenzie, R.; Seago, C.; Hamilton, S.; A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems, 2006.

Pilcher, R.; Dizdar, A.; Toprak, S.; De Angelis, E.; Cem Koc, A.; Dilsiz, C.; De Angelis, K.; Dikbas, F.; Firat, M.; Bancali, U.; The Basic Water Loss Book, 2006.