

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

Gestión informatizada de las fugas en una red de agua potable sectorizada con la ayuda de un GIS y un SCADA

Trabajo de grado para optar al título de
Master en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

Presentado por:

Nancy Estela Sánchez Pineda

Director:

Dr. Fernando Martínez Alzamora

Codirectores:

Hugo J. Bartolín

Vicente Bou Soler

Valencia, Diciembre 3 de 2009

INDICE

RESUMEN	1
CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN	2
1. INTRODUCCION	2
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. OBJETIVOS.....	5
3.1 Objetivo General.....	5
3.2 Objetivos Específicos.....	5
4. BIBLIOGRAFIA	6
CAPÍTULO 2.- GESTION TÉCNICA DE LA DEMANDA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA....	7
1. ANTECEDENTES.....	7
2. GESTIÓN EFICIENTE DE LA DEMANDA URBANA DE AGUA	9
3. TEORÍA DE LA GESTIÓN MEDIANTE DISTRITOS HIDROMÉTRICOS	13
4. MONITOREO DE LOS DISTRITOS HIDROMÉTRICOS	15
4.1 Suministro de agua y su monitoreo.	15
4.2 Los distritos hidrométricos.....	16
4.3 Balances nocturnos en distritos hidrométricos.	17
4.4 Medidor de agua.	19
4.5 Balances volumétricos de agua.....	20
4.6 Necesidad y uso de los balances y proyecciones de demandas	22
4.7 Balance volumétrico y eficiencia del servicio de aguas urbanas.	23
CAPITULO 3.- APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS GIS Y SISTEMAS SCADA	25
1. INTEGRACION DE SISTEMAS GIS -SCADA PARA LA GESTION EFICIENTE DE REDES	25
2. INTRODUCCION AL SOFTWARE GISRED 2 PRO	27
2.1 Carga y activación de la extensión	28
2.2 Creación y configuración de un proyecto GISRed 2 Pro.....	29
2.3 Descripción de la GDB personal de GISRed (principal y estructurada)	30
3. INTRODUCCION AL SOFTWARE SCARED	35
3.1 Funcionalidades de SCARed	35
3.2 Principales aplicaciones en control y optimización de redes de distribución de agua	35
3.3 Principales características de SCARed	36

CAPÍTULO 4.- CASO DE ESTUDIO: RED DE ABASTECIMIENTO DE MALAGA	38
1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO	38
1.1 Localización geográfica.....	38
1.2 Descripción del medio físico, geomorfología y clima.....	39
1.3 Características hidrológicas.....	41
1.4 Demografía.....	41
2. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES ACTUALES	43
2.1 Sistema de producción y almacenamiento	43
2.2 Red de Distribución.....	46
3. SECTORIZACIÓN GENERAL DE LA RED	50
3.1 Información básica preliminar.....	50
3.2 Análisis y Validación de los Distritos Hidrométricos	52
3.3 Sectorización definitiva	55
CAPÍTULO 5.- APLICACIÓN DE LA GESTION INFORMATIZADA DE FUGAS PARA LA ZONA PALMILLA - SUAREZ	57
1. DESCRIPCIÓN DE LOS DISTRITOS HIDROMÉTRICOS SELECCIONADOS.....	58
2. CREACIÓN DE LA GEODATABASE PERSONAL DE GISRED	60
3. PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN GRÁFICA Y ALFANUMÉRICA EN LAS TABLAS ESTRUCTURADAS. UTILIZACIÓN DE ARCCATALOG	63
4. CARGA DE DATOS DE LA GDB PRINCIPAL.....	66
4.1 Elementos de la red de distribución de agua potable (tuberías, válvulas de corte, caudalímetros, acometidas).....	66
4.2 Datos del parque de contadores (puntos de suministro, contadores, lecturas de contadores, estimaciones de volumen).....	68
4.3 Datos procedentes del sistema de telecontrol (SCADA)	68
5. CONSULTAS GRÁFICAS Y ALFANUMÉRICAS DE LA INFORMACIÓN	70
5.1 Volumen inyectado en cada DMA	70
5.2 Volumen Registrado en cada DMA	72
5.3 Rendimiento Volumétrico en cada DMA	73
5.4 Evolución de Señales del caudal	73
5.5 Curvas de modulación en DMA's	74
5.6 Consultas sobre la Geodatabase de GISRed	75
5.7 Generación de Temáticos	77
5.8 Exportación de la información de red a MSEXcel.....	78
6. BALANCES HÍDRICOS OBTENIDOS EN CADA DISTRITO HIDROMÉTRICO.....	80
CAPÍTULO 6.- CONCLUSIONES	85
1. PRINCIPALES APORTACIONES	85
2. DESARROLLOS FUTUROS	86

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Evolución demográfica de Málaga</i>	42
<i>Tabla 2. Principales embalses que abastecen a la ciudad de Málaga</i>	43
<i>Tabla 3. Elevaciones presentes en la ciudad de Málaga</i>	43
<i>Tabla 4. Pozos con que cuenta la ciudad de Málaga</i>	43
<i>Tabla 5. Estaciones de Tratamiento de Agua Potable en Málaga</i>	44
<i>Tabla 6. Características de los principales depósitos en Málaga</i>	46
<i>Tabla 7 Tabla resumen del total de metros de tubería clasificada por diámetros</i>	47
<i>Tabla 8 Tabla resumen de longitudes de tuberías según el material de las mismas</i>	48
<i>Tabla 9 Tabla resumen de numero de registros clasificados según el uso del agua</i>	49
<i>Tabla 10 Nombre de los sectores definidos inicialmente (EMASA)</i>	51
<i>Tabla 11 Tabla resumen de longitudes de tuberías según sector</i>	56
<i>Tabla 12 Tabla resumen de longitudes de tuberías según sector</i>	58
<i>Tabla 13 Tabla resumen del número de acometidas según sector</i>	58
<i>Tabla 14 Clasificación de usos del agua y su porcentaje dentro de la red</i>	59
<i>Tabla 15 Suministros clasificados según su tipo</i>	59

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura. 1 Configuración típica de una DMA</i>	14
<i>Figura. 2 Componentes del caudal mínimo nocturno</i>	18
<i>Figura. 3 Plan de medición en un sistema de distribución de agua</i>	20
<i>Figura. 4 Balance volumétrico estándar de la IWA</i>	21
<i>Figura. 5 Ventana Acerca de GISRed v2.0 Pro</i>	27
<i>Figura. 6 Barra de herramientas GISRed 2 Pro</i>	28
<i>Figura. 7 Carga de la extensión GISRed 2 Pro</i>	29
<i>Figura. 8 Localización geográfica de Málaga</i>	38
<i>Figura. 9 Mapa de ubicación de La ciudad de Málaga</i>	39
<i>Figura. 10 Limites del término municipal de Málaga</i>	40
<i>Figura. 11 Mapa físico del término municipal de Málaga</i>	40
<i>Figura. 12 Estación de Tratamiento de Agua Potable El Atabal, Málaga</i>	44
<i>Figura. 13 Estación de Tratamiento de Agua Potable Pilonos en Málaga</i>	45
<i>Figura. 14 Ubicación de los principales depósitos en la ciudad de Málaga</i>	46
<i>Figura. 15 Red arterial y red de distribución de de la ciudad de Málaga</i>	47
<i>Figura. 16 Modelo de la red de Málaga clasificado por material de la tubería</i>	48
<i>Figura. 17 Clasificación de usos del agua en la ciudad de Málaga</i>	49

Figura. 18 Sectorización de Málaga (EMASA)	50
Figura. 19 Sectorización de Málaga (Algoritmo GISRed)	51
Figura. 20 Discrepancias de la sectorización entre las diferentes fuentes de información. .	52
Figura. 21 a) Discrepancias de la sectorización entre las diferentes fuentes de información. b) Sectores Algoritmo GISRed. c) Sectores EMASA.....	53
Figura. 22 Posibles errores en válvulas frontera.....	54
Figura. 23 Posibles errores en válvulas frontera.....	54
Figura. 24 Posibles errores en válvulas frontera.....	54
Figura. 25 Sector DMA 57.....	55
Figura. 26 Sectorización definitiva de la Red de distribución de agua en la Ciudad de Málaga	55
Figura. 27 Nombres asignados a los sectores	56
Figura. 28 Vista de la ciudad de Málaga	57
Figura. 29 Ubicación de los Sectores Palmilla Y Suárez.....	57
Figura. 30 Clasificación de usos del agua	59

RESUMEN

Esta tesina se plantea con la finalidad de aplicar herramientas de software para el control de las pérdidas de agua en un sistema de distribución. Dichas herramientas sirven como plataforma para ejercer un mayor control del destino final de los caudales inyectados en las redes de abastecimiento de agua, también como paso previo para aumentar la eficiencia hídrica de la red facilitando la gestión de las fugas. La misma se basa en la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Sistemas de Captura y análisis de Datos en Tiempo Real (SCADA), con un posterior procesamiento de la información a través del uso del software GISRed 2 Pro y SCARed, desarrollados por el grupo de investigación REDHISP de la Universidad Politécnica de Valencia - España.

La aplicación práctica se ha centrado en una zona de la red de abastecimiento de una ciudad en España, la cual ya presentaba sectorización, siendo evaluados de manera metodológica sus componentes a fin de identificarlos y caracterizarlos para la determinación de los agentes que influyen en este sistema, con miras a generar un sistema de control activo de fugas, eficaz y eficiente, con criterios de sostenibilidad del mismo.

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCION

El agotamiento generalizado de los recursos naturales, los grandes crecimientos de las ciudades y sus consumos de agua, junto con una mayor conciencia social de la importancia de mantener y preservar el ambiente en que se desarrolla la vida, para garantizar la situación actual y un futuro sostenible, ha ocasionado la necesidad de modificar los principios tradicionales de la gestión del agua y orientarlos en mayor medida a la demanda, con enfoque en medidas de ahorro, reutilización, incremento de la eficiencia, disuasorias del consumo y adecuación de calidad al uso, entre otras.

Un sistema moderno de suministro y distribución de agua potable, no debe solo garantizar la cantidad y calidad del agua; además, debe procurar la optimización de la gestión de tales recursos, acorde a los criterios del desarrollo sostenible. La gestión de las pérdidas de agua en las infraestructuras de distribución es una componente fundamental de la gestión de la demanda, donde las políticas de control activo están dando muy buenos resultados dentro de la rentabilidad de las actuaciones.

Para un control eficaz de las fugas en un abastecimiento de agua, se precisan herramientas que faciliten la recepción de datos sobre el estado del sistema, favoreciendo con ello la toma de decisiones. En la actualidad comienzan a consolidarse en muchas compañías de agua una serie de sistemas técnicos que permiten mejorar la gestión de sus instalaciones, entre las cuales se encuentran los sistemas de información geográfica (GIS), los sistemas de información en tiempo real (SCADA), los modelos matemáticos y las aplicaciones e instrumentación específicas para la detección y localización de pérdidas en la red.

Con este proyecto, se pretende participar en la puesta en marcha de un sistema de control activo de fugas para una ciudad de España, mediante la aplicación de los sistemas GIS y SCADA, se debe mencionar que la misma ya presenta sectorización a la hora de iniciación del proyecto. El GIS, es empleado con el objetivo de delimitar y caracterizar correctamente los sectores en los cuales se encuentra dividida la red. Por otra parte se busca con este, reconocer todas sus acometidas, a fin de realizar periódicamente y de forma automática balances hídricos entre el agua inyectada y la consumida en cada sector. Al mismo tiempo, en el GIS podrán incorporarse los resultados de las campañas de búsqueda de fugas. A fin de conseguir una mayor eficiencia en su localización.

Por otra parte, se empleo la aplicación del sistema SCADA, a fin de agrupar las mediciones realizadas de manera continua por los caudalímetros instalados, mostrando a modo preliminar

los resultados a través de un sinóptico, y sobretodo llevando a cabo un seguimiento de los caudales nocturnos, destacando las alarmas correspondientes en su caso. Siendo uno de los aspectos más importantes de esta parte el filtrado previo de los datos a fin de evitar las falsas alarmas.

Finalmente, Como herramienta de fondo de toda la aplicación conjunta se empleo el software GISRed v2.0 Pro. Esta herramienta de gestión, permite incorporar un modelo de datos personalizado orientado a objetos, enfocado inicialmente a albergar la información necesaria para efectuar un seguimiento pormenorizado de los datos recopilados por los distintos caudalímetros instalados en la red de distribución de agua, así como de la información relativa al parque de contadores existente en la misma y sus lecturas periódicas, todo ello con el objetivo de llevar a cabo diversos análisis hídricos. Asimismo, dicha estructura está pensada para facilitar la labor de localización de fugas en tiempo diferido con el objetivo de mejorar el rendimiento volumétrico del sistema. Además, la estructura ha sido optimizada con el objetivo futuro de obtener de forma sencilla y directa modelos de la red de distribución de agua a presión, capaces de ser simulados utilizando el programa de simulación hidráulica y de calidad EPANET 2.

2. JUSTIFICACIÓN

Las repercusiones del cambio climático y la creciente presión sobre los recursos hídricos, están originando en el mundo una constante preocupación sobre como usar más eficientemente el agua. La eficiencia en el uso de los recursos hídricos, es un concepto relativamente nuevo en Europa, donde se ha producido un cambio de mentalidad que hace que el agua haya pasado de ser considerada abundante y gratuita, a ser percibida como escasa y costosa.

España es un país que por su localización geográfica, clima y usos del agua, tiene problemas con este recurso. La escasez del agua hace que cada vez sea más necesaria una correcta gestión, adecuada a su situación. El clima con el que cuenta determina la variabilidad en el espacio y en el tiempo de la disponibilidad del recurso. Siendo uno de los principales problemas la sequía, conllevando a una situación en que el agua disponible no es suficiente para satisfacer las necesidades.

La problemática del agua en España y por consiguiente en la provincia de Málaga, se traduce en importantes desequilibrios entre la oferta y la demanda, ocasionados básicamente por:

- La sequía, como un problema que está alcanzando un carácter crónico

- La explosión de demanda potencial existente incapaz de atenderla los recursos hídricos que tenemos.
- Las avenidas e inundaciones son otro fenómeno hidrológico propio de sus cuencas. Las inundaciones acontecidas en otoño de 1989 en el Valle del Guadalhorce tuvieron consecuencias devastadoras.
- El fenómeno de la erosión y la desertización, es el problema ambiental e hidrológico que más afecta al medio natural y físico de la provincia.
- La mala calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- El incremento de la demanda en el último cuarto de siglo por el incremento de población y el desarrollo turístico.
- El continuo crecimiento de la demanda de agua y la imposibilidad de forzar más el uso de los recursos naturales.

Actualmente la tradicional política hidráulica se ha quedado corta para recoger las necesidades y las inquietudes de nuestra sociedad y dar las adecuadas respuestas a sus problemas en relación con el agua. La búsqueda del equilibrio entre el crecimiento económico y los límites y capacidades del entorno natural, de manera que se garantice su conservación en el medio y largo plazo, obliga a dar un giro en los objetivos de esta política. Por lo tanto es necesario alumbrar perspectivas de sostenibilidad desde un nuevo modelo de desarrollo, para pasar de la política de obras hidráulicas a la política del agua sostenible.

La Directiva Marco de Política de Aguas, Directiva 2000/60/CE del parlamento Europeo, plantea que los problemas de agua en España no pueden ser resueltos en clave interna, debido que los problemas ambientales y de escasez de agua, son problemas globales y por tanto se requiere de una actuación conjunta a nivel global. Es decir, la Directiva establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la Política de aguas enmarcada dentro de la Estrategia de “Desarrollo Sostenible” de la UE.

Ante toda la problemática del agua, presentada en la actualidad, se hace necesario conservar en primera instancia, el agua destinada al uso municipal, haciéndose imprescindible que toda empresa encargada de este recurso, cuente con un *“programa de control de fugas”* en las redes de distribución de agua. Es así, como este proyecto tiene como finalidad presentar la aplicación de una herramienta, la cual sirve como plataforma para ejercer un mayor control del destino final de los caudales, y también como paso previo para aumentar la eficiencia hídrica de la red facilitando la gestión de las fugas. Lo cual, da un aporte al conocimiento de las deficiencias y áreas propensas a mejora, permitiendo de igual manera, determinar su funcionamiento, la evolución de la demanda, las preferencias de los usuarios y finalmente los patrones de comportamiento en diferentes sectores o zonas de la ciudad.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

El objetivo general de esta tesina es aplicar una serie de herramientas informáticas para el análisis de las variables hidráulicas de un sistema de abastecimiento de agua, particularmente los caudales inyectados y los caudales registrados, con el objeto de facilitar el cálculo de su rendimiento hídrico y posibilitar la detección y localización de fugas.

3.2 Objetivos Específicos

- Describir de la zona de estudio.
- Analizar y validar los sectores hidrométricos de la red de distribución de Málaga.
- Describir Los pasos básicos a efectuar con la extensión GISRed v2.0 Pro para generar una base de datos geográfica, incorporar los datos básicos y configurar un proyecto
- Obtener los volúmenes inyectados y registrados en la zona de análisis.
- Analizar la evolución en el tiempo del rendimiento hídrico de los sectores correspondientes al caso de estudio.

4. BIBLIOGRAFIA

Aqualia. (s.f.). *Plan Integral de Gestión Eficiente*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2009, de <http://www.aqualia.es>

Bartolin, H., Martínez, F. (2009). *GISRed v2.0 Pro. Manual del Usuario*. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Grupo REDHISP. Universidad Politécnica de Valencia (España)

Bou, V., Martínez, F. (2009). *SCARed. Manual del Usuario*. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Grupo REDHISP. Universidad Politécnica de Valencia (España)

Carbonell, A., Martínez, F. Combinación de modelos matemáticos y SIG para la gestión eficiente de redes. Recuperado el 02 de Diciembre de 2009, www.ciccp.es/biblio_digital/lcitema_III/congreso/pdf/040208.pdf

EMASA. Empresa Municipal de Aguas de Malaga. <http://www.emasa.es/>

Farley, Malcolm (2001). WHO (World Health Organization) 2001. *Leakage management and control. A best practice training manual*.

IWA. Leak Location and Repaid (2007). *District Metered Areas. Guidance Notes*. International Water Association

IWA. Water Loss Task Force (2007). *District Metered Areas. Guidance Notes*. International Water Association

CAPÍTULO 2.- GESTION TÉCNICA DE LA DEMANDA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA

1. ANTECEDENTES

Desde hace más de veinticinco años, en el ámbito internacional, se viene desarrollando un vivo debate sobre los criterios y los métodos que deben aplicarse para la utilización de los recursos de agua. Este debate ha puesto de manifiesto que las políticas de gestión de la oferta del agua, que se centran en la ampliación indefinida de la oferta de agua mediante el desarrollo de los sistemas de captación, regulación, conducción y distribución, no pueden por si mismas absorber el crecimiento económico, demográfico y de mejoras de la calidad de vida. Por ello se generó una nueva política hidráulica centrada en la *gestión de la demanda y la conservación del agua*, política que ha quedado ya plasmada en infinidad de intervenciones y actuaciones públicas y privadas.

En Noviembre del año 1996 el Ministerio de Medio Ambiente elabora el documento “Diseño de programas integrados de gestión de la demanda de agua. Experiencias de Gestión de la Demanda y conservación del agua en California”. El informe elaborado por Antonio Estevan, bajo la dirección técnica de Carlos Villarroya, supone un primer intento de la Administración española por impulsar modelos de gestión eficiente de la demanda, basados en la experiencia norteamericana.

A finales de 2000 fue aprobada y publicada, por parte de la Comisión y del Parlamento Europeos, la denominada Directiva Marco del Agua. La Directiva ofrece un marco de actuación común sobre la gestión del agua en todos los Estados miembros de la Unión Europea. La Directiva Marco del Agua nace con la voluntad de ordenar y gestionar de manera integrada el agua disponible dentro su ciclo natural, contabilizando su funcionalidad dentro del medio natural y su uso como recurso. Para ello, entre otros establecía el principio de plena recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua y el uso de los espacios acuáticos, realizando análisis económicos de los usos del agua, gestionando la demanda, recuperando los costes completos, y utilizando la tarificación como elemento para promover una utilización sostenible de los recursos.

La Agencia Europea de Medio Ambiente, organismo público europeo, ha elaborado un informe en el que se describen los cambios significativos en la Unión Europea. En él se menciona que la Península Ibérica va a incrementar su temperatura media en 4°C hacia 2080, además de un aumento significativo de la sequía y una reducción de los caudales disponibles en los ríos.

Se pone así de manifiesto la necesidad de desarrollar sistemas para valorar la prestación del servicio de la gestión del ciclo del agua de tal manera que se tengan en cuenta de manera

completa los costes sociales y ambientales asociados al agua, gestionando la demanda del agua.

Las reacciones ante la sequía por parte de los prestatarios del servicio y de la administración son las que ya conocemos: las tradicionales campañas de concienciación ciudadana sobre ahorro doméstico, cortes de suministro, reducciones de presión, y demás medidas típicas de estas situaciones, que están destinadas a ser levantadas una vez vuelva el volumen de precipitación a la normalidad. Se debe tener una visión más amplia, que incluya también los aspectos ecológicos, y que contemplen la reducción del consumo como un objetivo deseable, en lugar de contemplarlo sólo como una restricción temporal que debe ser superada tan sólo habilitando mayores recursos

El Ministerio de Medio Ambiente (MMA), ha redactado una *guía para la redacción de planes especiales de actuación en situación de alerta y eventual sequía*, en la que se establecen una serie de criterios de coordinación sobre el alcance, contenido y desarrollo metodológico para la redacción de los Planes Especiales de actuación en situación de sequía y de los Planes de Emergencia para poblaciones de más de 20.000 hab., tal y como está previsto en el Art. 27 de la Ley 10/2001. En esta guía, se establece que “el objetivo básico del Plan Especial de Sequías es la articulación de las medidas de control, evaluación de riesgos, organización de la toma de decisiones e implantación de medidas mitigadoras necesarias para minimizar la frecuencia e intensidad de las situaciones de escasez de recursos, así como reducir los efectos de estas situaciones extremas en los sistemas de explotación y abastecimiento público de aguas”.

Desde el punto de vista operativo, el plan de sequía se basa en:

- Indicadores que pongan de manifiesto la situación de sequía, con anticipación suficiente para actuar según las previsiones del Plan.
- Conocimiento de los recursos y su capacidad para ser forzados en situación de sequía.
- Conocimiento de la demanda y su vulnerabilidad frente a la sequía, ordenada por prioridades.
- Alternativas para reducir el impacto de la sequía.
- Dotación de medios económico-financieros para su implantación.
- Adecuación administrativa para su coordinación y seguimiento entre Administraciones
- Información pública.

A mediados del año 2006, la AEAS y el MMA, redactaron la GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE EMERGENCIA POR SEQUÍA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO URBANO.

Además, en el BOE nº 71, de 23/3/07, aparece la Orden MAM/698/2007, de 21 de Marzo, en la que se aprueban los planes especiales de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía en los ámbitos de los planes hidrológicos de cuencas intercomunicarías.

Por otro lado, la Agenda Local XXI es un programa al que se han adherido ayuntamientos y otras entidades locales europeas, donde se fijan una serie de protocolos para contribuir al desarrollo sostenible de los municipios, para lograr esto, entre otros aspectos medioambientales, parece imprescindible realizar una gestión eficiente del agua.

Finalmente dentro de los antecedentes que conducen al planteamiento de implantar planes integrales de gestión eficiente de la demanda, se encuentra el informe publicado por el Ministerio de Medio Ambiente con fecha enero de 2007, titulado “Precios y Costes de los servicios de agua en España” en el que analiza la necesidad de establecer la recuperación de los costes del agua bajo los criterios establecidos en la Directiva Marco.

2. GESTIÓN EFICIENTE DE LA DEMANDA URBANA DE AGUA

La forma actual de entender y valorar el agua y el medio ambiente comporta una preocupación por optimizar el consumo de agua, de manera que se satisfagan las necesidades humanas y medioambientales con el menor impacto ambiental posible. A medida que la población humana va creciendo, se van incrementando las necesidades de agua asociadas a sus actividades en los tres sectores: el agrario, el industrial y el de servicios. El reto de los próximos tiempos es entonces el de garantizar la satisfacción de esta demanda creciente manteniendo unas condiciones de sostenibilidad ambientales. Para conseguirlo, uno de los instrumentos más importantes de que disponemos es el de la *Gestión de la demanda*.

La satisfacción continuada de las necesidades de agua de los núcleos urbanos con las garantías y prestaciones de calidad de servicio, no es ya posible en la mayoría de los abastecimientos del mundo sin recurrir a intervenciones que controlen y reduzcan el aumento de los volúmenes consumidos. La búsqueda de un uso más eficiente en los consumidores finales y en las entidades responsables de la gestión del recurso y las infraestructuras que hacen posible el suministro es ya parte esencial de las estrategias de los responsables de los abastecimientos de agua.

La cada vez más comprometida disponibilidad de los recursos para satisfacer las necesidades de consumo de agua de los núcleos urbanos hace que muchas de las entidades responsables del suministro de agua estén volviendo la vista hacia alternativas distintas de las tradicionales de incorporación de nuevas fuentes de suministro con la consiguiente construcción de infraestructuras.

Estas nuevas alternativas apuntan hacia la reducción de la tasa de crecimiento de las demandas, lo que se puede conseguir mediante actuaciones sobre los consumos en los usos finales y con las mejoras derivadas de prácticas más eficientes de gestión de los sistemas de abastecimiento y distribución.

Los requerimientos de las nuevas normativas, la incorporación de los objetivos de índole ambiental, la realización de análisis económicos más rigurosos o los simples compromisos con las exigencias de la sociedad actual, conducen inexorablemente a una nueva cultura del abastecimiento de agua mucho más comprometida con la eficiencia en el uso del recurso.

Para desarrollar una gestión eficiente, es necesario conseguir una disminución de la demanda del agua prestando el mejor servicio posible mediante la realización de un conjunto amplio de actividades. Pero este objetivo por sí mismo no garantiza ni la calidad del agua, ni el crecimiento económico de la población, ni que económicamente en el futuro se pueda prestar el servicio con la misma calidad. Por tanto desde el principio hay que establecer de manera clara y cuantificada los objetivos de un plan de gestión, que como mínimo han de ser:

- Optimizar el uso de recursos naturales de agua para el suministro urbano (objetivo de disminución de m³).
- Mantener la calidad y la regularidad del servicio de abastecimiento.
- Satisfacer las nuevas necesidades de suministro previsible.
- Minimizar los costes globales para los ciudadanos.
- Contribución a la sostenibilidad.
- Reducción de los impactos medioambientales.
- Mejora de las condiciones de prestación del servicio.
- Transparencia en la información al ciudadano.
- Todo ello asegurando el equilibrio económico-financiero del servicio prestado.

Todos estos objetivos deben establecerse como igualmente prioritarios, pues cualquier desequilibrio entre ellos puede derivar en escenarios muy distintos del que se pretende originalmente.

Por tanto todos los programas deben tener en cuenta estos objetivos y explicitar claramente en cuanto contribuyen al objetivo general. Esto es, todos los programas responderán al esquema:

- Estudio individualizado de cada localidad.
- Campañas y/o actuaciones a realizar.
- Resultados esperados.
- Costes y beneficios a incurrir o Costes y beneficios directos del plan o Impactos tanto positivos como negativos en el equilibrio económico financiero del servicio.
- Obtener la aprobación de las autoridades locales y la colaboración de los organismos públicos y agentes sociales.

También en la parte general la gestión de la demanda se debe abordar quién, cómo y en qué plazos va a financiar estos costes incurridos, que recordamos según la Directiva Marco del Agua deben repercutirse en el precio del agua.

Se podrán establecer indicadores de gestión como reflejo auditable de la propia gestión del servicio para garantizar la transparencia e información al ciudadano.

Para organizar de forma coherente dichas actuaciones se deben agrupar en programas sectoriales, que pueden clasificarse atendiendo a sus contenidos en las siguientes siete categorías:

- Programas de Ahorro
- Programas de Eficiencia
- Programas de Sustitución
- Programas de Comunicación
- Programa Económico-Financiero
- Programas de Infraestructura
- Programas de Gestión

Programas de Ahorro son aquellos que persiguen una reducción del consumo de agua sin que medien intervenciones técnicas sobre los sistemas de suministro o sobre los equipos o dispositivos de consumo. Básicamente son de dos tipos: los que intentan estimular el ahorro voluntario de agua reforzando la concienciación ciudadana, y los que actúan sobre los precios del agua para disuadir el despilfarro.

Programas de Eficiencia son aquellos que persiguen una reducción del consumo de agua potable mediante la introducción de modificaciones técnicas en los equipos y dispositivos de consumo. Pueden ser muy variados según los sectores consumidores sobre los que se actúa.

Programas de Sustitución son aquellos en los que se fomenta la sustitución de la utilización de agua potable de la red general por aguas de otras procedencias, actualmente no utilizadas.

Programas de Comunicación son aquellos destinados a poner en conocimiento de la población tanto los objetivos del plan como los resultados obtenidos (antes, durante y después), dotando al plan de la transparencia necesaria para su correcta percepción y valoración por parte de los ciudadanos.

Programa Económico-Financiero debe garantizar la viabilidad del plan, para el que se debe contar con los recursos económicos suficientes que permitan alcanzar los objetivos marcados.

Estos programas deben incorporar un conjunto de campañas sectoriales encuadradas en varias de las categorías anteriores, pero estructurados mediante un enfoque integrado.

Mediante este enfoque se intenta asegurar que las diversas actividades están subordinadas a objetivos complementarios y no contradictorios, que su diseño e implementación está suficientemente coordinada, y que la gestión del plan esté unificada a un determinado nivel.

Así en ocasiones se hacen inversiones cuya recuperación económica esta basada en el crecimiento del consumo que conviven con programas de eficiencia que persiguen la disminución del consumo, esto puede provocar un fuerte desequilibrio económico que puede colapsar la prestación del servicio estando este además sobredimensionado.

Es por tanto imprescindible que los objetivos sean complementarios y no contradictorios, y esto se consigue mediante la integración en un solo plan con unos objetivos comunes.

Programas de Infraestructura son aquellos que persiguen la puesta a punto del sistema básico de distribución para reducir las pérdidas en las redes y para posibilitar el control del consumo de agua que realizan los diversos grupos de usuarios. Asimismo se incluyen dentro de este tipo de programas todas las actuaciones encaminadas hacia la prestación del servicio buscando la sostenibilidad y a la protección del medio ambiente.

- **Renovación, reparación de redes, eliminación de fugas y sustitución de materiales inadecuados**

Se cuenta con una tecnología que permite emplear sistemas avanzados para la detección de fugas y el sellado de las mismas. El objetivo debe ser disminuir las pérdidas de la red, se debe establecer un plan detallado de actuaciones con el rendimiento técnico a alcanzar estableciendo un objetivo concreto de m^3 de disminución de los m^3 enviados a la red.

En este tipo de actuaciones también se incluyen las sustituciones de conducciones que por su antigüedad o material generan problemas tanto de rendimiento como de riesgos medioambientales.

Programas de Gestión

Incluyen una amplia gama de programas instrumentales, esto es, de instrumentos de gestión bien sea al servicio de otros programas sectoriales o del conjunto del plan integral de gestión eficiente de la demanda urbana de agua.

- ***Gestión informatizada de redes***

Los sistemas de gestión informatizada de redes ayudan a optimizar la utilización del agua disponible, a mejorar la programación del mantenimiento, a adaptar el régimen de presiones a la situación de la demanda, a reducir las pérdidas por fugas e intrusismo y, en general, aumentar la eficiencia en el uso del agua.

3. TEORÍA DE LA GESTIÓN MEDIANTE DISTRITOS HIDROMÉTRICOS

La distribución racional de agua en un sistema de suministro constituye un problema hidráulico bastante complejo. La conducción a presión en conductos cerrados implica una regulación de caudales y presiones para asegurar que llegue a cada usuario las dotaciones de agua necesarias.

Si esto no se alcanza, el desbalance puede frecuentemente causar que se establezcan zonas de sobre consumos, mientras que en otros sectores se cuenta con subpresiones y caudales insuficientes para asegurar las demandas. Un método que contribuye a igualar las disponibilidades de agua para los usuarios de un acueducto es la sectorización.

La sectorización es la división de una red de distribución en subredes más pequeñas. Esta es una opción estratégica que reduce el área de inspección para la detección, localización y control de anomalías en el suministro, tales como averías, fugas y subpresiones. Además, mediante la implantación de un sistema de control, la sectorización permite mejorar sustancialmente la gestión de la explotación de la red, optimizando los volúmenes de suministro y presiones en cada sector.

Un sector es una zona de la red que se aísla hidráulicamente mediante la utilización de válvulas, y se controla a través de equipos de medición ubicados en uno o varios puntos de entrada a la misma. Constituye una unidad de distribución suficientemente limitada y homogénea para que la gestión de los datos a captar y analizar sea lo más rápida y fiable posible.

Los objetivos fundamentales de la sectorización son:

- Mejorar el rendimiento técnico de la red de abasto teniendo en cuenta que debe ser aprovechada al máximo toda el agua que entra al circuito.
- Definir la instalación de los medidores necesarios para contabilizar el agua que entra a cada sector, así como a cada usuario, de manera independiente.
- Aumentar el horario de servicio en las zonas más afectadas.
- Mejorar las presiones de servicio.
- Tener un control estricto de todos los clientes, manteniendo una vinculación estrecha con la actividad comercial para la depuración correspondiente de sus bases de datos.
- Lo anterior permite asegurar un servicio eficiente con el consiguiente ahorro de los recursos hídricos.

Los cinco pasos para la aplicación de la sectorización son:

1. Confección del anteproyecto del sistema.
2. Diseño e implantación de una experiencia piloto en un sector.
3. Ampliación de la experiencia piloto a dos o tres sectores más.
4. Revisión del estudio de viabilidad técnico- económica a la vista del análisis de los resultados reales.
5. Integración con el sistema de control centralizado de la red.

En la Figura. 1, se puede observar un diseño típico de sectores y DMA's

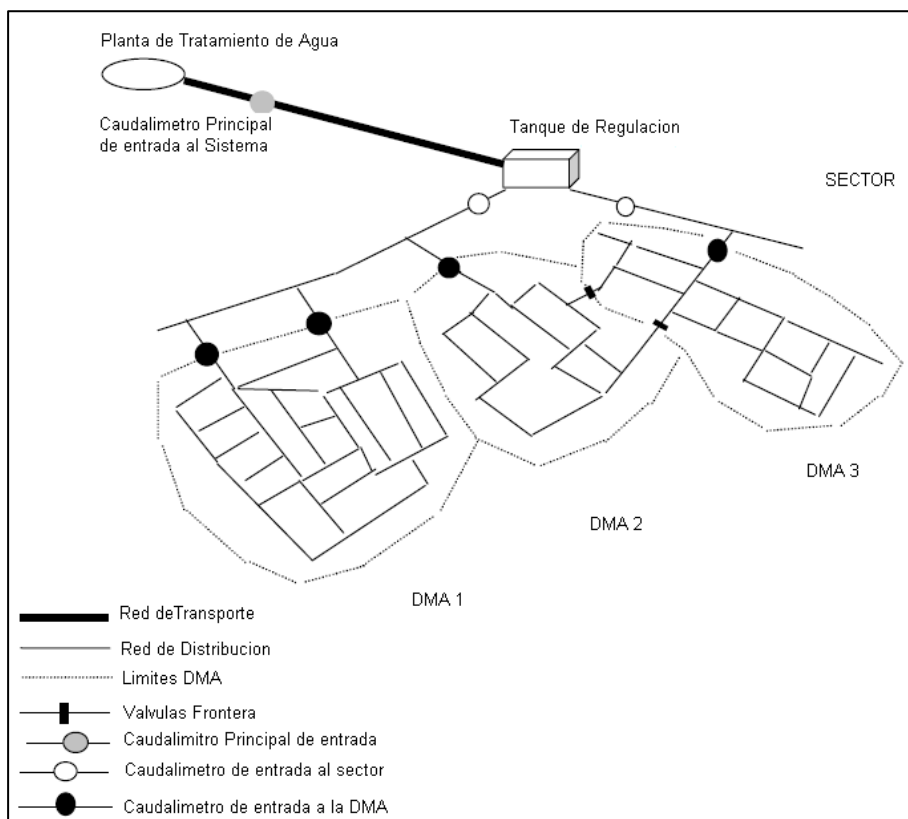


Figura. 1 Configuración típica de una DMA

El fundamento principal en el que se basa la gestión mediante DMAs es en el conocimiento y uso de los flujos para determinar el nivel de pérdidas en las áreas definidas previamente. La implementación de las DMAs nos permite determinar los niveles de fugas y consecuentemente priorizar las actividades de localización de las mismas. Así, monitoreando los flujos en las DMAs será posible identificar la presencia de nuevas roturas y por tanto actuar de manera que las mantengamos en el nivel óptimo. Las fugas son dinámicas y mientras que inicialmente podemos lograr reducciones significativas, los niveles tras un período de tiempo tenderán a subir a no ser que se lleve a cabo un continuo control de las fugas. Por tanto, la gestión de las

DMAs deberá ser considerada como un método para reducir y posteriormente mantener un bajo nivel de fugas en la red de abastecimiento.

La clave para la gestión de las DMAs es el correcto análisis del flujo nocturno para determinar si hay un exceso de fugas e identificar la presencia de aquellas que hayan podido originarse.

4. MONITOREO DE LOS DISTRITOS HIDROMÉTRICOS

4.1 Suministro de agua y su monitoreo.

La rutina más importante en cualquier sistema de distribución de agua es asegurar que oportunamente llegue suficiente agua a cada casa. Por lo tanto una operación básica es la regulación (transformación) de flujos para adaptarlos a las horas de máxima demanda, y a las de la menor demanda. En ciudades modernas estas operaciones son automáticas gracias a la misma capacidad de almacenamiento de los tanques de regulación distribuidos por la ciudad. Los tanques deben tener válvulas de flotador o de diafragma para cortar el flujo cuando se llena el tanque y así evitar derrames, los dispositivos además pueden mandar una señal electrónica para apagar alguna bomba remota. Estas operaciones tienen que hacerse manualmente en ciudades o sistemas poco desarrolladas o durante alguna emergencia.

Las salidas de cada pozo, la entradas a cada tanque y los volúmenes o flujos que transitan por cada tubería principal pueden registrarse confiablemente mediante contadores de volúmenes (macromedidores), detectores de niveles, manómetros, data-logger o varios otros dispositivos. Estos además de registrar muchos datos en intervalos cortos durante varios días, pueden estarlos enviando a alguna oficina para su control y procesamiento informático.

Las bombas y las válvulas pueden pre-programarse para arrancar o parar en horarios fijos, también pueden monitorearse y controlarse automática o semi-automáticamente mediante sistemas computarizados de control supervisorio (SCADA).

Para una acertada operación es esencial que de antemano los ingenieros hayan estudiado con detenimiento el sistema para establecer y diseñar reglas de operación conforme a las características hidráulicas de la red y de las demandas de agua en cada zona de la ciudad. Se deberán proponer rutinas de trabajo (encendido de bombas, actuación de válvulas reguladoras de presión, programación de dosificadores de cloro, etc.) para diferentes momentos del día y también reglas de operación estacional. Esos estudios deben contemplar también controles apropiados para prevenir casos de flujos o de presiones demasiado altos o bajos. Posteriormente la vigilancia y monitoreo de la correcta operación puede hacerse mediante sistemas SCADA que controlen presiones y flujos en puntos seleccionados de la red; pero en su defecto igualmente podrán llevarse registros y controles manuales.

La telemetría y la capacidad de comunicarse con rapidez contribuyen a una correcta operación y mantenimiento en un sistema tan extendido y complejo como es una red de agua

potable. Para ello puede usarse radiocomunicación, telefonía móvil y telemetría satelital. Estas tecnologías permiten tomar lecturas de diferentes equipos con rapidez, comodidad y con poco riesgo de errores. Conocer el estado y flujos que pasan o han pasado por los diferentes componentes en la red, facilita revisar si se están satisfaciendo las necesidades urbanas y efectuar auditorias (balances) de agua.

Una importante rutina de supervisión es la de periódicamente leer los medidores domiciliarios (contadores o micromedidores) de todos los usuarios. Esto no solo aportará datos para facturar conforme a los consumos, sino también dará la pista sobre posibles fugas en la red, o sobre conexiones clandestinas.

4.2 Los distritos hidrométricos

Los modelos de simulación hidráulica computarizados ayudan a entender como circula por los conductos y como se reparte el agua a los diferentes sectores de una ciudad, sin embargo los modelos requieren información detallada de la red de tuberías y sus estados de conservación, cosa que muchas veces no se sabe con precisión.

Para entender un problema complicado con información incompleta, lo mejor es desgranarlo en partes que puedan irse entendiendo y analizando individualmente. Este es el principio para saber como circula el agua, a donde se está yendo y si hay pérdidas en una red ya existente de cientos o miles de kilómetros de tuberías en cualquier ciudad. En lugar de tener toda la red interconectada y permitir que el agua circule de cualquier forma y por cualquier camino para llegar a determinado punto, se “sectoriza” la red y con ello se fuerza al agua a seguir únicamente ciertos caminos que permitan medir y estudiar mejor los flujos, las presiones y hasta su calidad, en diferentes horas del día o en diferentes días de la semana.

Los “distritos hidrométricos” (DH, o en inglés DMA “district metering areas”) son sectores que pueden aislarse hidráulicamente de la red de distribución mediante válvulas, al desconectar tuberías físicamente, y que pueden utilizarse para precisar el diagnóstico, detectar fugas, facilitar la eliminación y optimar el control de pérdidas de agua de una localidad.

Mediante un medidor volumétrico (macromedidor) instalado a la entrada de alguna subdivisión de la red (DMA) puede conocerse el volumen de agua que entró a esa zona durante cierto periodo de tiempo, por ejemplo en un mes. Por otro lado, si para ese para mismo periodo mensual se tienen las lecturas de medidores de consumo en cada casa o inmueble conectado a la red, la suma de esos consumos individuales puede compararse contra el total de agua que entró a la zona y determinar el monto de las fugas y tomas clandestinas. La información sobre fugas, seguramente causada por fisuras o desacoplamiento de tuberías, debe llevar a implementar acciones correctivas lo antes posible.

Desde luego reparar fugas suele ser complicado y costoso, y las acciones no pueden realizarse tan rápido como se quisiera. Regularmente hay que establecer prioridades y algunas estrategias económicas.

Los balances volumétricos (auditorias de agua) y la estadística aportarán la información para decidir si, en vez de una reparación local, es mejor efectuar un reemplazo completo de la tubería. Algunas fugas o escapes de agua pueden ser visibles, pero muchos otros en el subsuelo no afloran a la superficie y por tanto son invisibles. Para localizar estos últimos se requieren detallados análisis y sondeos auditivos, pero la pista inicial de cuanto pueden valer y donde están la da precisamente el balance de agua en los distritos hidrométricos.

El mismo principio de separar una red amplia y compleja en pedazos que puedan medirse y estudiarse individualmente, puede aplicarse a terrenos individuales, industrias y edificios grandes, o casas particulares, donde se desee detectar áreas de oportunidad para ahorrar agua o encontrar posibles fugas de agua. Se subdivide la red hidráulica interna en algo equivalente a los DMA, se instalan medidores en diferentes puntos y se comparan esos registros contra estimados de los consumos que generan los diferentes procesos industriales o aparatos hidro-sanitarios que existan en esa sección del inmueble.

4.3 Balances nocturnos en distritos hidrométricos.

En muchas ciudades o al menos en algunos sectores de ciertas ciudades el Organismo Operador puede no tener instalados medidores de consumo individuales, o incluso aunque los hubiera es difícil sincronizar la toma de lecturas de cientos de domicilios en un corto periodo y compararlos contra el dato del macromedidor.

Es mucho más práctico recurrir a comparativos durante altas horas de la noche, cuando duermen los habitantes, para ver los registros que arroje el macromedidor. Normalmente el gasto (flujo) nocturno debe ser cero o al menos muy reducido. Si es muy elevado puede ser indicativo de fugas en ese sector de la red.

La medición sistemática de flujos además de aportar balances y pistas sobre zonas de posibles fugas o tomas clandestinas, sirve para determinar cuales son los factores que modifican temporalmente la demanda de agua potable y para analizar la demanda de cada tipo de usuario (doméstico, comercial e industrial y público como escuelas, hospitales, oficinas de atención, parques). Los consumos y tendencias diferenciales, entre otras cosas, sirve para proponer tarifas apropiadas a estrategias de “administración de la demanda” y motivar menos descargas de contaminantes y alentar prácticas de reuso o tratamiento local.

En general el consumo de agua se expresa en volumen medio (litros, metros cúbicos) por habitante al día. Si se comparan consumos (lo que entra a las casas, o las dotaciones -lo que se suministra a la red y por tanto incluye las fugas-) entre diferentes ciudades del mundo, se

observará que el consumo medio Per cápita varía mucho de un lugar a otro. Hay muchos factores que inciden en esos valores, tales como: nivel de vida, clima, costo del agua, existencia o inexistencia de micromedidores, y calidad del agua. Es interesante estudiar también los cambios de comportamiento de la demanda que genera el cambio en alguno de esos factores, por ejemplo el precio del agua (elasticidad de la demanda).

El concepto de monitoreo de las DMAs consiste pues en medir los flujos inyectados en el área delimitada por la DMA en el momento del día en el que la demanda es la más baja, pudiendo así eliminar así el consumo de los abonados. Esto es lo que se le conoce como el Análisis del caudal mínimo nocturno. En la mayoría de las situaciones, dicho caudal mínimo ocurre entre las 02:00 y las 05:00 am.

Esto nos permite evaluar las fugas de la red en cada una de las DMAs, mediante una metodología que consiste en calcular cada uno de los componentes del caudal mínimo nocturno, de acuerdo con una serie de valores aproximados. Así, los datos que precisamos conocer son el número de usuarios, la presión media nocturna y los consumidores excepcionales, pudiendo estimarse el número de usuarios no domésticos a partir del porcentaje global de la compañía. Se trata por lo tanto de determinar el caudal mínimo al que se podría llegar si sólo existieran fugas latentes y consumos de usuarios, lo que se puede considerar como el consumo nocturno inevitable de agua.

En la siguiente imagen podemos observar los componentes del caudal mínimo nocturno:

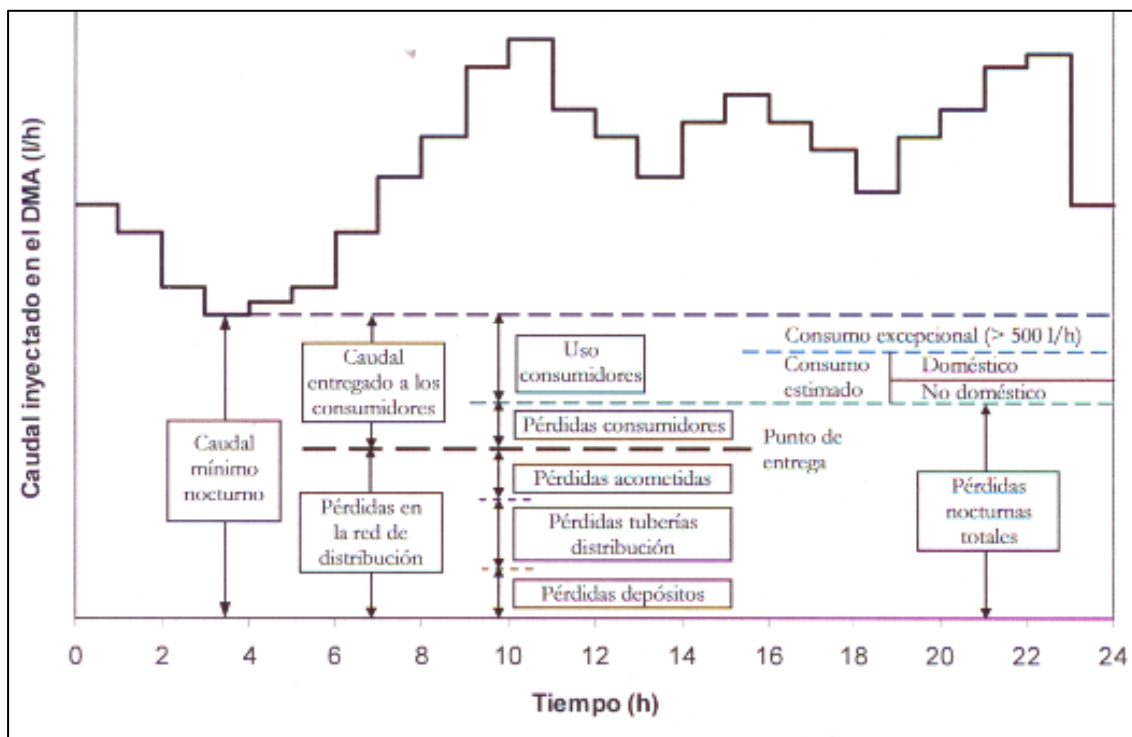


Figura. 2 Componentes del caudal mínimo nocturno

4.4 Medidor de agua.

Las empresas de agua emplean y necesitan medidores volumétricos como herramientas de gestión apropiada. Hay muchos tipos y modelos de medidores de agua, con diferencias en diseño, material, tamaño, precisión, principio de funcionamiento, manera de leer o captura los datos, así como en la manera de instalarlos.

Los contadores o medidores del agua se instalan en domicilios individuales suelen denominarse micromedidores, y a los que se instalan a la salida de pozos profundos, o a la entrada de distritos hidrométricos se les llama “macromedidores”

Hablar de medidores, de estrategias para su instalación, de sus precisiones, criterios de selección, métodos de prueba, rutas de lectura, y varios otros asuntos relacionados, no es el motivo central de esta guía; por tanto no se entrará en esos temas, que deberían ser motivo de una guía específica, similar a la presente.

Únicamente aquí se hace hincapié en las siguientes ideas:

- Los medidores de agua, al menos macromedidores, y lecturas frecuentes de los mismos, son requisito indispensable para efectuar auditorías de agua.
- Por el lado de la demanda es indispensable tener completos y detallados padrones (inventarios) de usuarios, con caracterizadores y descriptores de sus características de consumo.
- Quien realice o supervise balances volumétricos debe estar muy compenetrado en detalles técnicos y logísticos de los medidores; incluido el saber de características, precisión de diferentes modelos de equipos, software para integrar estadísticas, equipos para recibir señales remotas, etc.
- La medición es importante para lograr la conservación del agua (uso eficiente del agua) en lugares donde está la disponibilidad del agua está o estará debajo de la demanda potencial.
- Los medidores tienen una vida útil relativamente corta (4 a 8 años) por lo que debe planearse su reposición continua.
- Los medidores pueden perder su precisión o calibración, por lo que hay que estarlos revisando frecuentemente.
- Los medidores mismos, como cualquier accesorio hidráulico en un conducto, generan pérdidas de carga adicionales equivalentes a reducir la capacidad de conducción. Hay

modelos que producen menos pérdidas que otros. El efecto de las pérdidas de fricción requerir mayores capacidades de bombeo e incrementar los costos operativos en energéticos.

4.5 Balances volumétricos de agua.

Un balance es lo mismo que una auditoria, que sirve para conocer como se comportan los suministros y las demandas. Permite comparar que tan bien se emplean los recursos de una institución y si no hay pérdidas. Cuando las hay, deben cuantificarse y detectarse las causas, para tratar de corregirlas dentro de lo posible. A los “balances volumétricos” de agua en ocasiones se les llama “auditorias de agua”. La técnica de balancear o auditar es algo que debe hacerse rutinaria y constantemente, y no porque las cosas hayan salido bien o aceptables una vez, quiere decir que ello ocurra así siempre. Una red de agua tiene muchos kilómetros de tuberías y miles de clientes (casas e industrias con conexiones a la red), así que el auditar una zona o a un subconjunto de clientes determinado no garantiza que otras partes del sistema estén bien.

Los balances tienen que hacerse tanto para todo el sistema, como para sectores, puesto que lo importante es detectar diferentes puntos donde están ocurriendo pérdidas (de agua o de dinero), o dicho de otra forma, las “oportunidades de mejora” hay que buscarlas tanto para todo el sistema como individualmente para sus partes.

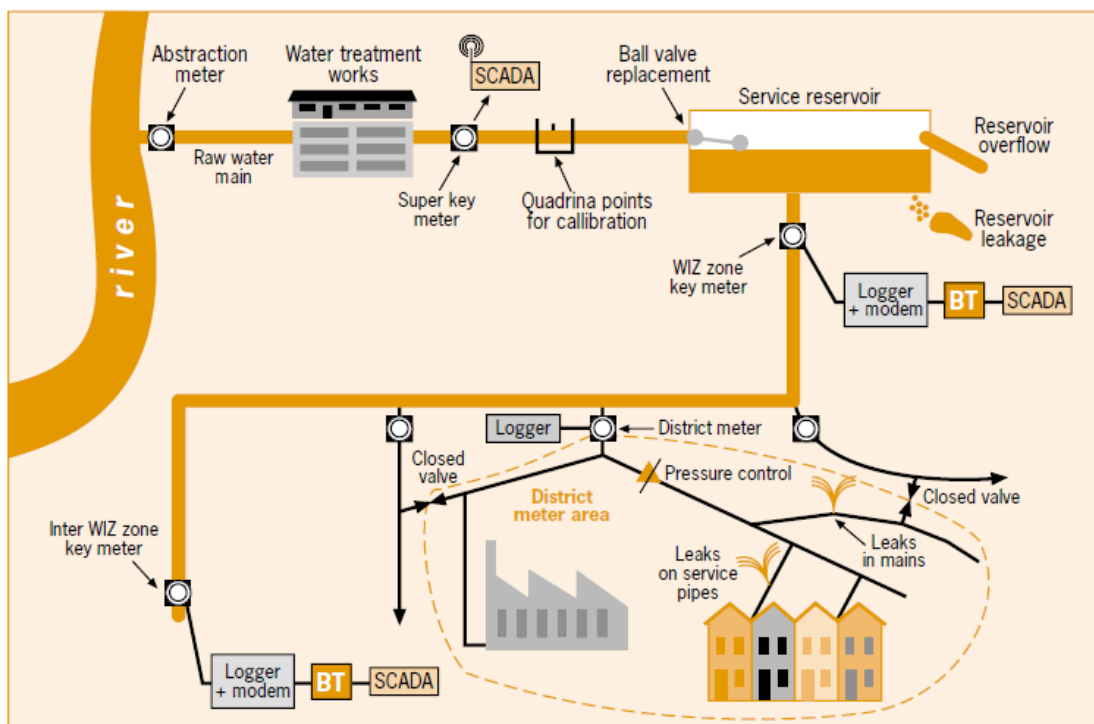


Figura. 3 Plan de medición en un sistema de distribución de agua

Un efectivo y claro balance entre las entradas y salidas de un sistema es fundamental para determinar si la gestión de un servicio es correcta. Para el caso de los servicios públicos de abastecimiento urbano de agua, periódicamente debe compararse el volumen tomado de las fuentes contra el agua entregada a los hogares e industrias. Asimismo debe compararse el dinero gastado en las operaciones del sistema y los ingresos monetarios por cobros a los clientes.

Entonces un primer paso para conocer si una institución y sus directivos se desempeñan apropiadamente, es determinar cuanto valen las pérdidas de agua y si estas tienden a aumentar o a disminuir.

Desde el año 2000 existen estándares internacionales de cómo deben hacerse esas evaluaciones, pues antes se prestaba a que cada Organismo hiciera sus propias definiciones, a veces tendenciosas y sin mucho sustento. A continuación se mencionará la metodología estándar que maneja la IWA (International Water Association). Este sistema, ilustrado en la *Figura. 4*, para nombrar a los diferentes volúmenes de agua y para clasificar las pérdidas de agua, cada vez lo usan más países y empresas de agua en el mundo.

Volúmenes puestos en distribución	Consumos autorizados	Consumos registrados	Consumos facturados	Aguas contabilizadas (AC)
			Consumos no facturados	
		Consumos no registrados	Consumos facturados	Aguas no contabilizadas (ANC)
			Consumos no facturados	
	Pérdidas	Pérdidas aparentes	Inexactitudes de medición	
			Gestión del parque de contadores	
			Usos ilegales	
			Errores del sistema de facturación	
		Pérdidas reales	Fugas en la red de transmisión y distribución	
			Fugas y desbordamientos sobre los depósitos de la compañía	
Fugas en las conexiones de servicio hasta el punto de medición del cliente				

Figura. 4 Balance volumétrico estándar de la IWA

La IWA ha generado varios manuales donde se describe con detalle cada término del balance anterior, así como muchas otras variables y parámetros para la apropiada administración de una empresa de aguas. También propone diversos indicadores de gestión para llevar estadísticas y procesos comparativos (benchmarking métrico) entre diferentes prestadores de servicio en el mundo. Igualmente tiene un software (Sigma) que facilita llevar las estadísticas y cálculos, incluso considerando diferentes calidades de los datos.

4.6 Necesidad y uso de los balances y proyecciones de demandas

Es conveniente aclarar que el “balance volumétrico” tiene bastantes más finalidades y aplicaciones que meramente determinar los montos de las pérdidas. Desde luego la merma o pérdidas es un tema importante, especialmente en regiones con escasez de agua y con déficit financieros, pero antes de entrar de lleno a tema de pérdidas es prudente ampliar el panorama, diciendo que conocer los volúmenes que entran o salen de un sistema, cómo se reparten, cuando y por qué ocurren, etc., tiene el valor intrínseco de ampliar en conocimiento y la información sobre el sistema de abastecimiento de agua.

Existen algunos conceptos y términos muy importantes, como: “gasto medio”, “consumo”, “dotación”, “demanda horaria”, “gasto pico”, “capacidad de conducción instalada”, “capacidad de regulación o de almacenamiento”; que todo directivo debe conocer y manejar perfectamente. Debe manejar los términos tanto en su definición como en los valores que existen en su localidad, y no solo para los usuarios comunes o promedios, sino para las variantes que tienen según las principales categorías de clientes o de zonas territoriales. Es decir, diferenciarlos por categorías domésticas, comerciales, industriales o institucionales y por las principales zonas y subdivisiones que existan en la red hidráulica.

En una zona urbana deben diferenciarse los usos de agua, y conocerse sus valores y tendencias individuales. Ello para poder apoyar decisiones sobre coberturas del servicio, o sobre magnitud de la infraestructura. Incluso deben evaluarse o hacerse pruebas de comportamiento o encuestas sobre potenciales demandas para diferentes calidades del agua, por ejemplo de agua residual tratada para riego de jardines o consumos industriales.

Cuando se instalan medidores de consumo en sitios donde antes no existían y se establecen precios por cantidad de agua usada, el consumo en los hogares tiende a reducirse. Frecuentemente los resultados son temporales, a menos que el precio se haya elevado mucho. Las campañas de educación sobre ahorro de agua también tienen su impacto, al igual que algunas reglamentaciones sobre descargas al alcantarillado o sobre instalación de dispositivos ahorradores en las casas o edificios.

La demanda doméstica (viviendas) usualmente va asociado al nivel de ingresos (tipo de casa o de sector), a la cantidad de personas que ahí habitan, al número de baños o aparatos domésticos, y a la superficie ajardinada con que cuentan. Desde luego la manera más precisa de conocer las demandas es instalando aparatos medidores de consumo, pero en caso de no existir estos pueden hacerse estimaciones teóricas, o correlaciones estadísticas con otras ciudades vecinas que cuenten con medidores.

En casi todas las ciudades el consumo doméstico suele ser el principal demandante de agua. Generalmente es bastante mayor que la suma de los consumos industrial, comercial, turístico, institucional o de otro tipo. Claro que puede haber ciudades especiales donde la situación sea distinta, por ejemplo ciudades turísticas en temporada alta, o ciudades con muchos parques industriales. El directivo debe conocer esos datos y las explicaciones de cuales y porque son los mayores demandantes, y si tienen variaciones en distintas épocas del año.

La demanda industrial urbana suele ir asociada a las alternativas tecnológicas y las exigencias reglamentarias sobre contaminación y descargas, y sobre todo al precio unitario que cobre el organismo operador por metro cúbico abastecido o descargado al alcantarillado. Cuando se hacen **pronósticos de demandas** en una ciudad es importante diferenciar los tipos de industrias identificadas y efectuar pronósticos separados para diferentes usuarios, considerando los potenciales reglamentos y niveles tecnológicos y elasticidad de la demanda ante cambios en las tarifas.

4.7 Balance volumétrico y eficiencia del servicio de aguas urbanas.

Incluso en algo tan específico como el abastecimiento público de agua, el concepto “eficiencia” presenta distintos y variados ángulos y metas, que en ocasiones son complejos y contrapuestos. Simultáneamente es importante ahorrar en volúmenes de líquido extraídos y manejados, evitar la contaminación, eliminar erogaciones innecesarias, y distribuir el agua equitativamente (con justicia) entre los clientes.

Por tanto siempre habrá que matizar y priorizar conforme a problemáticas y tendencias específicas, como por ejemplo ¿que importa más en un momento dado?: asegurar ingresos monetarios a la institución para con ellos mejorar los salarios y dar estabilidad operativa; o ahorrar agua en un sector para luego entregarla en otra con servicio deficiente.

Otro ejemplo sería cuando hubiese una cantidad óptima de agua que debe entregarse a la gente, considerando salud, bienestar, y otros aspectos (por ejemplo una dotación de 150 l/hab/día), y cualquier otra cantidad por encima o por abajo de esa podría considerarse una ineficiencia.

Es común tener ineficiencias al transportar y entregar el agua, pues normalmente ocurren pérdidas (fugas) debidas a roturas o desperdicios en las redes de tuberías. La eficiencia de

transporte (“eficiencia física”) se calcula como el cociente del volumen total entregado a los clientes, obtenido de sumar los consumos registrados por los micromedidores (contadores volumétricos domésticos), dividido entre el volumen total extraído de las fuentes de abastecimiento. Otro indicador importante es la “eficiencia de recaudación”, que es la proporción que guarda el importe monetario recaudado (lo que realmente pagan los clientes a quienes se les enviaron recibos de cobro), respecto del monto total facturado.

El indicador de “agua no contabilizada” (“unaccounted for water”-UFW-) representa a la ineficiencia global de la empresa operadora, que conjuntamente considera a las pérdidas físicas y a las comerciales. Este indicador actualmente la IWA ya no lo emplea ni lo recomienda, y en su lugar ahora propone el diagrama de balance (expuesto anteriormente).

En lugar del indicador UFW, la IWA ahora recomienda el indicador ILI “índice de fugas en la infraestructura” (Infrastructure leakage index):

$$ILI = CARL / UARL$$

CARL = Pérdida anual real de agua (current annual real losses).

UARL = Perdida anual real inevitable en el sistema (system specific Unavoidable Annual Real Losses)

Tan solo para el tema agua potable (sin incluir saneamiento) la IWA propone que un organismo operador debe emplear cerca de 120 diferentes indicadores para tener una visión de distintos subtemas. Entre ellos uno también es interesante, tratándose de balances de agua, es el de: “Ineficiencia en el uso de los recursos hídricos” (Inefficiency of use of water resources = Real losses during the assessment period / system input volume during the assessment period x 100).

Uno de los más importantes para saber la solidez institucional de cualquier empresa sería la razón (cociente) entre la recaudación de dinero captada (ventas reales) y las erogaciones totales en ese mismo periodo.

CAPITULO 3.- APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS GIS Y SISTEMAS SCADA

1. INTEGRACION DE SISTEMAS GIS -SCADA PARA LA GESTION EFICIENTE DE REDES

Para realizar una óptima GESTIÓN en el suministro y distribución de agua potable, es necesario conocer a fondo la red y toda la información asociada a la misma. El Sistema de Información Geográfico (GIS), se define como un sistema computerizado para capturar, almacenar y visualizar datos que están referenciados geográficamente. En definitiva, el Sistema de Información Geográfico es una herramienta de tecnología avanzada que asocia una base de datos a un plano digital y que permite analizar y tomar decisiones sobre la red.

La aparición en el mercado de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha sido el factor desencadenante de casi todos los procesos innovadores en las empresas gestoras de redes hidráulicas. La causa no está en las posibilidades intrínsecas de esta herramienta sino en el conjunto de características que la convierte en núcleo al cual se acoplarán e integrarán todos los sistemas y herramientas que, de forma dispersa, venían resolviendo aspectos esporádicos e inconexos de la gestión.

Siguiendo la “Guía para la Implantación de Sistemas de Información en la Gestión de Redes de Suministro de Agua”, las necesidades desencadenantes de un enfoque integrador de herramientas tecnológicas en gestión de redes son:

Cumplimiento de estándares de calidad de servicio:

- Garantías de disponibilidad de información precisa y actualizada de las infraestructuras (en servicio, proyectadas, planificadas) con referencias geográficas.
- Conocimiento de la ubicación de los clientes en relación con infraestructuras y acontecimientos.
- Conocimiento de la presión de suministro y su evolución correspondiente a cada cliente.
- Conocimiento de interrupciones o insuficiencia en el suministro a cada cliente.
- Valoración de la calidad del agua suministrada.
- Conocimiento del funcionamiento de la red con detalle suficiente para valorar calidad de servicio y repercusiones de cualquier cambio.
- Conocimiento georeferenciado inmediato de reclamaciones, anomalías, obras y clientes fuera del estándar.
- Evaluación de riesgos de rotura o problemas de calidad de agua en situaciones coyunturales y normales.
- Conocimiento de la capacidad de suministro de las redes para situación actual y escenarios futuros.

- Conocimiento de las solicitudes existentes y previsibles de suministro en las redes.
- Evaluación del riesgo de disfuncionalidad de las infraestructuras. Minimización de las anomalías y su repercusión en los clientes

Eficiencia en la gestión del recurso:

- Disponibilidad de información suficiente y precisa para la detección y gestión de agua no contabilizada (autorizada o no).
- Disponibilidad de información on-line sobre el abastecimiento (telecontrol)

Eficacia de gestión económico-financiera:

- Establecimiento con criterios objetivos de las necesidades de inversión en planes de renovación y mejora (en términos de cantidad y calidad).
- Elaboración eficiente de proyectos sobre referencias reales y actualizadas.
- Mejora de la eficiencia en el seguimiento y control de obras.
- Valoración patrimonial georeferenciada y consistente con toda la información de infraestructuras de la empresa
- Conocimiento inmediato de estado de elementos operativos y actuaciones en curso.
- Definición rápida, precisa y actualizada de soluciones (suficientes/óptimas) ante disfunciones.
- Optimización de la operación (costes y riesgos).
- Soporte geográfico de referencia

Eficiencia en la atención al cliente:

- Envolverte de las anteriores consideraciones en la medida que supongan ir más allá del estricto cumplimiento de los estándares de calidad del servicio.

La operación y gestión de algunos sistemas requiere la utilización tanto de herramientas SCADA (sistemas de control supervisor y adquisición de datos), como de GIS (sistemas de información geográfica). Sin embargo, a menudo estas herramientas no se encuentran debidamente integradas entre sí, o bien no están adecuadamente integradas con terceras aplicaciones que deben compartir información con ellas. Este servicio ofrece el estudio de situaciones particulares de organizaciones, y desarrollo de soluciones de integración de sus sistemas SCADA y GIS, tanto entre sí como con terceras aplicaciones también utilizadas por la organización.

La conjunción de sistemas SCADA y GIS resulta de utilidad en redes de abastecimiento agua. Los sistemas SCADA se utilizan para monitorizar y supervisar la operación diaria de la red, mientras que los GIS se emplean para tareas de planificación y gestión, haciendo posible la consulta y modificación en cualquier momento de una gran cantidad de datos referentes a la

red. Como centros de información que son, los GIS deben estar conectados con otras aplicaciones utilizadas por la organización (SCADA, gestión de averías, gestión de abonados). La conexión del SCADA con el GIS hace posible que los datos supervisados por el SCADA se encuentren también disponibles y actualizados en el GIS (por ejemplo, en el caso de una red de abastecimiento de agua potable, consignas de válvulas, caudales circulantes, presiones...). Además, en algunos casos se utilizan modelos matemáticos de la red (ej. modelo de una red de suministro de agua), con objeto de simular el comportamiento ante nuevas situaciones, o bien de optimizar el funcionamiento de la red. La conexión SCADA-GIS-modelo hace posible mantener un modelo actualizado y calibrado del sistema, basado en la información sobre la red disponible en el GIS, así como en las medidas de campo obtenidas mediante el SCADA

Los beneficios de estas herramientas son muy claros:

- Mayor calidad en el servicio de la red, al disponer de información consistente y actualizada en todo momento.
- Optimización de los recursos disponibles, mediante la utilización de modelos matemáticos actualizados.
- Menores costes de operación, como consecuencia de la optimización.

2. INTRODUCCION AL SOFTWARE GISRED 2 PRO



Figura. 5 Ventana Acerca de GISRed v2.0 Pro

GISRed v2.0 Pro es una Extensión del Sistema de Información Geográfica ArcGIS Desktop 9.2, bajo licencia ArcView 9.2 de ESRI que incorpora un modelo de datos personalizado orientado a objetos, enfocado inicialmente a albergar la información necesaria para efectuar un

seguimiento pormenorizado de los datos recopilados por los distintos caudalímetros instalados en la red de distribución de agua, así como de la información relativa al parque de contadores existente en la misma y sus lecturas periódicas, todo ello con el objetivo de llevar a cabo diversos análisis hídricos. Asimismo, dicha estructura está pensada para facilitar la labor de localización de fugas en tiempo diferido con el objetivo de mejorar el rendimiento volumétrico del sistema. Además, la estructura ha sido optimizada con el objetivo futuro de obtener de forma sencilla y directa modelos de la red de distribución de agua a presión, capaces de ser simulados utilizando el programa de simulación hidráulica y de calidad EPANET 2.

Con la versión actual de GISRed 2 Pro, es posible crear una base de datos geográfica personal ('*personal geodatabase*') completa, importar datos del parque de contadores y datos procedentes del sistema SCADA, y llevar a cabo operaciones simples enfocadas a la obtención de balances hídricos en cada uno de los sectores hidrométricos del sistema analizado y consultas personalizadas sobre el conjunto de datos de la geodatabase de trabajo (GDB).

El objetivo último de la extensión GISRed 2.0 Pro será analizar los datos históricos registrados por los caudalímetros y desgranar las causas que puedan justificar el consumo no controlado, haciendo uso de toda la información de detalle disponible registrada sobre el sistema GIS, a fin de conducir los esfuerzos en el sentido adecuado para ir reduciendo paulatinamente los volúmenes de fugas reales y aparentes en la red, y así mejorar poco a poco su rendimiento.

2.1 Carga y activación de la extensión

1. Instalación de la extensión GISRed 2 Pro

Para su instalación, basta con ejecutar el archivo GISRed2Pro.exe y seguir las instrucciones del asistente de instalación. El instalador solicita al usuario que especifique la ruta de instalación. El instalador se encarga de registrar la librería dinámica necesaria para el funcionamiento de la extensión y de generar nuevas entradas en el registro de windows. Aunque en principio la ruta de instalación de dicha librería puede ser cualquiera, el instalador ofrece la siguiente ruta por defecto:

<Archivos de Programa>\...\ArcGIS\GISRed2Pro

2. Iniciar ESRI® ArcMap™ 9.2

- La extensión GISRed 2 Pro estará lista para ser utilizada, prueba de ello será la nueva barra de herramientas que se ofrece desde el entorno de ArcMap, denominada *GISRed 2 Pro - Herramientas*.

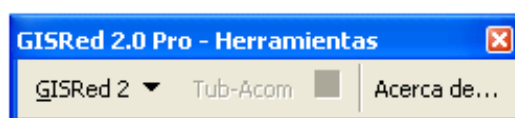


Figura. 6 Barra de herramientas GISRed 2 Pro

Si tras instalar GISRed 2 y abrir ArcMap, la barra de herramientas no fuera visible, una manera rápida de mostrarla es hacer clic con el botón derecho del ratón sobre una zona libre de la barra de menús o de botones de ArcMap (zona superior o inferior marcadas en rojo en la siguiente figura) para desplegar la lista completa de herramientas disponibles y activar la barra de GISRed 2 que aparece en dicha lista.

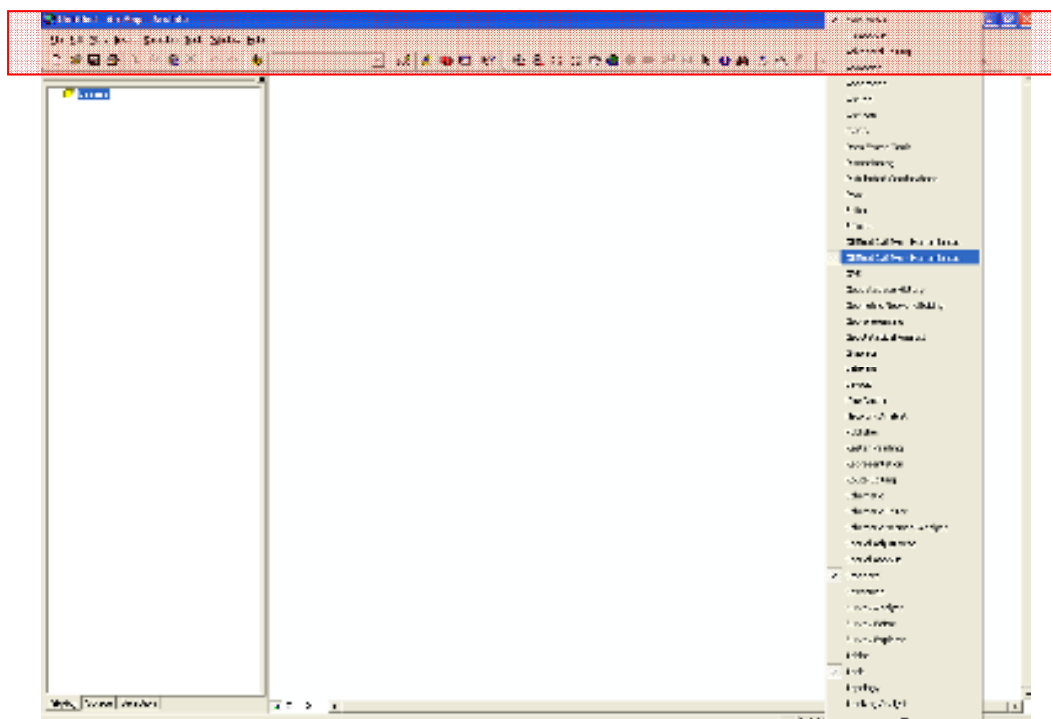


Figura. 7 Carga de la extensión GISRed 2 Pro

2.2 Creación y configuración de un proyecto GISRed 2 Pro

Los pasos básicos a efectuar con la extensión GISRed v2.0 Pro para generar una base de datos geográfica, incorporar los datos básicos y configurar un proyecto son:

1. Iniciar sesión en ArcMap. Si GISRed ha sido instalado, por defecto la extensión ya debe estar cargada
2. Crear una nueva Geodatabase de GISRed desde el entorno de ArcMap o bien activar una GDB existente.
3. Para incorporar datos a la nueva GDB, es necesario hacer uso de los temas estructurados. Por lo tanto, habrá que crear temas/tablas estructuradas que faciliten la tarea de edición (por el momento sólo está disponible la herramienta de incorporación de datos)

4. Para rellenar los temas y tablas estructurados de tuberías, válvulas de corte, depósitos, embalses, acometidas, medidores, etc., se recomienda utilizar la opción de 'Load Data' de ArcCatalog.
5. Una vez rellenados los temas estructurados, se debe consolidar toda la información sobre la GDB activa. El orden de consolidación es importante y debe ser el siguiente: DMA's, Tuberías, Acometidas, Suministros, Contadores, Lecturas. Las válvulas de corte, medidores de caudal, embalses y depósitos deben consolidarse una vez consolidadas las tuberías y las DMA's.
6. El siguiente paso sería importar datos de medidas de caudal para los caudalímetros que se acaban de dar de alta. Para ello se debe utilizar la opción de edición 'Cargar Mediciones'.
7. Una vez realizadas estas operaciones, el usuario, estará en disposición de llevar a cabo análisis y consultas básicas relativas por ejemplo al balance hídrico en cada una de las zonas de demanda definidas de la red o bien a las relaciones existentes entre los diversos elementos de la red de distribución (gráficamente o alfanuméricamente).

2.3 Descripción de la GDB personal de GISRed (principal y estructurada)

La base de datos geográfica creada por GISRed es una geodatabase personal, es decir, un fichero de MSAccess con extensión *.mdb, con todas las tablas propias de GISRed y todas aquellas tablas necesarias para que ArcMap reconozca el fichero como una base de datos geográfica.

Al mismo tiempo que se crea la GDB personal de GISRed, se crea un **subdirectorío** llamado **TblEstruct** dentro del directorío especificado, en el que se crea una **GDB personal con una serie de temas y tablas estructurados**.

Las tablas estructuradas contienen información correspondiente a:

Cartografía de Red

Tuberías

Válvulas de Corte

Depósitos

Embalses

Operaciones

Mediciones

Medidores

Sectores-DMA's
DMA's
DMA's Agrupadas
Asociación de DMA's y Caudalímetros
Asociación de DMA's y válvulas frontera

Acometidas - Suministros
Acometidas
Puntos de Suministro
Usos

Consumos
Contadores
Lecturas de Contadores

➤ **Cartografía de Red**

Tuberías:

Tabla estructurada para la incorporación de nuevas tuberías al sistema (alta de tuberías). La tabla contiene las entidades gráficas y propiedades características de las tuberías que forman parte de la red y que constituirán un subtipo de la tabla de líneas del modelo de red.

El campo SHAPE o de geometría debe ser una polilínea.

Las tres propiedades básicas de una tubería son su Longitud, Diámetro y Coeficiente de Rugosidad.

Válvulas de Corte

Tabla estructurada para la incorporación de nuevas válvulas de corte al sistema (alta de válvulas de corte). Esta tabla contiene la definición y propiedades físicas de las nuevas válvulas de corte que forman parte de la red, si bien no se verán reflejadas en el modelo (las válvulas que aparecerán en el modelo se declaran como líneas, subtipo Válvulas de Regulación).

El campo SHAPE debe ser un punto, que obligatoriamente debe estar situado sobre alguna tubería (no Bomba ni Válvula de Regulación).

Depósitos

Tabla estructurada para la incorporación de nuevos depósitos o aljibes al sistema (alta de depósitos). La tabla contiene las entidades gráficas y propiedades características de los depósitos del sistema.

El campo SHAPE o de geometría debe ser un punto. Además, un depósito sólo será incorporado a la GDB de GISRed si la entidad gráfica asociada al mismo encuentra alguno de los nudos creados automáticamente por GISRed (dentro de una tolerancia especificada).

Las propiedades básicas de un depósito son su cota de solera, y su sección recta.

Embalses

Tabla estructurada para la incorporación de nuevos embalses al sistema (alta de embalses). La tabla contiene las entidades gráficas y propiedades características de los embalses del sistema.

El campo SHAPE o de geometría debe ser un punto. Además, un embalse sólo será incorporado a la GDB de GISRed si la entidad gráfica asociada al mismo, encuentra alguno de los nudos creados automáticamente por GISRed (dentro de una tolerancia especificada).

La propiedad más importante de un embalse es su altura total, o altura de la lámina libre del agua sobre el nivel de referencia. Dicha altura se supone invariable, y sustituirá al valor de la cota del terreno para este tipo de Nudos.

➤ Operaciones

La Tabla de Operaciones hace referencia a las diferentes capacidades u operaciones disponibles en la versión actual de GISRed2Pro, en relación con la gestión de la GdB, la edición de los datos de la GdB o las consultas a los datos almacenados en ella.

➤ Mediciones

Medidores

Tabla estructurada para la incorporación (alta) de nuevos puntos de medida y medidores al sistema.

Los Puntos de Medida son puntos de la red, con una ubicación física determinada, y preparados para alojar algún tipo de medidor que registre los valores de la variable hidráulica medida de forma continua. En la práctica los valores de la variable medida pueden ser registrados por un data-logger o bien teledados desde un puesto central y almacenados por el sistema SCADA.

➤ Sectores-DMA's

DMA's

Tabla estructurada de alta de nuevos sectores hidrométricos, para la incorporación de nuevas DMA's (simples y agrupadas) al modelo. Contiene la lista tanto de las DMA's simples como las DMA's agrupadas.

Si la DMA es Simple, entonces en el campo TipoDMA deberá contener una 'S'. Si es agrupada contendrá una 'A'.

La declaración de una nueva DMA, sea simple o agrupada, debe tener una fecha determinada, que se guarda en FecAltDMA.

DMA's Agrupadas

Tabla de declaración de altas para configurar las DMAS Agrupadas.

Una DMA Agrupada se define como la agrupación de una serie de DMAs simples, que normalmente serán adyacentes aunque no es obligado.

En la práctica, las DMAs agrupadas obedecen al interés por caracterizar el comportamiento de algunas zonas específicas, como por ejemplo las que dependen de un determinado depósito, o por ejemplo las zonas de mayor antigüedad de la red.

Asociación de DMA's y Caudalímetros

Tabla estructurada de asociaciones entre DMAs simples y puntos de medida en los que irán instalados los medidores de caudal. El objetivo de esta tabla es declarar los caudalímetros que delimitan a cada DMA Simple (las DMAs agrupadas se declaran como una agrupación de DMAs simples y no por los caudalímetros que las delimitan).

Todo caudalímetro debe tener un sentido de paso del flujo previamente definido, que será +1 si el agua entra en la DMA y -1 si sale de ella. Ello no impide que en algún momento la lectura sea de signo contrario, como puede suceder con los caudalímetros bidireccionales.

Asociación de DMA's y válvulas frontera

Tabla estructurada empleada para la incorporación de las asociaciones entre DMAs simples y válvulas frontera. En esta tabla se especifican las válvulas de corte de tipo frontera que rodean a cada DMA simple.

➤ Acometidas - Suministros

Acometidas

Tabla estructurada para la incorporación de nuevas acometidas al sistema. La tabla de acometidas contiene la definición y propiedades físicas de las nuevas acometidas que van a formar parte del sistema.

Las propiedades físicas fundamentales de la acometida son: diámetro, longitud y material, las cuales se consideran opcionales por ahora.

Toda acometida debe quedar necesariamente asociada a alguna DMA simple, cuyo *IdDMAExt* debe declararse (puede hacerse posteriormente). Asimismo, si ha construido previamente el modelo de la red y todas sus tuberías están declaradas, toda acometida deberá estar necesariamente asociada a alguna tubería de servicio, reflejada en el campo *IdLineaExt* (este campo puede incorporarse más tarde).

Puntos de Suministro

Tabla estructurada para la incorporación de nuevos puntos de suministro al sistema. La tabla de puntos de suministro contiene la definición de los nuevos puntos de suministro que van a formar parte del sistema, considerados como puntos de paso del agua hacia el abonado, y susceptibles de alojar un contador o no.

Los puntos de suministro se diferencian en puntos de suministro *Individuales* (directamente conectados a la acometida), *Parciales* (poseen un punto de suministro totalizador o de control aguas arriba) y *Totalizadores* (acumulan el agua proporcionada a los suministros aguas abajo), lo que se refleja en el campo *TipoSum*

Los puntos de suministro deben tener obligatoriamente una fecha de instalación *FecInstSum*.

Por otra parte, todo punto de suministro, sea del tipo que sea, debe quedar necesariamente asociado a alguna acometida (el campo *IdAcomExt* es obligatorio), siendo la fecha de la asociación *FecAltAcomSum* siempre posterior a las fechas de instalación del punto de suministro y de la acometida (por defecto se tomará la más reciente).

Sin embargo, la asociación de un punto de suministro con otro punto de suministro totalizador es optativa, y puede declararse posteriormente, una vez esté dado de alta. En tal caso, la fecha de alta de la asociación *FecAltSumTotSum* deberá ser posterior a las fechas de instalación del punto de suministro parcial y de su totalizador (por defecto se tomará la más reciente)

Además, todo suministro debe estar asociado necesariamente a algún Tipo de Uso (campo *IdUsoExt*), debiendo ser la fecha de alta de la asociación *FecAltSumUso* posterior a la fecha de instalación del suministro y de declaración del tipo de uso (por defecto se tomará la más reciente).

Usos

La tabla estructurada de tipos de uso establece los posibles usos o destinos del agua, conforme a la clasificación adoptada por la compañía distribuidora.

Todo tipo de uso tendrá asignado como propiedad un campo descriptor y un texto abreviado a alojar en el campo *TipoUso*, que será utilizado posteriormente en informes y diálogos.

➤ Consumos

Contadores

Tabla estructurada de asociaciones entre Puntos de Suministro y Contadores. La clave de entrada de la tabla es la combinación entre el *IdSumExt* asignado al punto de suministro y el *IdContExt* utilizado por EMASA para identificar a cada uno de los contadores instalados.

Lecturas de Contadores

Tabla estructurada de Lecturas de Contador. La tabla *QDiariosReg ESTR* debe contener el caudal medio diario en m³/día registrado por un contador, mientras está asociado a un determinado punto de suministro, entre dos fechas de lectura consecutivas. La clave de entrada de la tabla es pues la combinación *IdContExt* y *FecLec*

3. INTRODUCCION AL SOFTWARE SCARED

SCARed es una herramienta que permite la integración de sistemas SCADA con el simulador hidráulico EPANET para monitorizar en tiempo real las estrategias de control de una red de distribución de agua.

3.1 Funcionalidades de SCARed

Entre las muchas funcionalidades de SCARed son destacar:

- La estimación de variables hidráulicas no medidas directamente.
- El ensayo de acciones de control sobre el estado actual de la red.
- La reproducción de escenarios pasados, permitiendo simular estrategias de control alternativas.
- La planificación de operaciones futuras a corto plazo.

SCARed ofrece un interfaz abierto que permite su implantación en cualquier sistema de control de cualquier abastecimiento. Además, dada su arquitectura cliente-servidor, SCARed puede conectar con el sistema SCADA real implantado en la empresa, desde un entorno corporativo con claves de acceso para los diferentes usuarios del sistema.

El software SCARed representa para el operador de la sala de control y los técnicos encargados de la explotación del sistema, una herramienta de gran utilidad a la hora de tomar decisiones, al objeto de realizar un control óptimo de la red de distribución de agua, anticiparse a posibles emergencias que puedan surgir en un momento dado, o planificar las actuaciones a tomar antes de llevar a cabo una intervención relevante sobre la red.

3.2 Principales aplicaciones en control y optimización de redes de distribución de agua

- Monitorización en tiempo real de puntos de la red donde no existen transductores de medida.
 - Anticipación de acciones de control Play-back de situaciones pasadas
- Predicción de la demanda.
- Simulación de intervenciones y situaciones de emergencia.
 - Optimización de costes.
 - Herramienta de entrenamiento para operadores de sala de control.

3.3 Principales características de SCARed

Integración en entornos corporativos

SCARed es un software parametrizable que tiene la capacidad de poder ser implantado en cualquier entorno corporativo, con independencia del software de control SCADA utilizado por la empresa y del sistema gestor de bases de datos. SCARed conecta con el SCADA de operación tan solo para leer los datos en tiempo real, complementando las funcionalidades de éste.

Mantenimiento de una base de datos históricos

SCARed mantiene una base de datos históricos propia, en la que los datos de campo son previamente filtrados, agrupados por horas u otro intervalo elegible por el usuario, y complementados con toda la información adicional requerida para poder llevar a cabo las simulaciones con el modelo de la red.

Simulación de maniobras

Mediante el control de las consignas de las válvulas y el régimen de funcionamiento de las estaciones de bombeo, el operador de la sala de control puede simular cualquier tipo de maniobra sobre bombas, válvulas, etc, antes de llevarla a cabo.

Monitorización de puntos virtuales de la red

Las capacidades de simulación de SCARed y el hecho de contar con un modelo calibrado, permiten al operador monitorizar en cualquier momento sobre el sinóptico puntos de la red donde no existen físicamente transductores de medida (caudales, presiones, niveles, etc), con el consiguiente ahorro de costes para la empresa.

Análisis de situaciones pasadas

SCARed permite analizar cualquier situación pasada de la red que haya sido registrada en la base de datos históricos mantenida por la aplicación. Se pueden monitorizar bien situaciones instantáneas o bien secuencias de eventos ocurridas a lo largo de un intervalo de tiempo pasado, por ejemplo, el comportamiento del sistema a lo largo de un fin de semana

Previsión del funcionamiento futuro a corto plazo

La posibilidad de simular el comportamiento de la red a lo largo de un periodo de tiempo, por ejemplo 24 h, permite a SCARed planificar el funcionamiento del sistema a corto plazo. A tal fin se efectúa primero una predicción de la demanda y a continuación se extrapolan en primera instancia la acciones de control de un día pasado similar. A partir de ellas el usuario puede introducir los cambios que considere más oportunos.

Representación grafica de las simulaciones

Los resultados de las simulaciones del estado de la red en cualquier instante o secuencia temporal de cualquier punto de la red contenida en el sistema SCADA se pueden representar mediante un grafico de líneas. Además se da al usuario la opción de poder imprimir o guardar los gráficos resultantes de la simulación.

Intercambio de ficheros del modelo

La versatilidad de SCARed le permite actualizar el modelo base utilizado para las simulaciones en cualquier momento. Éste puede ser un modelo de detalle o estratégico, y calibrado para unas condiciones u otras de funcionamiento de la red. Asimismo, el modelo base, una vez adaptado a la situación particular simulada a partir del fichero de históricos, puede ser exportado a EPANET para introducir cualquier cambio sobre éste no previsto desde SCARed. Por ejemplo, el cierre de una tubería para llevar a cabo una intervención, partiendo del modelo correspondiente a una situación pasada similar a la del día previsto para realizar dicha intervención.

Optimización mediante redes neuronales y algoritmos genéricos

La aplicación permite la integración de optimizadores desarrollados a medida empleando algoritmos matemáticos, al objeto de mejorar el régimen de explotación de la red de suministro de agua y reducir costes energéticos, lo que constituye el próximo objetivo a abordar. En este sentido, el grupo REDHISP ha desarrollado ya las técnicas básicas a emplear para ello.

Integración de componentes de software

SCARed permite a los desarrolladores incorporar nuevas funcionalidades a dicha herramienta, dada su arquitectura orientada a componentes cliente-servidor y la versatilidad a la hora de optar por cualquiera de los lenguajes de programación existentes en el mercado, ofreciendo así la posibilidad de confeccionar tanto interfaces

CAPÍTULO 4.- CASO DE ESTUDIO: RED DE ABASTECIMIENTO DE MÁLAGA

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO

1.1 Localización geográfica



Figura. 8 Localización geográfica de Málaga

Málaga es una ciudad española, capital de la provincia homónima, en la comunidad autónoma de Andalucía. Está situada en el extremo oeste del mar Mediterráneo, al sur de la península Ibérica, a poco más de 100 km al este del Estrecho de Gibraltar.

Su territorio municipal ocupa una extensión de 395 km² que se extienden sobre los Montes de Málaga y el Valle del Guadalhorce. La ciudad está situada en el centro de una bahía rodeada de sistemas montañosos. Dos ríos, el Guadalmedina y el Guadalhorce, la atraviesan desembocando en el Mediterráneo.

Málaga constituye en la actualidad un notable centro económico y cultural a nivel autonómico y un importante nudo de comunicaciones gracias a su puerto y aeropuerto.

Los factores ambientales y geográficos que han incidido de un modo más notorio en el desarrollo y evolución de la ciudad han sido la influencia marina, la ubicación del municipio sobre dos valles fluviales (Guadalhorce y Guadalmedina), su orografía y su régimen climático.

En la desembocadura del río Guadalhorce se han ido formando, merced a los aportes fluviales sedimentados, las conocidas como "marismas del Guadalhorce". En la actualidad ocupan una extensión de 60 hectáreas, y han sido declaradas Paraje Natural en 1989. El otro río que ha intervenido decisivamente en la historia de la ciudad es el Guadalmedina, en árabe "el río de la ciudad". Tiene 47 kilómetros de longitud, y recibe la mayor parte del agua de los aportes que le llegan desde los Montes de Málaga.

Los Montes de Málaga han sido declarados Parque Natural en 1989, con lo que ello supone de una mayor protección de los mismos. La zona protegida comprende 4.762 hectáreas, de las que un 97 % pertenecen al municipio de Málaga. Su orografía es abrupta, con una altura media de 500 metros. Su origen vegetal arbóreo se sitúa en las repoblaciones hidrológico-forestales realizadas a partir de los años 30. En él podemos encontrar más de 230 especies vegetales y más de 160 vertebrados.

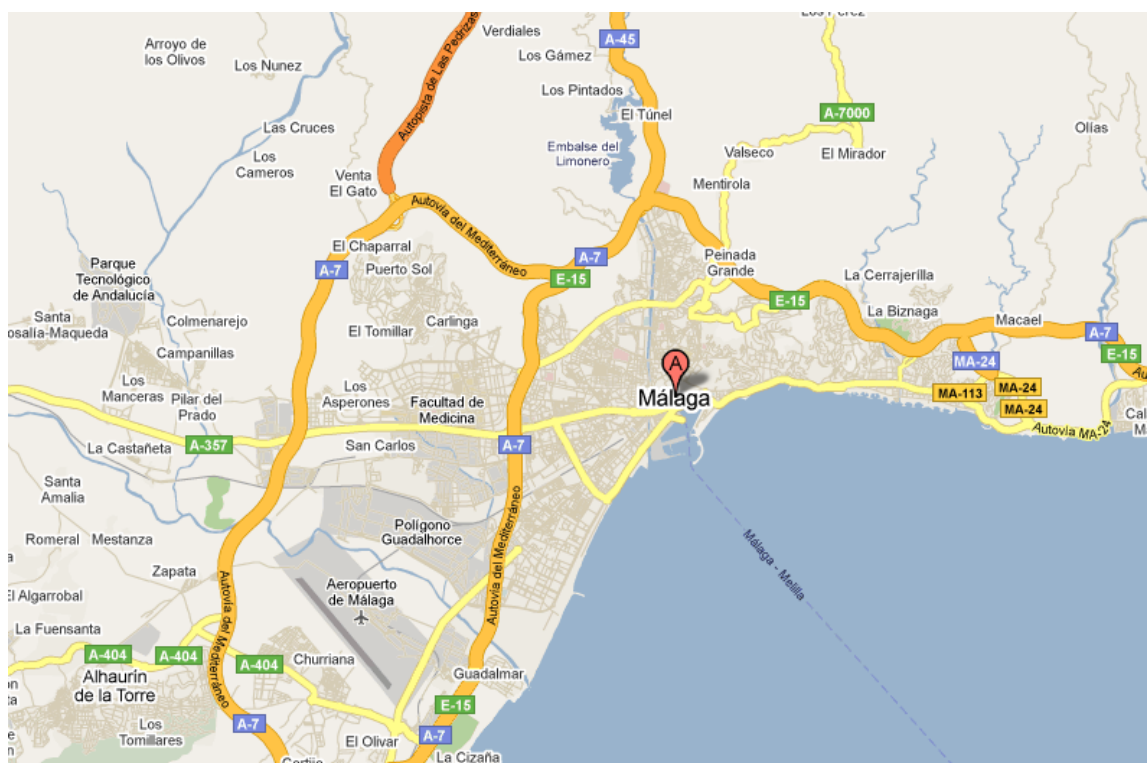


Figura. 9 Mapa de ubicación de La ciudad de Málaga

1.2 Descripción del medio físico, geomorfología y clima

El término municipal de Málaga está representado en la hoja 1053 del Mapa Topográfico Nacional. Limita al norte con los municipios de Almogía, Casabermeja y Colmenar; al este con

Comares, El Borge, Totalán y Rincón de la Victoria; al oeste con Cártama y Alhaurín de la Torre; al suroeste con Torremolinos; y por el sur con el mar Mediterráneo.

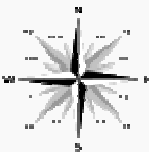
Noroeste: Almogía y Cártama	Norte: Casabermeja y Almogía	Noreste: Comares y Colmenar
Oeste: Cártama y Alhaurín de la Torre		Este: Rincón de la Victoria, Totalán y El Borge
Suroeste: Torremolinos	Sur: Mar Mediterráneo	Sureste: Mar Mediterráneo

Figura. 10 Límites del término municipal de Málaga

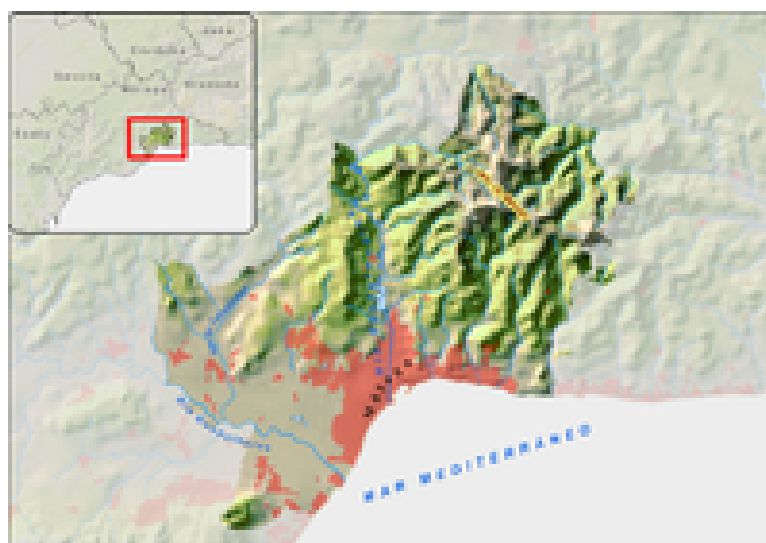


Figura. 11 Mapa físico del término municipal de Málaga

El municipio de Málaga se extiende por tres comarcas naturales de diferente paisaje. La aglomeración urbana ocupa la mayor parte de la Hoya de Málaga, llanura aluvial costera formada por los estuarios de los ríos Guadalmedina y Guadalhorce. La mitad norte y la zona oriental del municipio corresponden al territorio montañoso de los Montes de Málaga, que llegan a alcanzar los 1.032 msnm en la Cresta de la Reina. Hacia el este se extiende la vega del Guadalhorce.

La ciudad está situada a una altitud de 11 msnm y se abre a una amplia bahía rodeada por las estribaciones meridionales de los Montes de Málaga, que desde el municipio del Rincón de la Victoria, recorren la ciudad paralelas a la costa en dirección este-oeste y que comprenden los montes y cerros de Calderón, San Cristóbal, Victoria, Gibralfaro, Los Ángeles, Coronado, Cabello, La Tortuga y Atalaya, continuando después hacia el interior a lo largo del valle del río Campanillas. Por el lado occidental cierran la bahía las sierras de Cártama y Mijas.

El litoral malagueño ha sido muy modificado por la acción humana a lo largo de la historia, encontrándose algunas partes de la ciudad en terrenos ganados al mar. En general, las playas situadas al oeste del puerto y la desembocadura del Guadalmedina son bajas y arenosas, mientras que hacia el lado oriental la costa presenta un relieve más abrupto, con formaciones montañosas muy cercanas al litoral.

El mar Mediterráneo baña sus costas, y los montes de Málaga la circundan, conformando una barrera montañosa que la defiende del frío, caracterizándose su clima por sus suaves temperaturas gracias al papel del mar como regulador térmico. Los meses más cálidos son julio y agosto, y los más fríos suelen ser diciembre y febrero, con una temperatura media de 22,8° C de máxima y 13 ° C de mínima. La distribución de las precipitaciones en Málaga está bastante bien definida por las estaciones del año, correspondiendo la mayor pluviosidad al otoño y al invierno.

1.3 Características hidrológicas

La totalidad del municipio se encuadra dentro de la Cuenca Mediterránea Andaluza. Los cursos de agua son cortos y salvan grandes pendientes, por lo que a menudo provocan torrentes. Los dos mayores son el Guadalhorce y el Guadalmedina, que recogen la mayor parte del agua del municipio. La irregularidad del régimen de lluvias tiene como resultado que los cursos de agua sean intermitentes, estando a menudo secos en verano.

1.4 Demografía

Con 566.447 habitantes según el último dato publicado por el INE (576.725 habitantes a 1 de enero de 2008, según estadísticas del padrón municipal), la ciudad de Málaga es la sexta por población de toda España y la segunda de Andalucía. La suma de la población de los municipios que forman su área metropolitana asciende a más de 850.000 habitantes.

Durante los años 60 del pasado siglo hubo un importante movimiento migratorio hacia países europeos más industrializados. No obstante, entre 1960 y 1981 la ciudad experimentó el mayor crecimiento demográfico de su historia, ganando alrededor de 200.000 habitantes. A

partir de los años 1980 la tendencia emigratoria se dirige al extrarradio y a municipios de su área metropolitana, principalmente Alhaurín de la Torre, Cártama y Rincón de la Victoria.

Evolución demográfica desde 1900											
1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1981	1990	2000	2008
130.109	136.365	150.584	188.010	238.085	276.222	301.048	374.452	503.251	560.495	531.565	566.447

Tabla 1. Evolución demográfica de Málaga

Desde finales del siglo XX Málaga se ha convertido en un foco de atracción para inmigrantes. El total de residentes extranjeros es de 40.495 personas, siendo las comunidades más importantes las formadas por ciudadanos marroquíes, argentinos, subsaharianos, ucranianos y colombianos. La comunidad gitana representa aproximadamente un 2%.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES ACTUALES

2.1 Sistema de producción y almacenamiento

Embalses

Embalse	Capacidad Total (Hm3)
Viñuela	170
Guadalteba	156
Guadalhorce	126
Conde de Guadalhorce	70
Concepción	56
Pilones	2,2

Tabla 2. Principales embalses que abastecen a la ciudad de Málaga

Elevaciones

Elevaciones	
Pilones	Agua Bruta
Aljaima	Agua Bruta
El Limonero	Agua Bruta
Florida	Agua Bruta
El Viso	Agua Potable

Tabla 3. Elevaciones presentes en la ciudad de Málaga

Pozos

Pozos	
Aljaima	Agua Bruta
Rojas	Agua Bruta
La Cónsula	Agua Bruta
Olías	Agua Potable

Tabla 4. Pozos con que cuenta la ciudad de Málaga

Estaciones de Tratamiento de Agua Potable

Las ETAP con las que cuenta la ciudad de Málaga están descritas a continuación:

ETAP	Caudal Nominal (l/s)
El Atabal	2.500
El Limonero	1.000
Pilones	2.000

Tabla 5. Estaciones de Tratamiento de Agua Potable en Málaga

- Estación de Tratamiento de Agua Potable El Atabal

En esta instalación, ubicada en el noroeste de Málaga, se tratan las aguas de los embalses que abastecen a la ciudad. Su capacidad de tratamiento es de 2.500 l/s.

Consta de tres decantadores y veinte filtros de gravedad.

En sus instalaciones se encuentra la nueva Planta Desaladora de El Atabal. Este proyecto garantiza el abastecimiento de agua de calidad a la ciudad gracias a esta nueva instalación desaladora que está considerada como la más importante del mundo para abastecimiento urbano, ya que tiene capacidad para suministrar un volumen de 165.000 m³ diarios. Se trata de una de las actuaciones de más envergadura del Plan Global de Actuaciones Hidráulicas Prioritarias de la Provincia de Málaga, más conocido como Plan Málaga, gestionado por la Sociedad Estatal Aguas de la Cuenca del Sur, ACUSUR.

La Planta Desaladora ofrece agua de calidad a la ciudad de Málaga, empleando el procedimiento de ósmosis inversa para el tratamiento de agua salobre.



Figura. 12 Estación de Tratamiento de Agua Potable El Atabal, Málaga.

- Estación de Tratamiento de Agua Potable Pilonos

Esta Planta de tratamiento está situada en el Arroyo de los Pilonos, en la zona de Santa Rosalía, a espaldas de Parque Tecnológico de Andalucía, junto a la presa Pilonos. El agua almacenada en esta presa es una garantía de suministro para la ciudad, ya que desde ahí, podríamos mantener el abastecimiento durante 12 días a todo el municipio de Málaga.

Tiene una capacidad de tratamiento de 2.000 l/s, dispone de 20 de filtros de presión y una estación elevadora de agua bruta al canal de abastecimiento con una capacidad de 2.500 l/s para abastecimiento de la ETAP El Atabal.



Figura. 13 Estación de Tratamiento de Agua Potable Pilonos en Málaga

- Estación de Tratamiento de Agua Potable El Limonero

Esta instalación se encuentra en las inmediaciones del Jardín Botánico de La Concepción, en la entrada norte de la ciudad y próxima al embalse de El Limonero. Su caudal nominal es de 1.000 l/s y cuenta con 10 filtros de presión.

Depósitos

La red de distribución dispone de más de 20 depósitos de almacenamiento con una capacidad total de 260.000 m³. Los más importantes son los siguientes:



Figura. 14 Ubicación de los principales depósitos en la ciudad de Málaga

Depósitos	Capacidad (m3)
Depuradora	14.641
Suárez	10.807
Palmilla	13.236
Olletas Alto	31.070
Olletas Bajo	47.000
Jaboneros	16.500
Florida	18.000
Teatinos	91.590

Tabla 6. Características de los principales depósitos en Málaga

2.2 Red de Distribución

- Las canalizaciones de la red empezaron a construirse en 1876.
- Está formada por un sistema mallado compuesto por cuatro redes principales en alta y en baja cota, repartidas en dos vertientes: Este y Oeste.
- Tiene una extensión aproximada de 1.800 km.
- El diámetro de las tuberías oscila entre 100 y 2.200 mm.

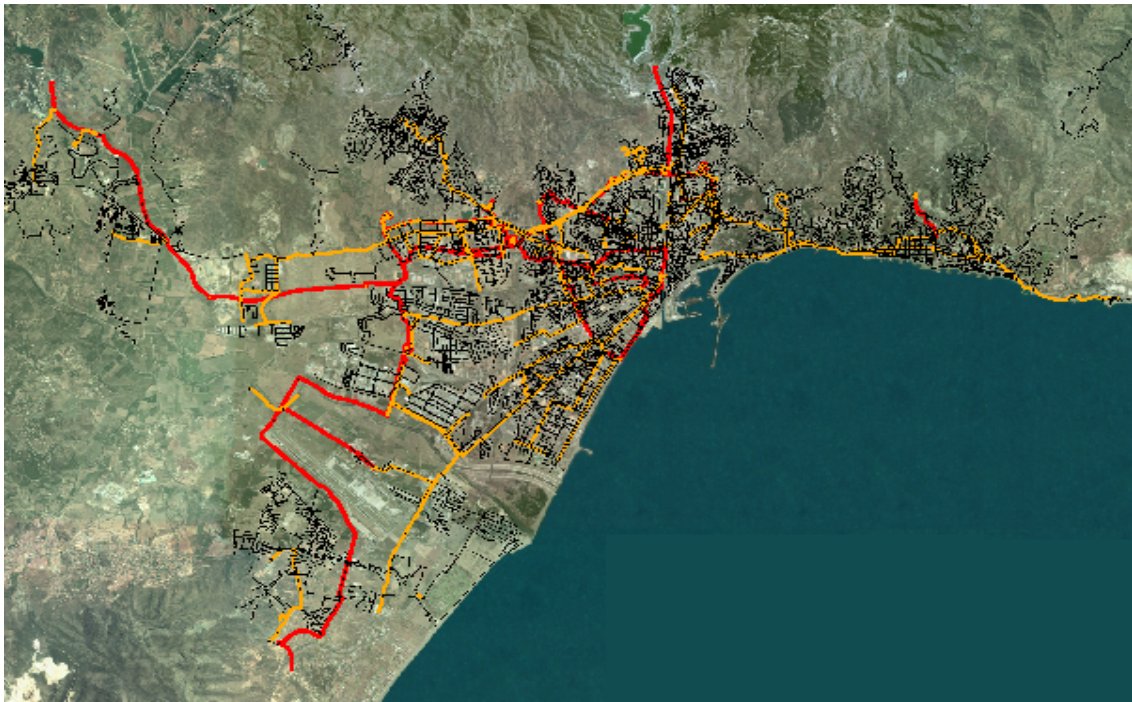


Figura. 15 Red arterial y red de distribución de de la ciudad de Málaga

De manera resumida, en la siguiente tabla se muestra cuantificada la longitud de tubería para cada uno de los diferentes diámetros, así como el porcentaje que representan:

Diámetro	Porcentaje	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Porcentaje	Longitud (m)
20	0,11%	1743	250	2,60%	46076
25	0,19%	2004	300	1,93%	40920
32	0,98%	7757	315	0,00%	152
40	1,00%	13340	350	0,17%	2705
50	2,24%	31346	400	2,10%	60384
60	2,32%	42361	450	0,05%	1063
63	4,93%	78081	500	1,72%	50220
65	0,09%	780	600	0,59%	20242
70	0,30%	7586	700	0,31%	8892
75	0,81%	22590	750	0,05%	792
80	23,90%	372778	800	0,76%	33099
90	1,76%	48287	1000	0,71%	49361
100	27,26%	410271	1200	0,15%	11814
110	0,22%	4339	1250	0,02%	1607
125	0,76%	16321	1400	0,04%	2129
150	14,82%	228351	1600	0,00%	9701
160	0,04%	1004	1700	0,03%	1171
175	0,12%	2857	2500	0,01%	42
200	6,93%	119363			

Tabla 7 Tabla resumen del total de metros de tubería clasificada por diámetros

La longitud total de la red de distribución de agua de Málaga es 1751 Km aproximadamente, de los cuales un total de 1011 Km. (equivalente al 65.98% de la longitud total) pertenecen a los diámetros 80, 100, 150, pudiendo concluir que estos son los diámetros más abundantes en la red.

Por el contrario los diámetros menos empleados en la red corresponden a los de 315, 1600 y 2500 mm.

Del mismo modo, se muestra la clasificación de la red por materiales de tubería.

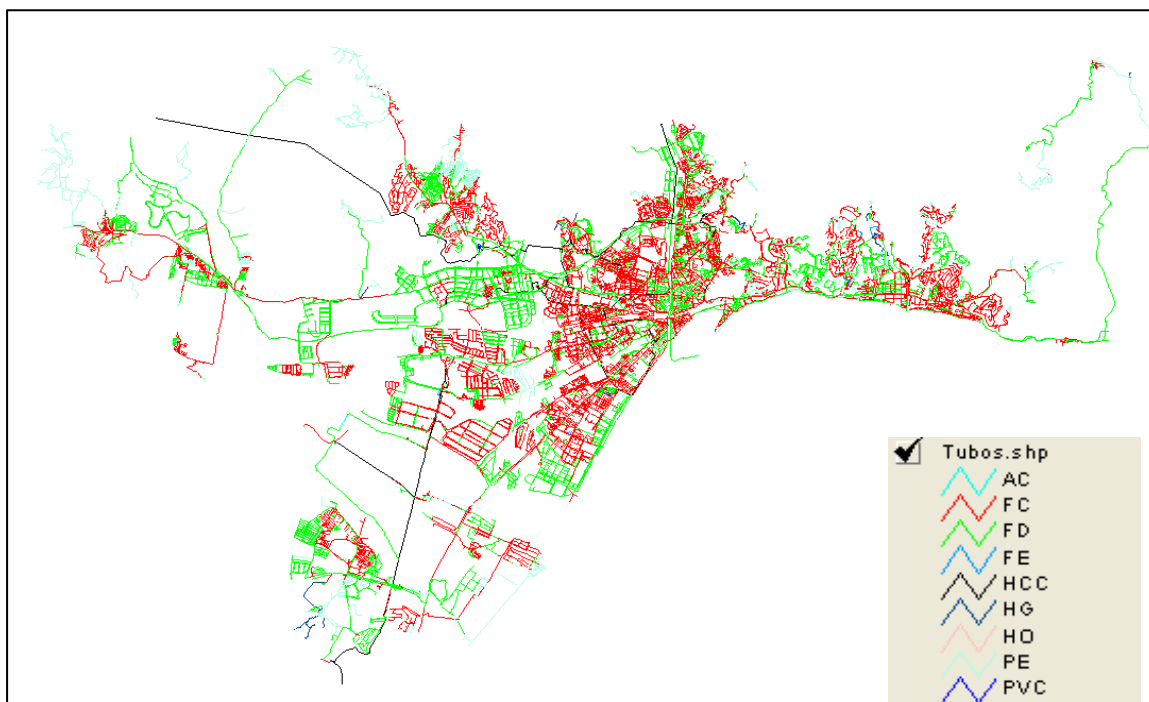


Figura. 16 Modelo de la red de Málaga clasificado por material de la tubería

Material	Long. Tubería (m)	%
AC	643	0,04%
FC	820992	46,87%
FD	664552	37,94%
FE	4964	0,28%
HCC	53973	3,08%
HG	7576	0,43%
HO	3157	0,18%
PE	194586	11,11%
PVC	1086	0,06%

Tabla 8 Tabla resumen de longitudes de tuberías según el material de las mismas

En este caso, resulta evidente que el material más empleado es el FC (Fibrocemento), que supone un 46.87%, seguido del FD (Fundición dúctil) cuyo porcentaje alcanza el 37.94%.

En cuanto a su distribución con respecto al uso del agua, el 82.63% esta destinada a uso domestico.

Tipo de Uso	Numero de Registros	%
Domestico	142387	82.63%
Comercial	15117	8.77%
Industrial	472	0.27%
Contraincendios	607	0.35%
Otros	3778	2.19%
Fuentes	47	0.027%
Duchas	19	0.011%
Riegos _ baldeos	119	0.069%
Piscinas_Pac	119	0.069%
Venta en Alta	3	0.00174%
Múltiple	7441	4.32%
Centro Oficial	487	0.28
Obras	1495	0.88%
Sin Uso Asignado	224	0.13%

Tabla 9 Tabla resumen de numero de registros clasificados según el uso del agua

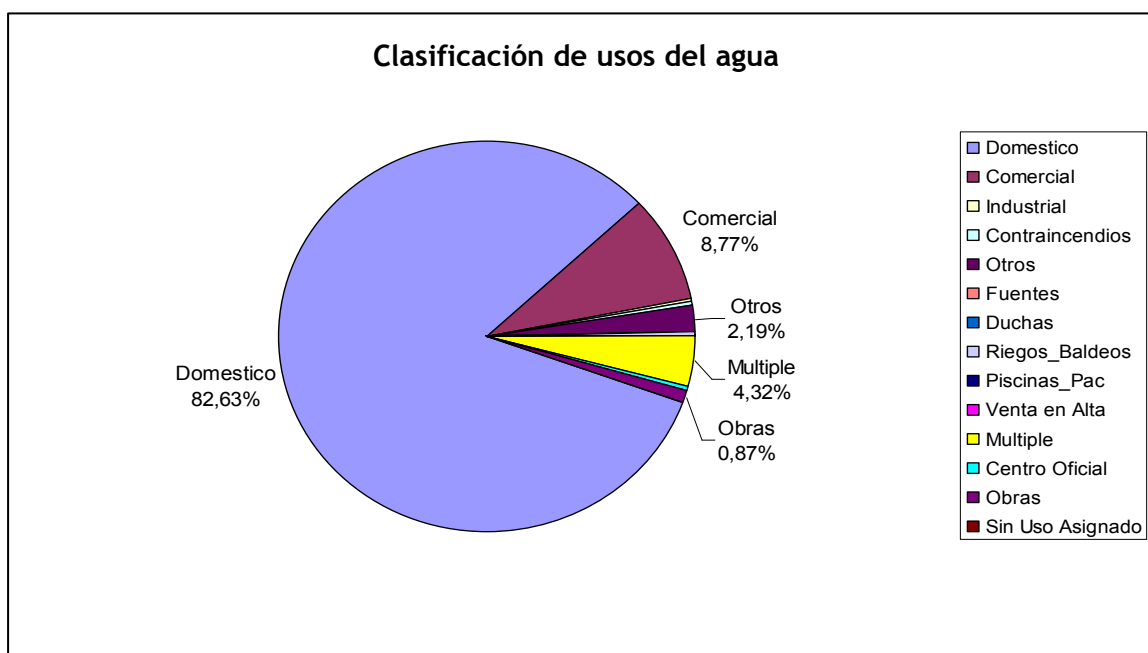


Figura. 17 Clasificación de usos del agua en la ciudad de Málaga

3. SECTORIZACIÓN GENERAL DE LA RED

Como tarea previa a la configuración del modelo GISRed Pro 2, fue necesario efectuar un análisis exhaustivo de la información de partida disponible con relación a cada uno de los sectores hidrométricos que conforman de la red de distribución Málaga. A continuación se expone una breve descripción de este procedimiento y la sectorización definitiva que actualmente esta llevando la Empresa EMASA para la Gestión Integral del Agua en su red y la cual ha sido utilizada para efectos de este proyecto de Gestión Sistemizada de Fugas.

3.1 Información básica preliminar

Como información básica de partida se cuenta con:

- Red de distribución de agua potable de Málaga (**sectores poligonales definidos por EMASA**), Válvulas frontera y Caudalímetros.

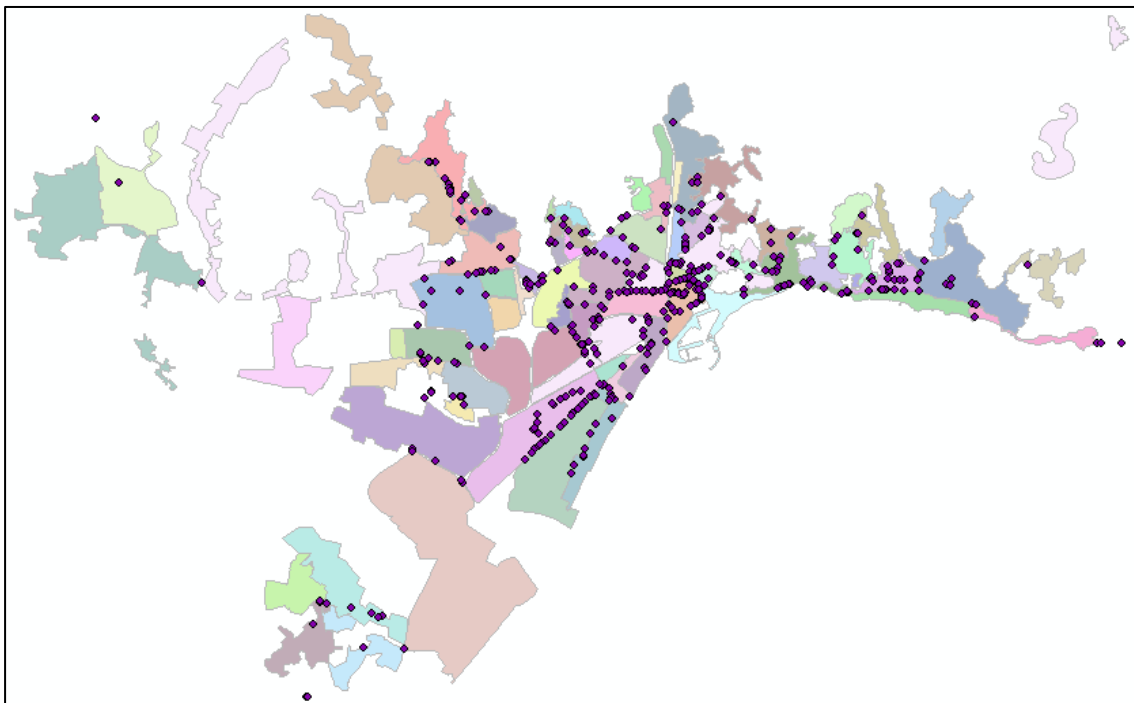


Figura. 18 Sectorización de Málaga (EMASA)

- Red de distribución de agua potable de Málaga, sectorizada a partir de los algoritmos implementados en GISRed teniendo en cuenta las Válvulas frontera y la lista de Caudalímetros que se disponía (*hasta ahora, esta información no había sido contrastada con lo existente actualmente en la red de Málaga*).

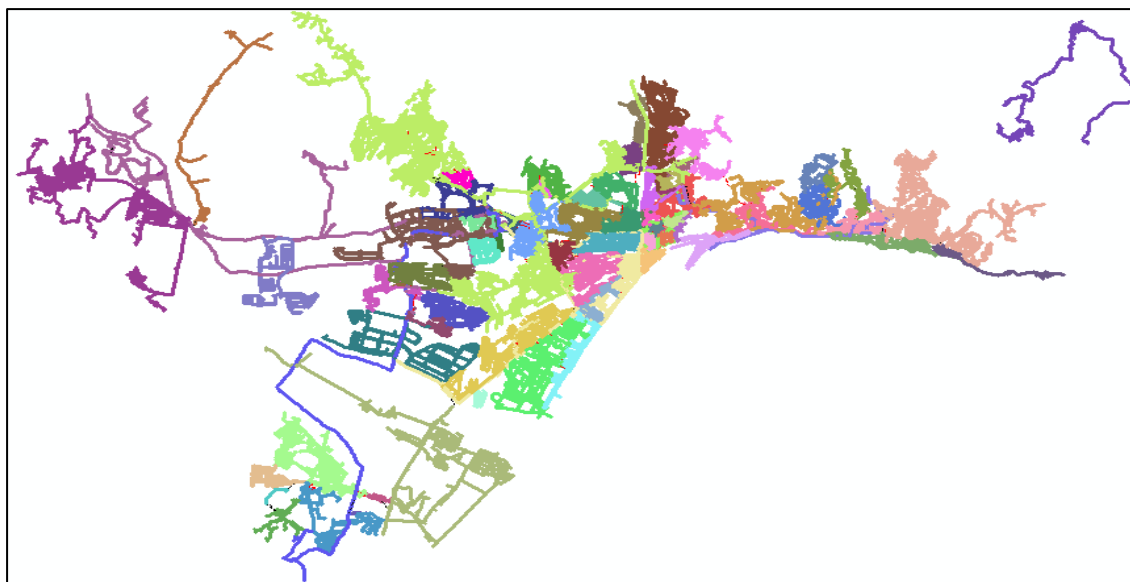


Figura. 19 Sectorización de Málaga (Algoritmo GISRed)

- **Lista definitiva** de sectores proporcionada por EMASA. Según esta lista, la red de Málaga estaba constituida por un total de **97 sectores hidrométricos**.

Nombres de los 97 sectores que constituyen actualmente la red de Málaga					
CAPUC	ALBER	CENTR	GOLET	MIRAF	RED TRANSPORTE
CARLI	AMALI	CERRA	GRANJ	MOLIN	ROBLE
CARRA	ANGEL	CISTE	GRUND	MONTE	ROGER
FRAYP	ANTEQ	CLAVE	HELIO	MORIL	ROMER
FRESN	ANTON	COLOR	HORCE	OA1	SABLA
GAMAR	ARAÑA	COMED	HUERT	OA2	SANMI
MARTI	ATABA	CORTA	HUERT (a)	OA2PA	SICHU
MAZAS	ATABAL-BORES	CSINE	HUERT (i)	OLIAS	SIEMA
MILAG	BAÑOS	DEP_DEPURADORA	JARAZ	ORIAP	SJOSE
PZ_CONSULA	BARAT	DEP_FLORIDA	LAGUN	PACIF	SORTE
PZ_OLIAS	BIZCO	DEP_JABONEROS	LIEBR	PALMA	TECLA
RAMOS	BORNE	DEP_OLLETAS BAJO	LIMON	PALMI	TILOS
TREVE	BOSCO	DEP_PALMILLA	LVINA	PASER	
TRINI	BULTO	DEP_SUAREZ	MAKRO	PEDRE	
VENTA	CAMPA	DEP_TEATINOS	MALAG	PRINC	
VICTO	CANTU	EUROP	MANIA	PTAND	
VIRRE	CAPIT	FAMIL	MANVE	PVISO	

Tabla 10 Nombre de los sectores definidos inicialmente (EMASA)

3.2 Análisis y Validación de los Distritos Hidrométricos

Se ha llevado a cabo un nuevo análisis de la información con el fin de contrastar la configuración de los sectores hidrométricos que proporcionaba GISRed de forma automática, con los 97 sectores de la lista definitiva que proporcionó EMASA. Este análisis ha permitido detectar discrepancias existentes en la definición de los sectores, así como informar de posibles errores en la configuración de los mismos.

- Al comparar la información de los sectores definidos por GISRed con el listado de DMA's definitivos, no se encontraron algunos sectores.
- Discrepancias halladas al contrastar las diferentes fuentes de información.

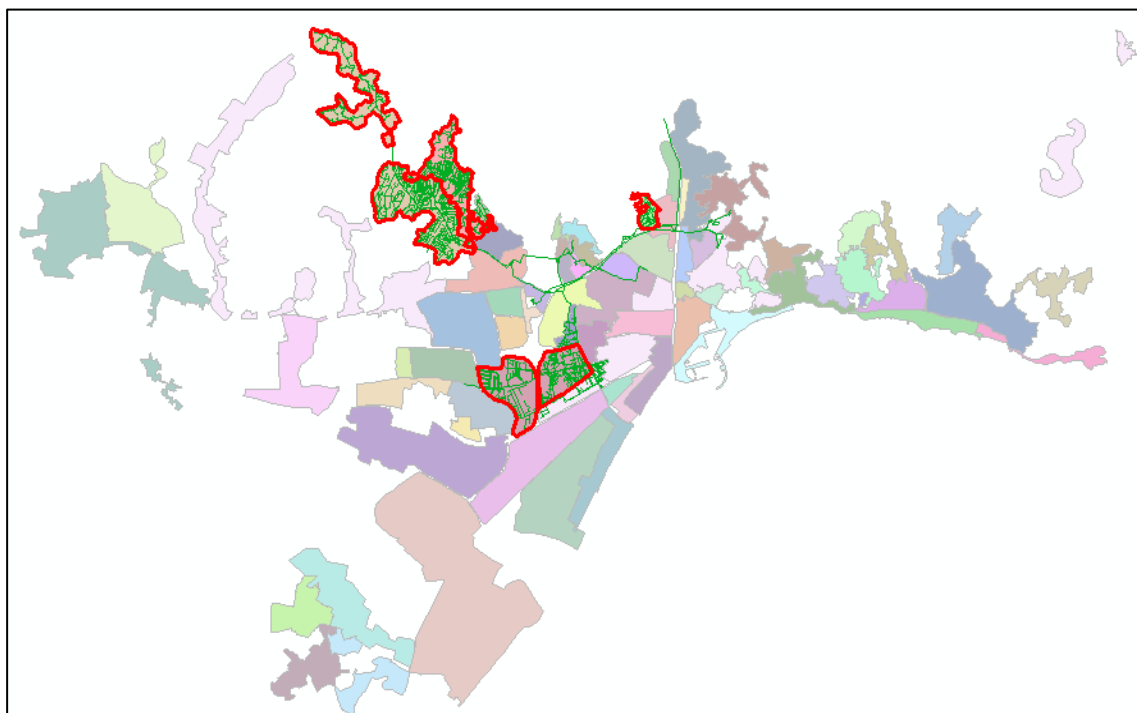
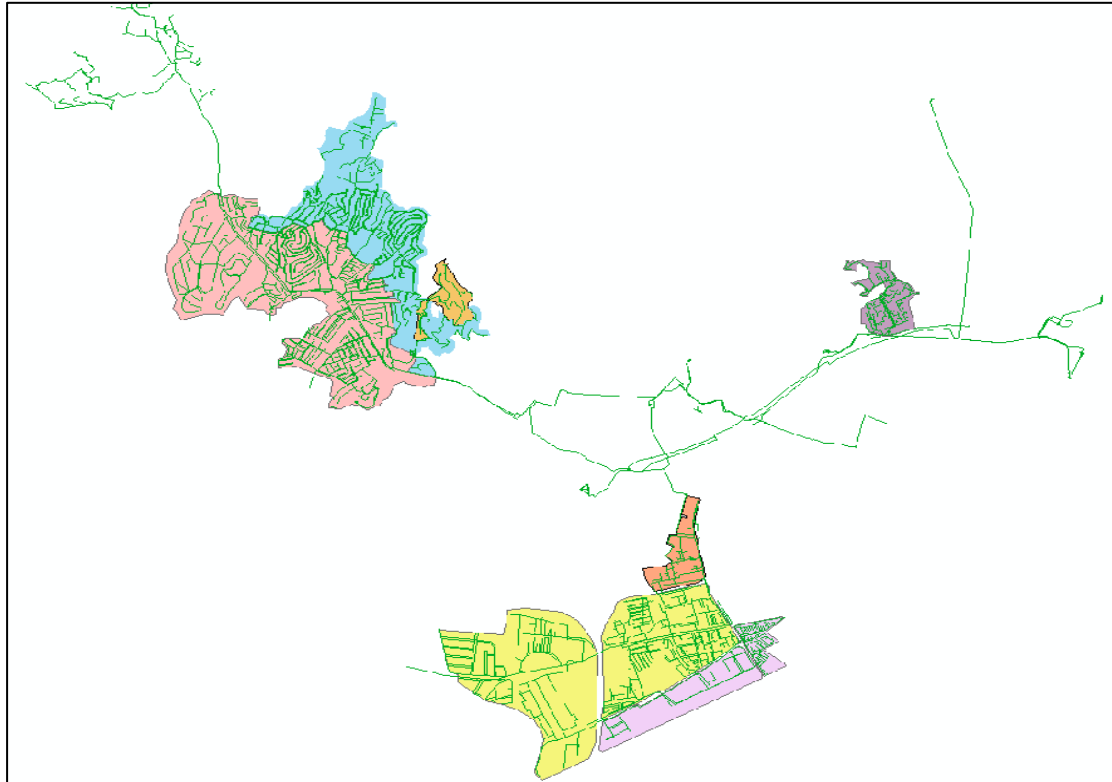
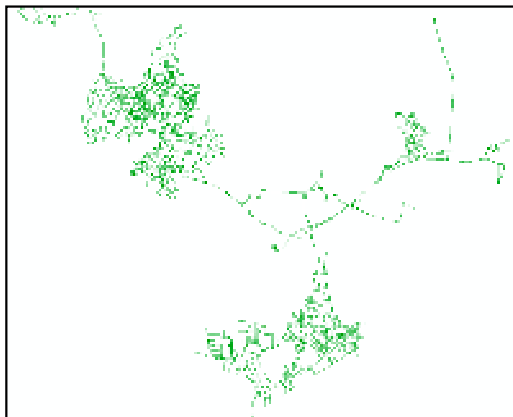
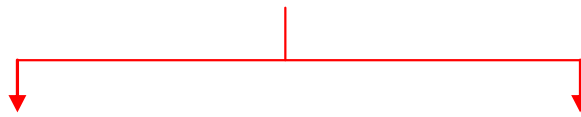


Figura. 20 Discrepancias de la sectorización entre las diferentes fuentes de información.

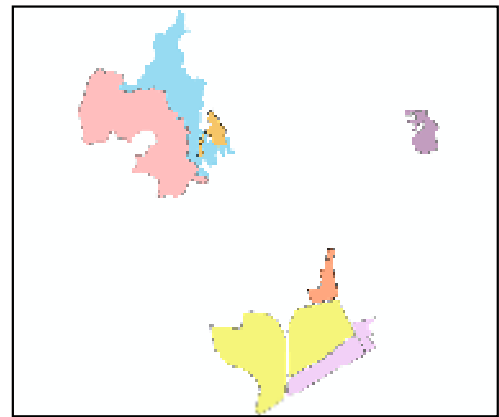
Como se puede observar en la *Figura. 20*, el algoritmo implementado en GISRed configura un solo sector cuando en el tema de polígonos que se tiene o bien en la lista de DMA's definitivas aparecen muchos más. Seguramente será debido a la falta de válvulas frontera en algunas tuberías.



a)



b)



c)

Figura. 21 a) Discrepancias de la sectorización entre las diferentes fuentes de información.

b) Sectores Algoritmo GISRed. c) Sectores EMASA

Caso: Sectores BARAT, MORIL, ATABA, PORTA COMIS, UNION, SRAFA.

Motivo: Posible falta de válvulas frontera.

- Se detectaron válvulas que probablemente no eran frontera, y por tanto no intervenían en la definición de ninguno de los 97 sectores.

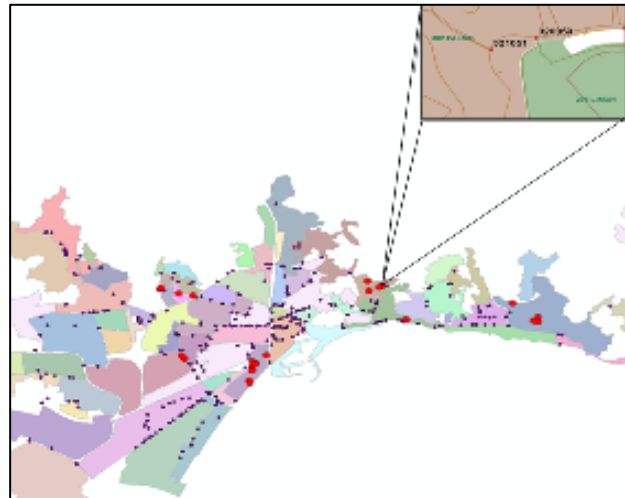


Figura. 22 Posibles errores en válvulas frontera
Válvula cuyo fin no es de frontera entre sectores

- Válvulas que no quedan sobre ninguna línea. Estos casos no son preocupantes ya que en algunas zonas se conoce que faltan algunas tuberías.

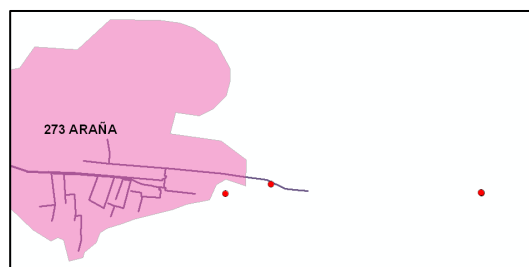


Figura. 23 Posibles errores en válvulas frontera
Válvulas ubicadas fuera de una tubería

- Válvulas frontera ubicadas en el interiores de un sector

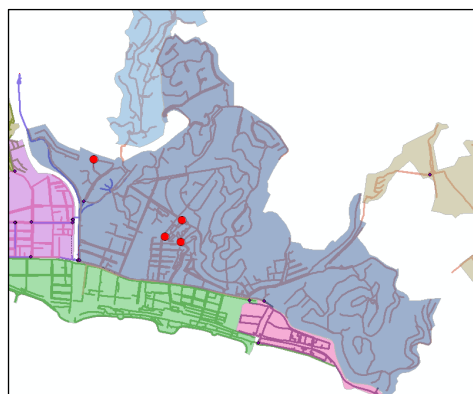


Figura. 24 Posibles errores en válvulas frontera
Válvulas ubicadas dentro del sector

Entre los sectores LAGUN y MALAG aparece un sector (DMA 57) que no se ha podido identificar. Lo podemos apreciar en la *figura. 25*

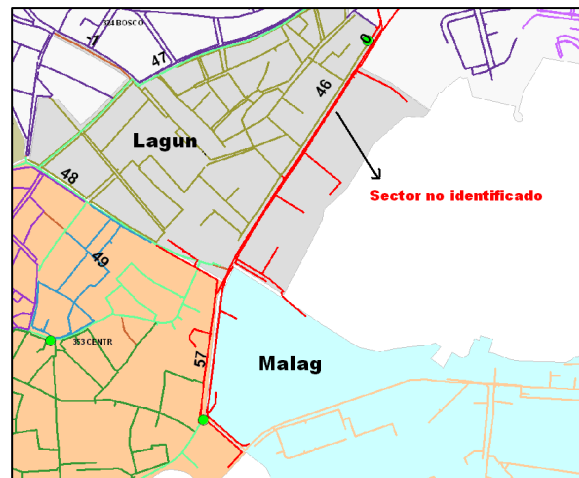


Figura. 25 Sector DMA 57

3.3 Sectorización definitiva

Tras la comprobación de la información disponible y detectados los posibles errores, discrepancias y dificultades nombradas anteriormente, se han verificado y depurado con la colaboración de la Empresa EMASA y finalmente se tiene que la red de distribución de la ciudad de Málaga se encuentra actualmente sectorizada y constituida por 88 sectores, En la *Figura. 26* podemos observar la ubicación geográfica de cada una de las zonas.

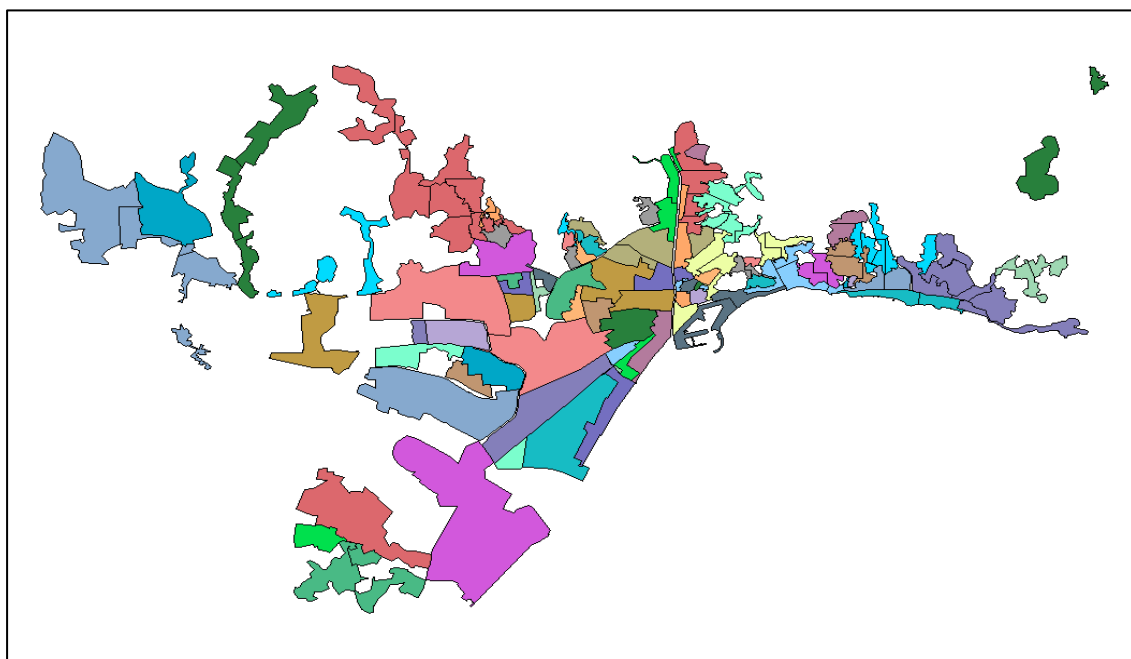


Figura. 26 Sectorización definitiva de la Red de distribución de agua en la Ciudad de Málaga

ALBER	CSINE	MONTE	BOSCO	LAGUN	PTAND	SORTE
AMALI	EUROP	MORIL	BULTO	LIEBR	PVISO	SRAFA
ANGEL	FAMIL	OLIAS	CAMPA	LIMON	RAMOS	TECLA
ANTEQ	FLORI	ORIAS	CANTU	LVIÑA	ROBLE	TILOS
ANTON	FRAYP	PACIF	CAPIT	MAKRO	ROGER	TREVE
ARAÑA	FRESN	PALMA	CARDO	MALAG	ROMER	TRINI
ASPER	GAMAR	PALME	CARLI	MANIA	RUICE	UNION
ATABA	GOLET	PALMI	CARRA	MANWE	SABLA	VENTA
AVILE	GRANJ	PEDRE	CEMEN	MARTI	SANMI	VICTO
BARAT	HELIO	PESUR	CENTR	MAZAS	SICHU	VIRRE
BAÑOS	HORCE	PORTA	CLAVE	MILAG	SIEMA	
BIZCO	HUERT	PRADO	COMIS	MIRAF	SJOSE	
BORNE	JARAZ	PRINC	CORTA	MOLIN	SLUIS	

Figura. 27 Nombres asignados a los sectores

El número de metros de tubería existente en la red de Málaga, repartidos entre cada uno de los sectores es el siguiente:

Sector	longitud (m)	Sector	longitud (m)	Sector	longitud (m)
DMA0	234493	FL	3496	OLIAS	4856
ALBER	2903	FLORI (*)	6952	ORIAS	24061
AMALI	3145	FRESN	18302	PA	2571
ANGEL	12913	GAMAR	35135	PACIF	19671
ANTEQ	26092	GOLET	4188	PALMA	7517
ANTON	13883	GRANJ	6201	PALMI	11564
ARADA	9421	GRUND	8788	PEDRE	17980
ATABA	2426	HELIO	9920	PESUR	18927
ATABAL-BORES	22519	HIGUE	1238	PRINC	7386
BARAT	42036	HORCE	45604	PTAND	12282
BADOS	24616	HUERT	4310	PVISO	19533
BIZCO	7833	HUERT a	44860	PZ_CO	744
BORNE	3871	JA	11708	PZ_RO	1289
BOSCO	27188	JARAZ	7421	RAMOS	19460
BULTO	12375	LAGUN	5924	ROBLE	4732
CAMPA	88340	LIEBR	14859	ROGER	2298
CANTU	8764	LIMON	17379	ROMER	44729
CAPIT	2945	LVIDA	1492	SABLA	8491
CAPUC	1841	MAKRO	53084	SANMI	10181
CARLI	1669	MALAG	14105	SICHU	7163
CARRA	15197	MANIA	2277	SIEMA	20309
CENTR	6822	MANVE	26254	SJOSE	4807
CERRA	4402	MARTI	15022	SORTE	57974
CISTE	3486	MAZAS	19951	SU	3851
CLAVE	11629	MILAG	3259	TE	26351
COLOR	1958	MIRAF	32434	TECLA (MAKRO)	63488
COMED	4371	MOLIN	15302	TILOS	26947
CSINE	9255	MONTE	4135	TREVE	30436
DE	51558	MORIL	76943	TRINI	21902
ETAP ATABAL	1078	OA1	11237	VENTA	4524
EUROP	47138	OA2PA	653	VICTO	3581
FAMIL	4569	OB	623	VIRRE	8132

Tabla 11 Tabla resumen de longitudes de tuberías según sector

CAPÍTULO 5.- APLICACIÓN DE LA GESTION INFORMATIZADA DE FUGAS PARA LA ZONA PALMILLA - SUAREZ



Figura. 28 Vista de la ciudad de Málaga

En este capítulo se describirá de manera detallada los pasos a seguir para la creación y configuración del modelo GISRed 2 Pro, dicha metodología será expuesta únicamente para los sectores PALMILLA y SUAREZ.

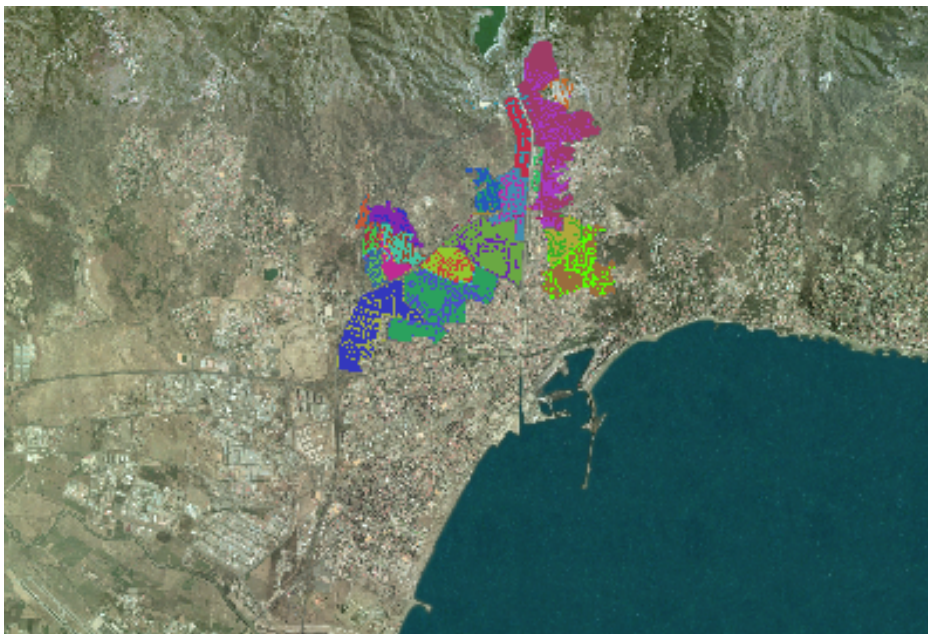


Figura. 29 Ubicación de los Sectores Palmilla Y Suárez

1. DESCRIPCIÓN DE LOS DISTRITOS HIDROMÉTRICOS SELECCIONADOS

- Existen 62.415 contadores dentro de los sectores Palmilla y Suárez.
- Longitud en metros de tubería en cada distrito hidrométrico

Sector	Longitud de Tubería (m)
ALBER	2904,7274
ANGEL	12916,8219
ANTEQ	26094,0379
BOSCO	27178,5357
CARLI	1669,8680
CORTA	5314,5138
FAMIL	4567,2981
FLORI	6954,2576
GAMAR	35137,9431
GRANJ	6202,6543
HUERT	4312,5016
HUERT a	44863,5862
MARTI	15026,5066
MILAG	3258,9707

Tabla 12 Tabla resumen de longitudes de tuberías según sector

- La siguiente tabla nos indica el número de acometidas existentes en cada una de las zonas, pudiendo así observar cuales son las zonas más pobladas de los sectores seleccionados. El total de las mismas asciende a 12061 acometidas.

Sector	Numero de Acometidas
ANGEL	631
ANTEQ	688
BOSCO	1315
CARLI	38
FAMIL	317
FLORI	198
GAMAR	1520
GRANJ	690
HUERT	2499
MARTI	419
PALMA	1165
PALMI	1749
SANMI	731
VIRRE	101

Tabla 13 Tabla resumen del número de acometidas según sector

➤ Clasificación de usos del agua

Tipo de Uso	Numero de Registros	Porcentaje %
CENTRO OFICIAL	117	0,25%
COMERCIAL	2861	6,17%
CONTRAINCENDIOS	97	0,21%
DOMESTICO	39650	85,49%
DUCHAS	3	0,01%
FUENTES	8	0,02%
INDUSTRIAL	37	0,08%
MULTIPLE	2425	5,23%
OBRAS	174	0,38%
OTROS	962	2,07%
PISCINAS_PAC	17	0,04%
RIEGOS_BALDEOS	24	0,05%
VENTA EN ALTA	2	0,00%
TOTAL	46377	100,00%

Tabla 14 Clasificación de usos del agua y su porcentaje dentro de la red (Sector Palmilla y Suárez)

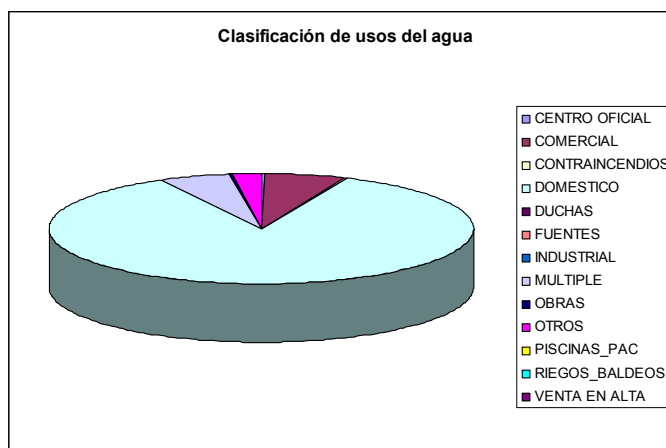


Figura. 30 Clasificación de usos del agua

➤ Numero de suministros existentes 46378

Tipo de Suministro	Numero de suministros
INDIVIDUAL	9090
PARCIAL	34858
TOTALIZADOR	1712
TOTALIZADOR DE CONTROL	718

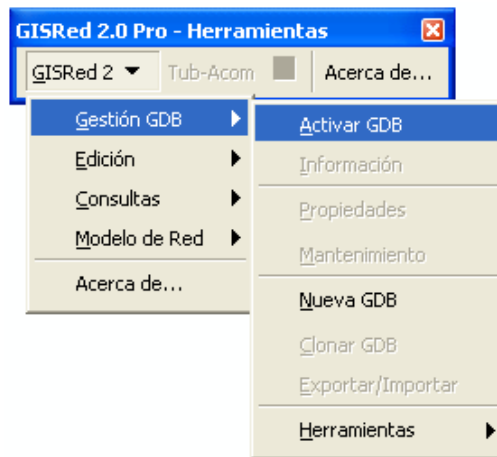
Tabla 15 Suministros clasificados según su tipo

2. CREACIÓN DE LA GEODATABASE PERSONAL DE GISRED

La opción **Nueva GDB**, permite crear una base de datos geográfica (*geodatabase*) vacía con la estructura básica de tablas de GISRed. Para ello será necesario introducir un nombre para la geodatabase (sin extensión) y una ruta existente (para ello existe un botón de búsqueda de directorios). Tras la creación de la GDB, la aplicación la convierte en la GDB de trabajo ó activa.

➤ Para activar una GDB existente:

1. En la barra de herramientas de GISRed 2, seleccionar el menú **GISRed 2 | Gestión GDB | Activar GDB**



2. En el formulario que aparece, escribir o bien seleccionar la GDB existente que se desea activar. Dicha GDB se convertirá en la GDB de trabajo.

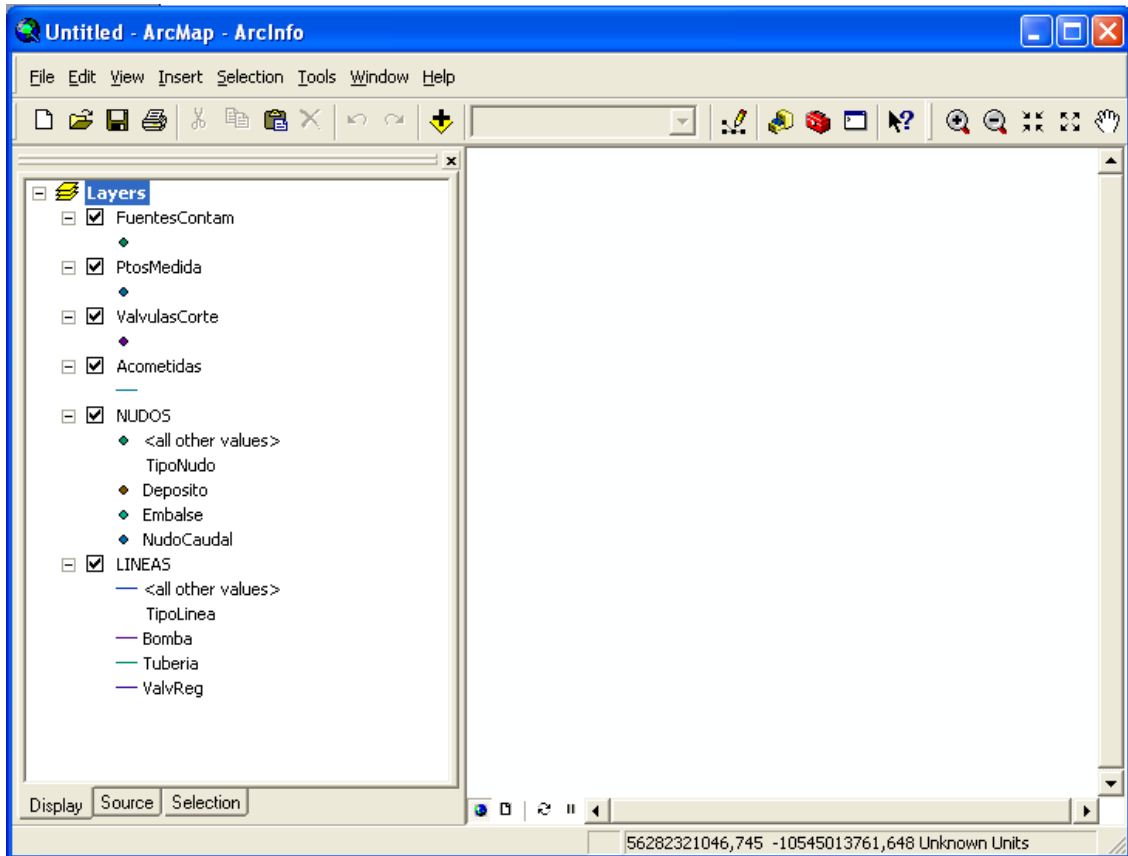


Una vez activada la GDB, la opción de crear ‘Nueva GDB’ se deshabilitará, por lo que la única manera de poder crear una nueva GDB será desactivando la actual GDB activa.

- Para crear una nueva GDB y convertirla en la GDB activa:
 1. En la barra de herramientas de GISRed 2, seleccionar el menú **GISRed 2 | Gestión GDB | Nueva GDB**
 2. En el formulario que aparece, introducir un nombre para la GDB y especificar el directorio de trabajo donde se guardará la GDB

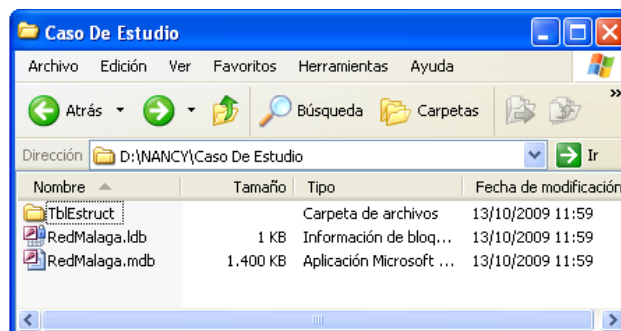


Tras la generación de la geodatabase, la aplicación indica al usuario si desea añadir a la tabla de contenidos (TOC) los ‘*feature layers*’ (o temas gráficos) contenidos en el ‘*dataset*’ de la geodatabase. Obviamente, los temas se encuentran vacíos.



NOTA: La base de datos geográfica que se crea es una **geodatabase personal**, es decir, un fichero de MSAccess con extensión *.mdb, con todas las tablas propias de GISRed y todas aquellas tablas necesarias para que ArcMap reconozca el fichero como una base de datos geográfica.

Al mismo tiempo que se crea la GDB personal de GISRed, se crea un **subdirectorio** llamado **TblEstruct** dentro del directorio especificado, en el que se crea una **GDB personal** con una **serie de temas y tablas estructurados**.

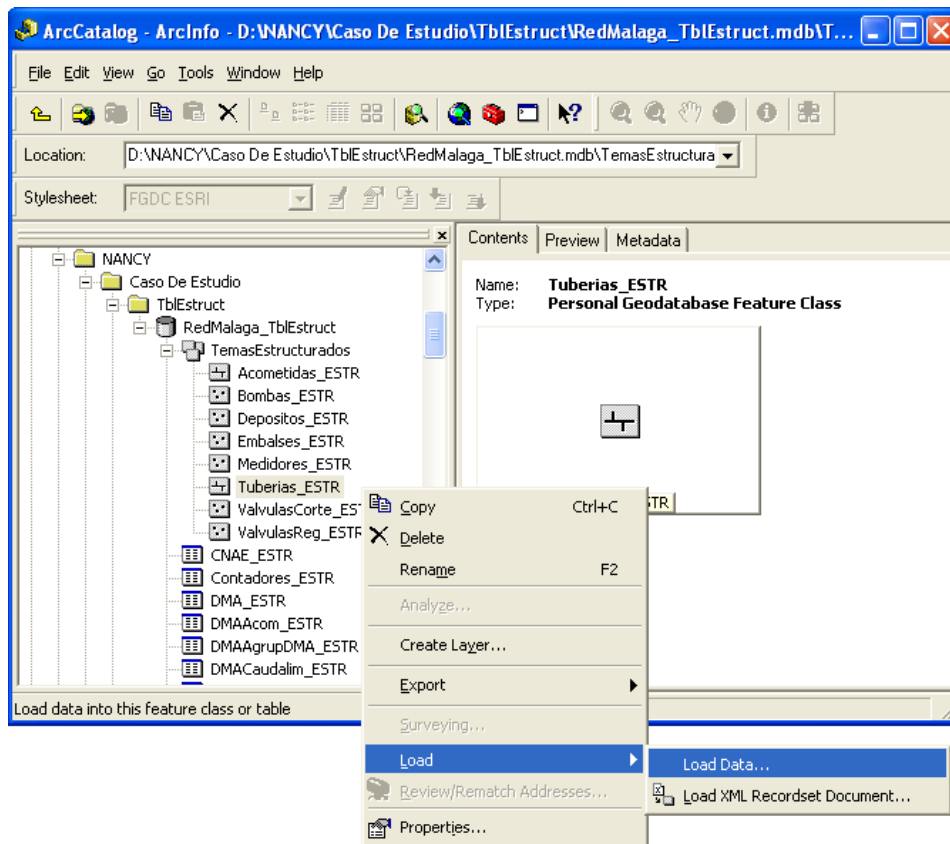


3. PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN GRÁFICA Y ALFANUMÉRICA EN LAS TABLAS ESTRUCTURADAS. UTILIZACIÓN DE ARCCATALOG

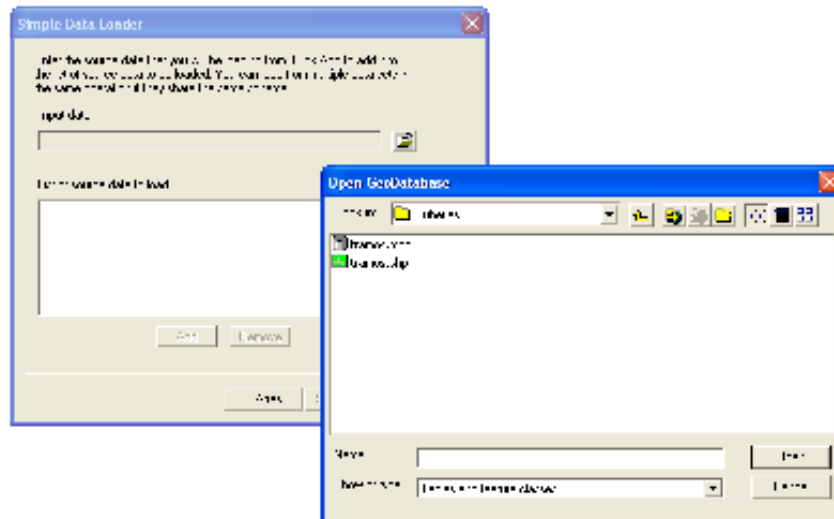
Para incorporar datos a la nueva GDB, es necesario hacer uso de los temas estructurados. Por lo tanto, habrá que crear temas/tablas estructuradas que faciliten la tarea de edición.

Para rellenar los temas y tablas estructurados de tuberías, válvulas de corte, depósitos, embalses, acometidas, medidores, etc, se recomienda utilizar la opción de 'Load Data' de ArcCatalog.

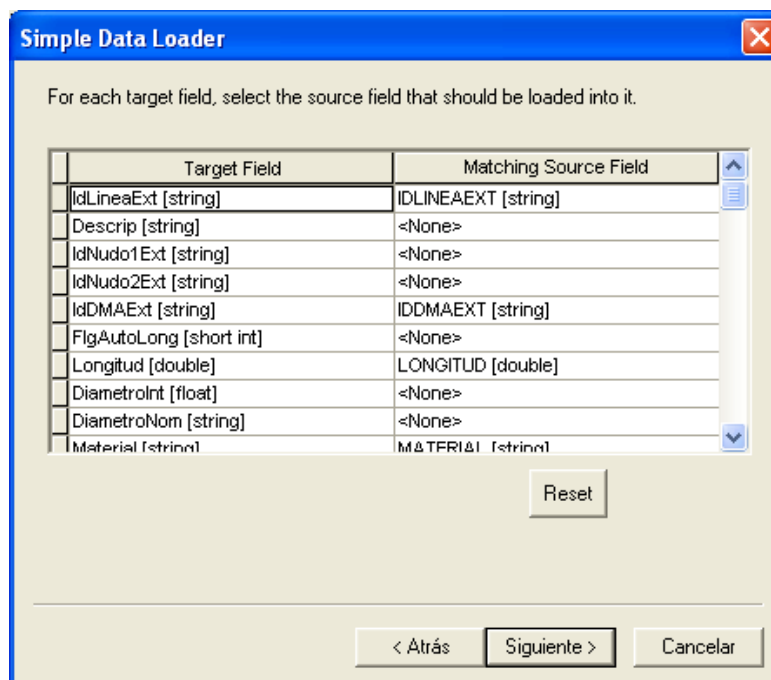
- Iniciar la aplicación **ArcCatalog**
- Ubicar el directorio donde se ha guardado el proyecto y subdirectorio **TblEstruct** que contiene las tablas estructuradas, desglosar la Geodatabase personal y finalmente el árbol que contiene los **TemasEstructurados**
- Seleccionar la tabla sobre la cual se desea importar los datos.
- La opción **Load | Load Data**, (la cual la desplegamos al hacer click derecho sobre la tabla de interés) nos permite importar la información grafica y alfanumérica contenida en los temas (.shp)



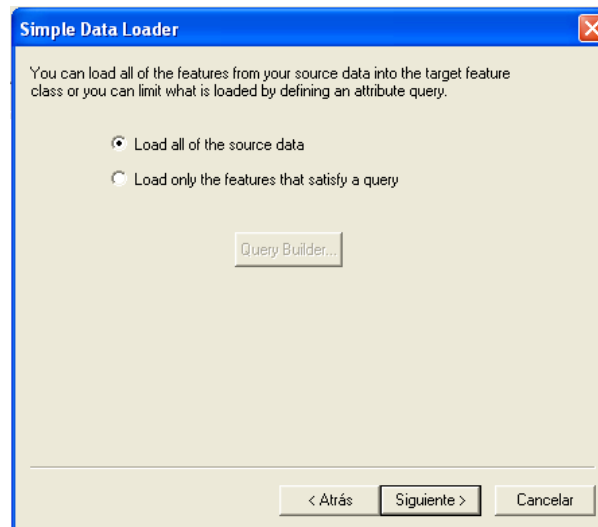
- En el dialogo emergente **Simple Data Loader** click en siguiente.
- En el formulario que aparece, se debe especificar en **Input data** el tema .Shp del cual extraeremos la información, lo adicionamos **add** y click en **siguiente**



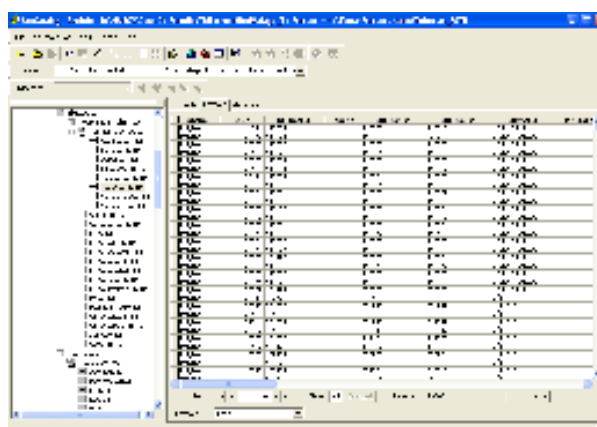
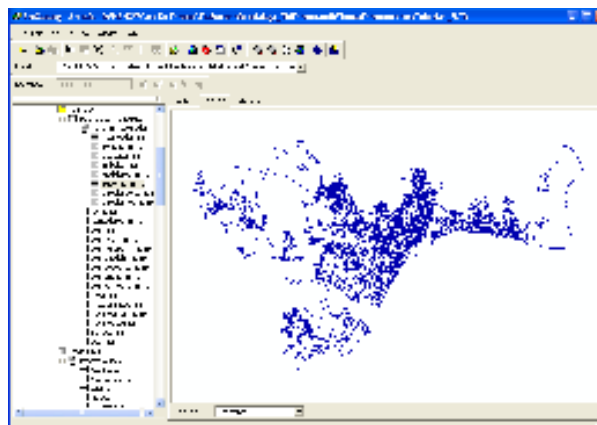
- La sección **Target Field** contiene el nombre de las columnas de la tabla Estructurada y **Matching Source Field** la información de que nos interesa importar del tema shape. Se despliega el menú y se elige el capo, el cual deberá coincidir con los datos de la columna que debemos rellenar.



- Load all of the source data, para confirmar la carga de datos, siguiente y finalizar.



- En el menú **preview** podemos observar, tanto la información grafica como alfanumérica contenida en la tabla.

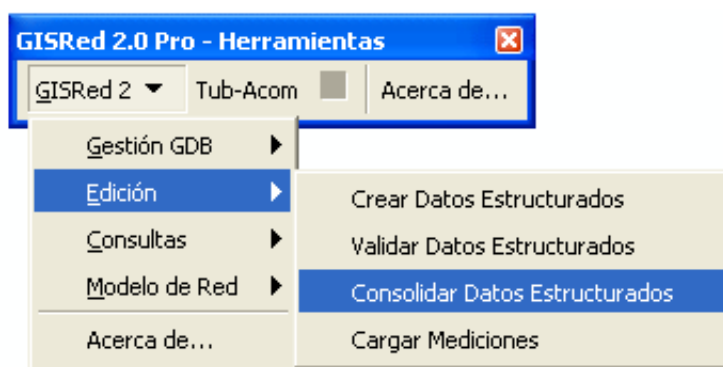


4. CARGA DE DATOS DE LA GDB PRINCIPAL

4.1 Elementos de la red de distribución de agua potable (tuberías, válvulas de corte, caudalímetros, acometidas)

Una vez rellenos los temas estructurados, se debe consolidar toda la información sobre la GDB activa.

- Abrir el diálogo de consolidación de datos estructurados mediante el menú **GISRed 2 | Edición | Consolidar Datos Estructurados**



- Proporcionar un nombre de usuario

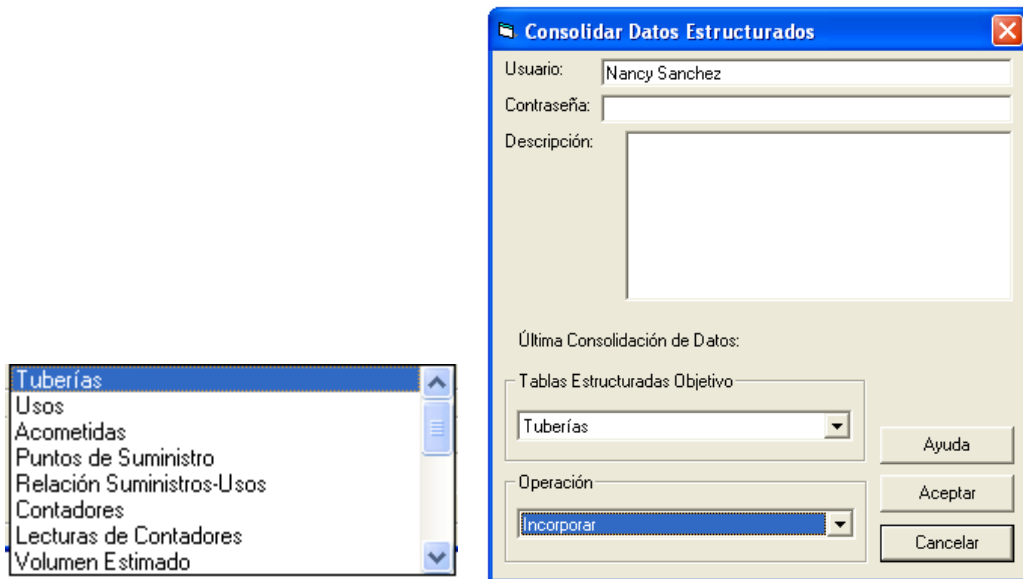
En este formulario, se introducirá un nombre en la casilla 'usuario' que servirá para registrar la operación de edición en la base de datos. La contraseña y la descripción de la operación no son obligatorias.

- Especificar la(s) tabla(s) estructurada(s) que se pretende consolidar

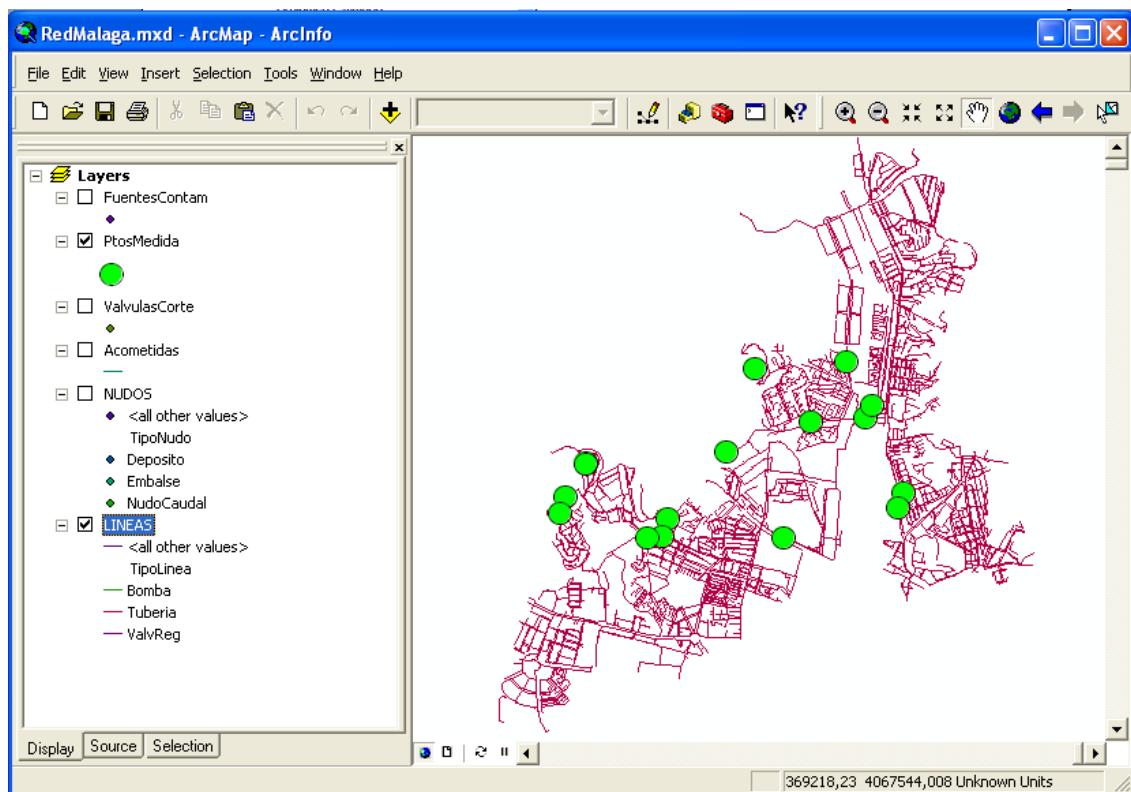
En primer lugar habrá que especificar la **tabla estructurada objetivo**, es decir, aquella información estructurada que se pretende consolidar en la GDB de GISRed.

NOTA: El orden de consolidación es muy importante y debe ser el siguiente:

1. Tuberías, Acometidas, Puntos de Suministro, Contadores, Lecturas, usos.
2. Válvulas de corte, medidores.
3. Sectores-DMA's, DMA's Agrupadas.



- Especificar la operación a realizar con dichos datos. En este caso corresponde a 'Incorporar'
- **Aceptar** la operación de edición.



4.2 Datos del parque de contadores (puntos de suministro, contadores, lecturas de contadores, estimaciones de volumen)

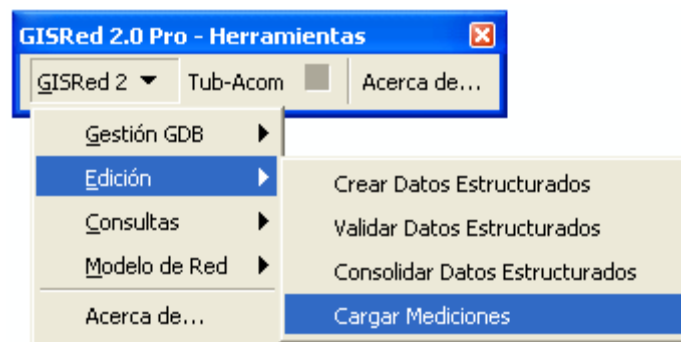
Estos datos deben ser cargados de la misma manera en que se realizó la consolidación de los elementos de la red, procedimiento descrito en el apartado anterior.

4.3 Datos procedentes del sistema de telecontrol (SCADA)

GISRed 2 Pro permite cargar y actualizar datos de mediciones realizadas sobre el sistema de distribución (por ahora únicamente de caudal). La carga y actualización de estos datos se puede realizar de forma automática o bien de forma manual especificando el período de tiempo que se pretende actualizar. Los datos se pueden actualizar accediendo remotamente a la base de datos SQL Server de SCARed o a una base de datos MsAccess que resida en un directorio que especifique el usuario.

➤ Actualización Manual

1. GISRed2 | Edición | Cargar Mediciones.



2. Seleccionar como origen de datos bien SQL Server ó MsAccess

En el primer bloque se debe especificar la fuente de datos externa de la que se extraerán los nuevos datos. Las dos posibilidades son: BdD de SCARed y BdD MSAccess.

Si se selecciona la primera opción, esto es, **BdD de SCARed**, debe existir una conexión ODBC a la base de datos SQL Server de SCARed. En ese caso, el usuario debe introducir el nombre del servidor y el nombre de la base de datos (debe coincidir con los nombres especificados al establecer la conexión ODBC). Por ahora el nombre de usuario es opcional.

Si se opta por la segunda posibilidad, esto es, **BdD MSAccess**, sólo es necesario buscar el fichero mdb que contiene los datos a incorporar. El único requisito es que la base de datos MSAccess posea una tabla denominada 'CAUDALHISTORICOHORA_FLT', que contenga los datos horarios de caudal filtrados. La estructura de esta tabla debe ser similar a la estructura de la geodatabase llamada 'Medidas_Caud_Filt' y tiene la forma de la siguiente figura. En la tabla, el campo '*Instante*' es obligatorio. Las lecturas deben ser consecutivas hora a hora pero no tienen por qué estar ordenadas.

Instante	PUNTO DE CAUD	ET ANTEC. CAUD	ET BOFOD. CA	ET CAP. CAUD	PUNTO DE CAUD
13/10/2009 18:00	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000
13/10/2009 18:00	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000
13/10/2009 18:00	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000
13/10/2009 18:00	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000
13/10/2009 18:00	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000
13/10/2009 18:00	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000
13/10/2009 18:00	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000
13/10/2009 18:00	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000
13/10/2009 18:00	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000	40.0000000000

3. Según el caso, introducir los parámetros que identifican la conexión ODBC de acceso a la base de datos SQL Server o bien especificar el fichero mdb que contiene la tabla 'CAUDALHISTORICOHORA_FLT' con los datos de caudal.

4. Seleccionar 'Actualización Manual'.
5. Pulsar el botón 'Actualizar'

5. CONSULTAS GRÁFICAS Y ALFANUMÉRICAS DE LA INFORMACIÓN

La extensión GISRed permite realizar consultas alfanuméricas sobre la información almacenada en la GDB. Estas consultas facilitan la navegación por los datos de la GDB relativos a DMA's, tuberías, acometidas, suministros, contadores, lecturas de contadores, estimaciones de volumen de suministros sin contador, usos, etc.

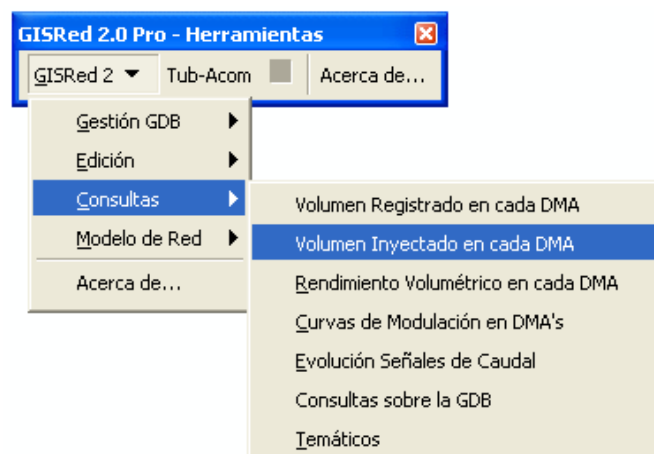
El menú consultas contiene toda la serie de herramientas de consulta de la GDB que ofrece GISRed 2 Pro. Las consultas de la GDB disponibles son las siguientes:

- Obtención del **volumen inyectado** en cada uno de los sectores definidos en el sistema (balance de volúmenes en base a los caudalímetros telemedidos).
- Obtención del **volumen registrado** en cada uno de los sectores hidrométricos definidos (DMA's).
- Obtención del **rendimiento volumétrico** en cada sector o DMA.
- Obtención de **curvas de evolución de las señales de caudal** asociadas a los caudalímetros del sistema.
- Obtención de las **curvas de modulación de la demanda** en cada sector hidrométrico.
- **Consultas** alfanuméricas sobre la estructura relacional de la GDB relativas al **parque de contadores**
- Generación de **mapas temáticos** a partir de la información de la GDB.

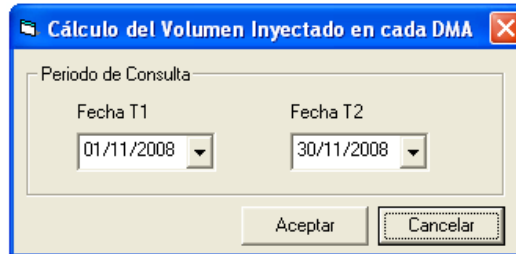
5.1 Volumen inyectado en cada DMA

Obtención del volumen inyectado en cada uno de los sectores definidos en el sistema (balance de volúmenes en base a los caudalímetros telemedidos).

1. Seleccionando el menú **GISRed 2 | Consultas | Volumen Inyectado en cada DMA**

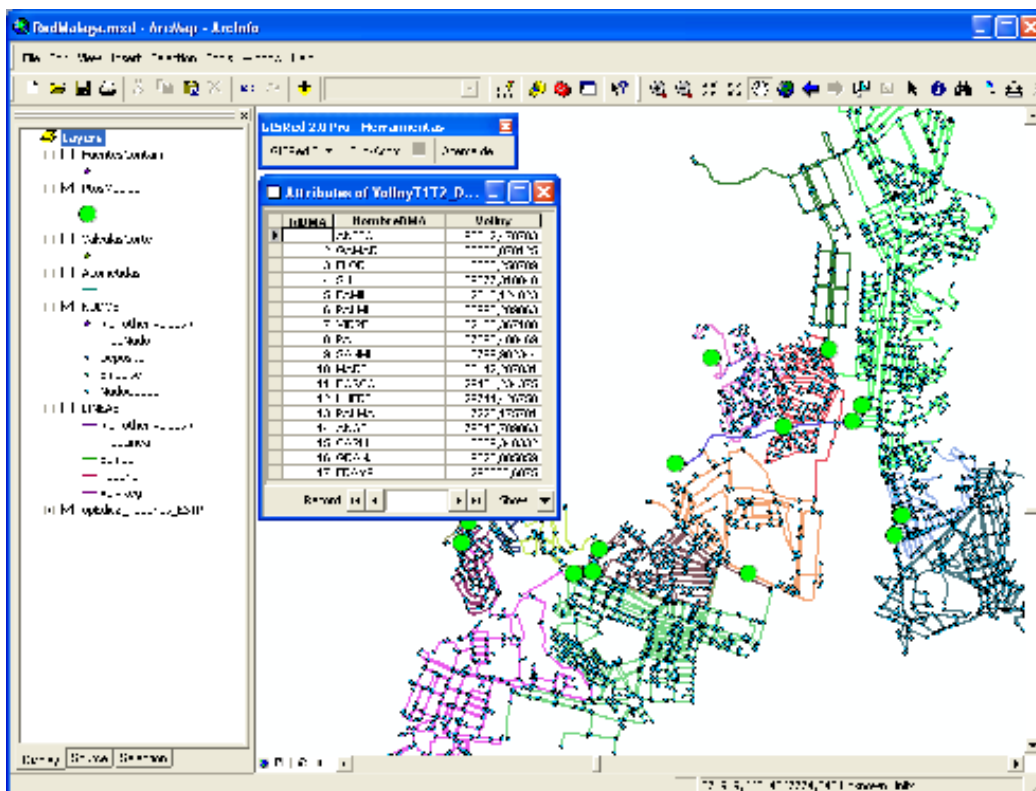


- En el diálogo emergente debe seleccionarse el período para el cual se desea llevar a cabo el cálculo, es decir la fecha inicial T1 y la fecha final T2. Obviamente el período debe estar en consonancia con las fechas de la tabla de mediciones disponibles (*Medidas_Caud_Filt*).



- Pulsar el botón 'Aceptar'

Como resultado de esta consulta se obtiene una tabla que muestra el volumen inyectado (en m³) en cada una de las DMA's durante el período seleccionado. Esta tabla tiene dos campos, el primero hace referencia al *nombre de la DMA* y el segundo campo hace referencia al *volumen inyectado* en metros cúbicos en ese período dentro de esa DMA. La tabla es añadida automáticamente a la tabla de contenidos de ArcMap.



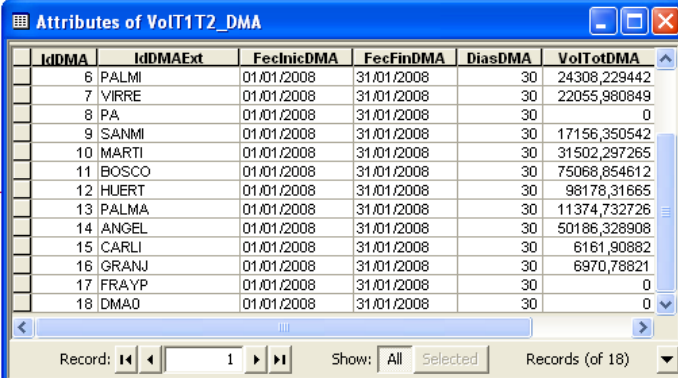
5.2 Volumen Registrado en cada DMA

Para obtener el volumen registrado en cada uno de los distritos hidrométricos definidos (DMA's), es necesario disponer de datos de acometidas, puntos de suministro, contadores y lecturas de contadores actualizadas.

➤ Cálculo del volumen registrado en cada DMA:

1. Seleccionar el menú **GISRed 2 | Consultas | Volumen Registrado en cada DMA**
2. En el diálogo emergente seleccionar el período para el cual se desea llevar a cabo el cálculo, es decir la fecha inicial **T1** y la fecha final **T2**. Obviamente el período debe estar en consonancia con las fechas de lecturas disponibles.
3. Pulsar el botón 'Aceptar'

Como resultado de esta consulta se obtiene una tabla que muestra el volumen registrado (en m³) en cada una de las DMA's durante el período seleccionado. Esta tabla tiene 6 campos:



IdDMA	IdDMAExt	FecInicDMA	FecFinDMA	DiasDMA	VolTotDMA
6	PALMI	01/01/2008	31/01/2008	30	24308,229442
7	VIRRE	01/01/2008	31/01/2008	30	22055,980849
8	PA	01/01/2008	31/01/2008	30	0
9	SANMI	01/01/2008	31/01/2008	30	17156,350542
10	MARTI	01/01/2008	31/01/2008	30	31502,297265
11	BOSCO	01/01/2008	31/01/2008	30	75068,854612
12	HUERT	01/01/2008	31/01/2008	30	98178,31665
13	PALMA	01/01/2008	31/01/2008	30	11374,732726
14	ANGEL	01/01/2008	31/01/2008	30	50186,328908
15	CARLI	01/01/2008	31/01/2008	30	6161,90882
16	GRANJ	01/01/2008	31/01/2008	30	6970,78821
17	FRAYP	01/01/2008	31/01/2008	30	0
18	DMAO	01/01/2008	31/01/2008	30	0

- **IdDMA**: identificador interno de la DMA
- **IdDMAExt**: nombre del sector o DMA
- **FecInicDMA**: dentro del período seleccionado, esta es la fecha inicial a partir de la cual la DMA es válida (normalmente coincidirá con la fecha inicial seleccionada).
- **FecFinDMA**: dentro del período seleccionado, esta es la última fecha de validez de la DMA (normalmente coincidirá con la fecha final seleccionada).
- **DiasDMA**: Número de días del período seleccionado en los que la DMA ha sido válida
- **VolTotDMA**: Volumen total en m³ registrado en la DMA dentro del período seleccionado

La tabla se abre automáticamente en la tabla de contenidos de ArcMap.

5.3 Rendimiento Volumétrico en cada DMA

Para obtener el rendimiento volumétrico en cada uno de los distritos hidrométricos, la aplicación internamente volverá a calcular el volumen registrado y el volumen inyectado en cada DMA para el período de tiempo seleccionado.

➤ Cálculo del rendimiento volumétrico en cada DMA:

1. Seleccionar el menú **GISRed 2 | Consultas | Rendimiento Volumétrico en cada DMA**
2. En el diálogo emergente seleccionar el período de cálculo, es decir la fecha inicial **T1** y la fecha final **T2**.
3. Pulsar el botón **'Aceptar'**

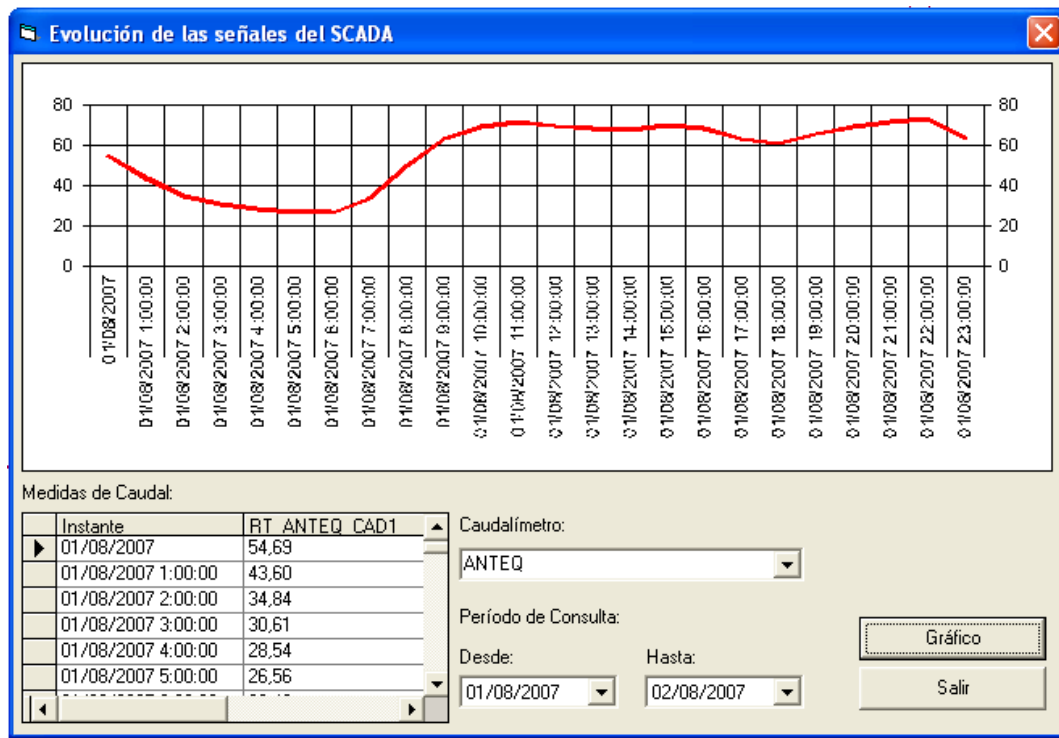
Como resultado de esta consulta se obtiene una tabla que muestra el rendimiento volumétrico en tanto por cien (%) para cada una de las DMA's durante el período seleccionado. Esta tabla tiene dos campos, el primero hace referencia al *nombre de la DMA* y el segundo campo hace referencia al *rendimiento calculado*. La tabla es añadida automáticamente a la tabla de contenidos de ArcMap

5.4 Evolución de Señales del caudal

GISRed permite obtener gráficos de evolución horaria de las señales de los caudalímetros, a partir de los datos registrados en la tabla *Medidas_Caud_Filt*. Por tanto, esta consulta sólo se podrá realizar si para el periodo seleccionado existen caudalímetros activos y medidas de caudal en la tabla de medidas de caudal.

➤ Obtención de un gráfico de evolución del caudal para un determinado caudalímetro:

1. Seleccionar el menú **GISRed 2 | Consultas | Evolución Señales de Caudal**
2. En el diálogo emergente seleccionar el nombre del caudalímetro de la lista desplegable y el período de cálculo, es decir la fecha inicial **'Desde'** y la fecha final **'Hasta'**.
3. Pulsar el botón **'Gráfico'**



5.5 Curvas de modulación en DMA's

Para obtener las curvas de modulación de la demanda, se emplean los datos de volúmenes horarios que proporcionan los caudalímetros y que quedan registrados en la tabla de Medidas_Caud_Filt. GISRed 2 calcula las modulaciones a nivel de sector hidrométrico.

➤ El proceso de cálculo está basado en los caudales horarios de la tabla de medidas y consiste en:

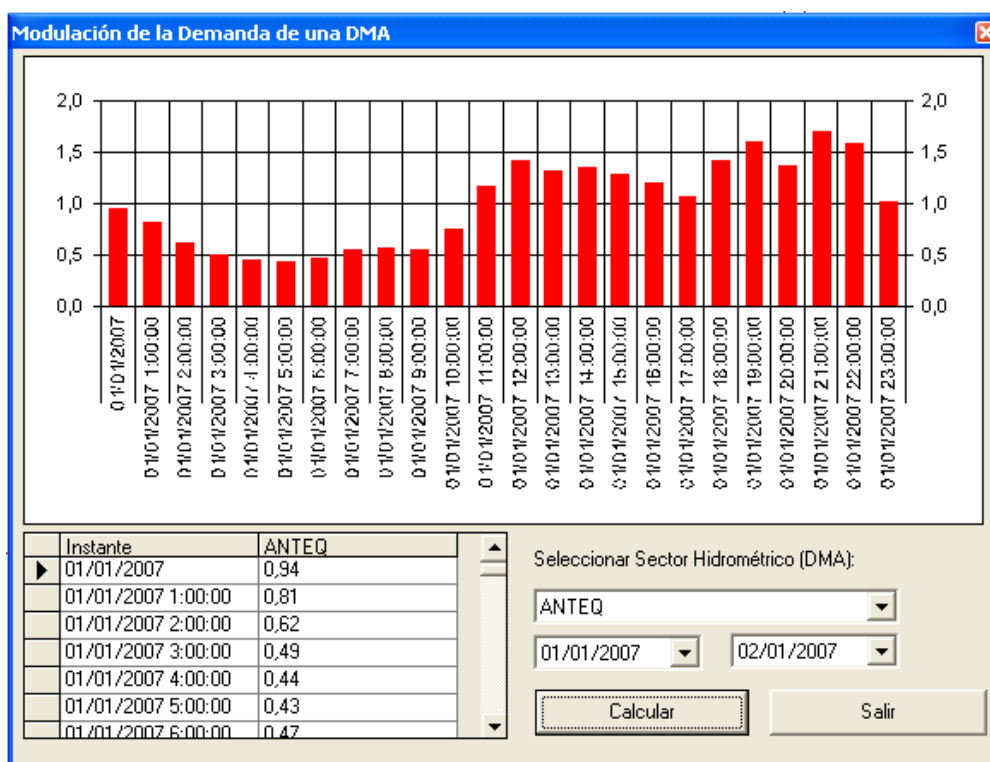
1. Identificar los caudalímetros horarios que delimitan a las DMA's de modulación.
2. Calcular el volumen total inyectado en cada una de las DMA's para el periodo seleccionado
3. Para cada una de las DMA's se lleva a cabo el balance hora a hora de volúmenes, recorriendo los caudalímetros que la definen.
4. A partir de los volúmenes inyectados en cada DMA, obtenemos el volumen medio horario a lo largo de ese periodo.
5. Posteriormente, calculamos los factores horarios de las curvas de modulación dividiendo cada uno de los valores horarios, por dicho valor medio.
6. Estos factores forman la curva de modulación de la demanda asociada al sector hidrométrico correspondiente.

➤ Cálculo de la curva de modulación de la demanda para las DMA's existentes:

1. Seleccionar el menú GISRed 2 | Consultas | Curvas de Modulación en DMA's
2. En el diálogo emergente seleccionar el período de cálculo, es decir la fecha inicial T1 y la fecha final T2.
3. Pulsar el botón 'Calcular'

Una vez realizado el cálculo, en la casilla desplegable aparecerá la lista de DMA's existentes. En ese momento se podrá seleccionar una DMA en concreto y visualizar la curva de modulación asociada a dicha DMA para el período de tiempo seleccionado. Los factores de modulación se muestran en la tabla que aparece debajo del gráfico.

Si para alguna DMA en particular no hubiera datos de modulación la aplicación alerta al usuario.



5.6 Consultas sobre la Geodatabase de GISRed

La extensión GISRed permite realizar consultas alfanuméricas sobre la información almacenada en la GDB. Estas consultas facilitan la navegación por los datos de la GDB relativos a DMA's, tuberías, acometidas, suministros, contadores, lecturas de contadores, estimaciones de volumen de suministros sin contador, usos, etc.

➤ Para obtener un gráfico de evolución del caudal para un determinado caudalímetro:

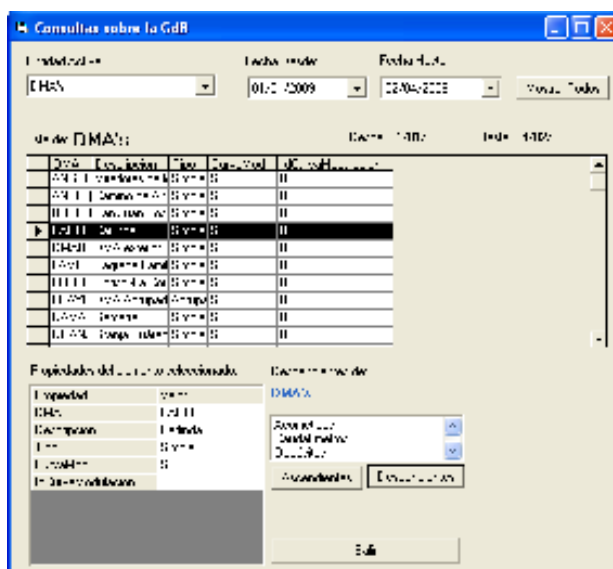
1. Seleccionar el menú **GISRed 2 | Consultas | Consultas sobre la GDB**
2. En el diálogo emergente seleccionar el nombre de la entidad que se desea consultar (DMA's, tuberías, depósitos, medidores, medidas,...)
3. Seleccionar el período de consulta, es decir, la fecha inicial '**Desde**' y la fecha final '**Hasta**'.
4. Pulsar el botón '**Mostrar Todos**'

En ese momento la aplicación hará un filtrado de datos de acuerdo con las fechas para la entidad seleccionada y los mostrará en la rejilla del cuadro de diálogo.

Pulsando sobre un registro en particular, las propiedades asociadas a dicho elemento se mostrarán en la tabla de propiedades del elemento.

5. Mediante los botones Ascendientes y Descendientes, es posible comprobar qué entidades están relacionadas con la entidad activa.
6. Haciendo doble clic sobre una entidad de la lista de ascendientes o descendientes, GISRed actualizará la rejilla con todos los elementos (padres o hijos) asociados al elemento de la entidad activa en ese momento. De esta forma es posible recorrer de forma visual todas las entidades relacionadas a través de las tablas de la GDB.
7. Para salir del diálogo de consultas, pulsar el botón 'Salir'

Por ejemplo, sería posible consultar todas las tuberías que han pertenecido a una determinada DMA durante un periodo determinado. Seleccionar una tubería en concreto y averiguar para ese período cuántas acometidas han estado vinculadas a dicha tubería.



5.7 Generación de Temáticos

Mediante una consulta a la GDB de GISRed 2 es posible añadir al escenario de trabajo un nuevo temático *shapefile* de nudos o líneas clasificado por una determinada propiedad (p. ej. nudos clasificados por su demanda base, líneas clasificadas por diámetro, por DMA,..). El temático representaría la propiedad entre dos fechas válidas.

➤ Para generar un nuevo temático de la red entre dos fechas dadas:

1. Seleccionar **GISRed2 | Consultas | Temáticos** de la barra de herramientas de GISRed 2 Pro.



2. Señalar aquellas propiedades que se desean reflejar en los temáticos.
3. Señalar la **fecha inicial** y la **fecha final** de consulta.

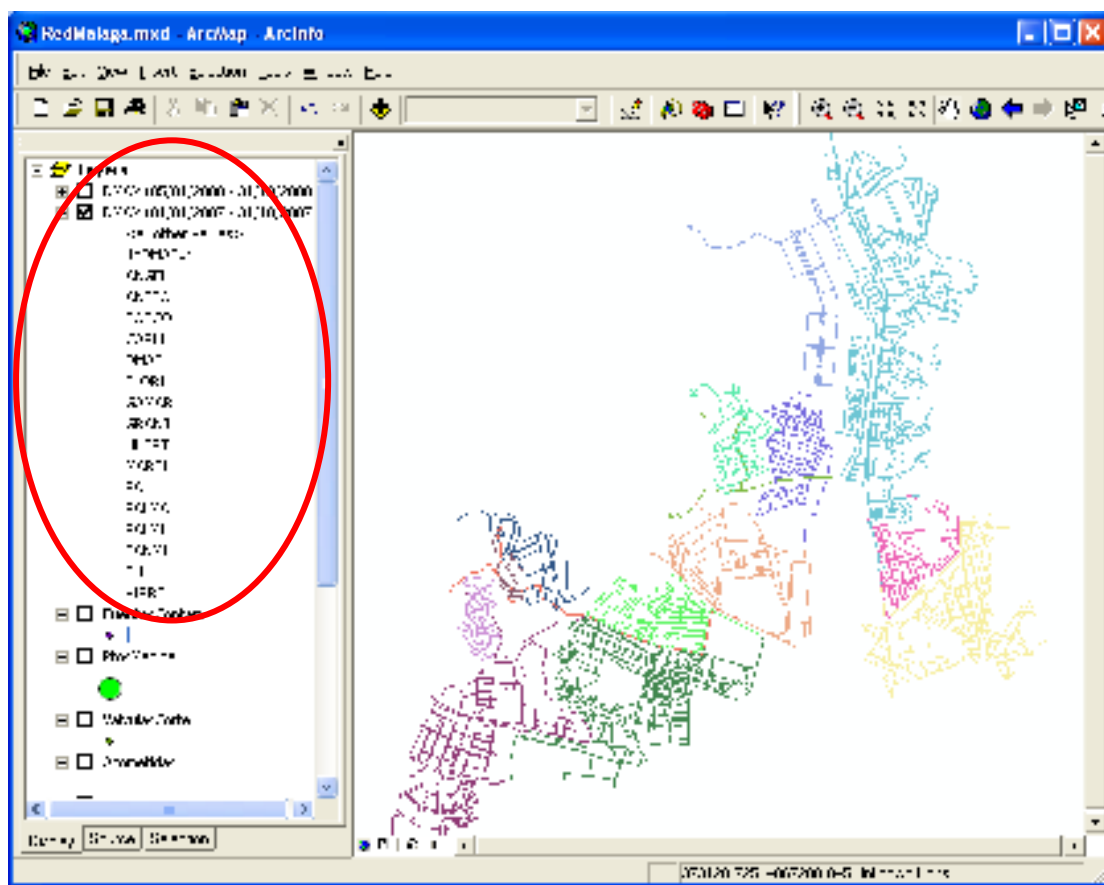


4. Pulsar '**Crear**'. Se añadirá un nuevo tema shape a la tabla de contenidos del mapa por cada una de las propiedades seleccionadas.
5. Pulsar '**Salir**' para cerrar el diálogo.

NOTA 1: Para poder generar un temático mediante esta utilidad, deben existir los temas básicos de LINEAS y NUDOS en la tabla de contenidos del mapa. De lo contrario, todas las propiedades aparecerán desactivadas.

NOTA 2: Los temáticos se almacenan por defecto en una carpeta llamada 'Temáticos' que se crea en el directorio activo de trabajo.

Si en dicha carpeta existe un temático con el mismo nombre, la aplicación pregunta si se desea reemplazar el fichero. En caso afirmativo, GISRed elimina el shapefile existente y genera un temático nuevo.

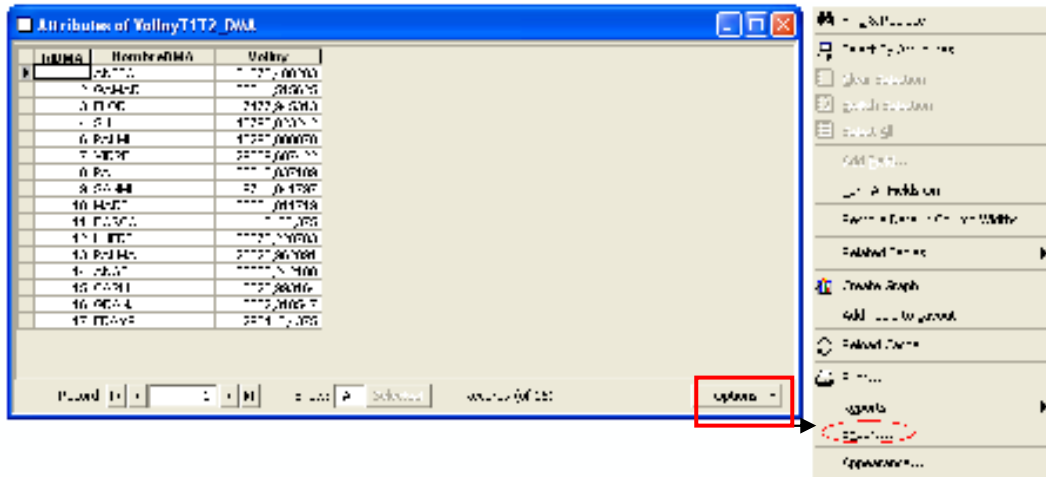


5.8 Exportación de la información de red a MSEXcel

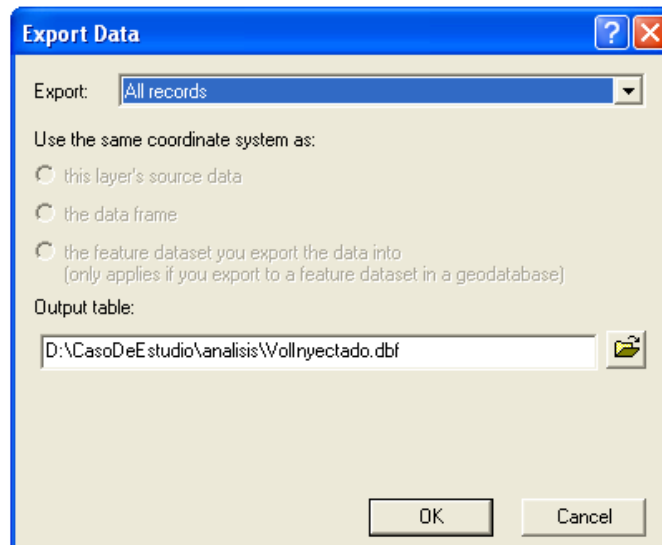
La información alfanumérica de la red contenida en los atributos de los temas, así como también, la obtenida a través de las consultas, permite ser exportada a formato Excel.

- Exportación de la información de red a MExcel:

1. Seleccionar el menú **Options | Export**



2. Elegir un directorio donde será guardado el archivo Excel y un nombre para el mismo.

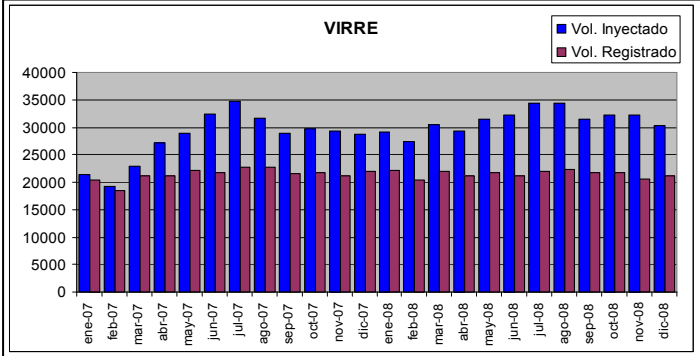
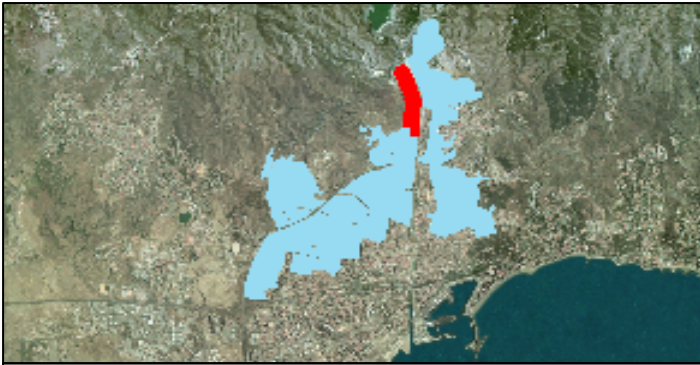


6. BALANCES HÍDRICOS OBTENIDOS EN CADA DISTRITO HIDROMÉTRICO

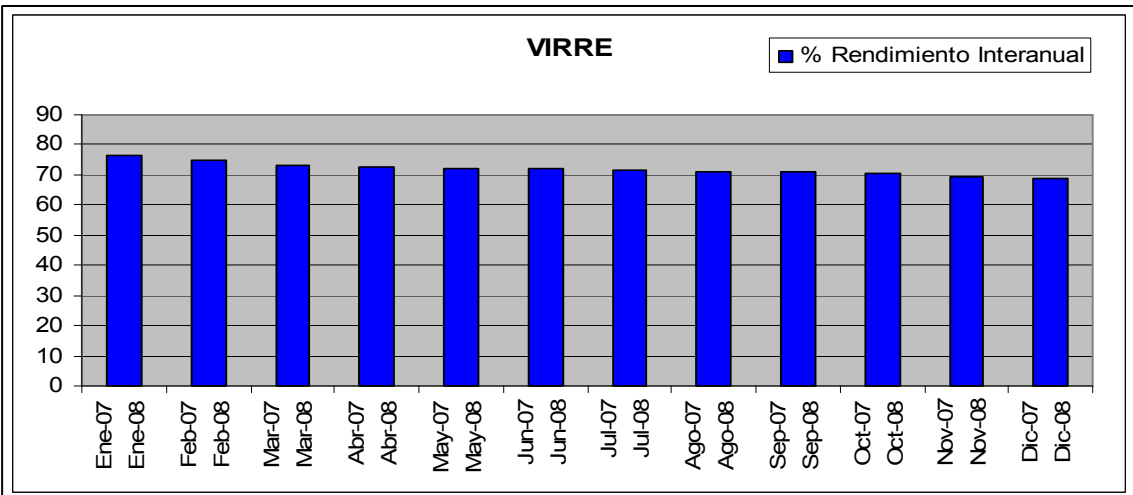
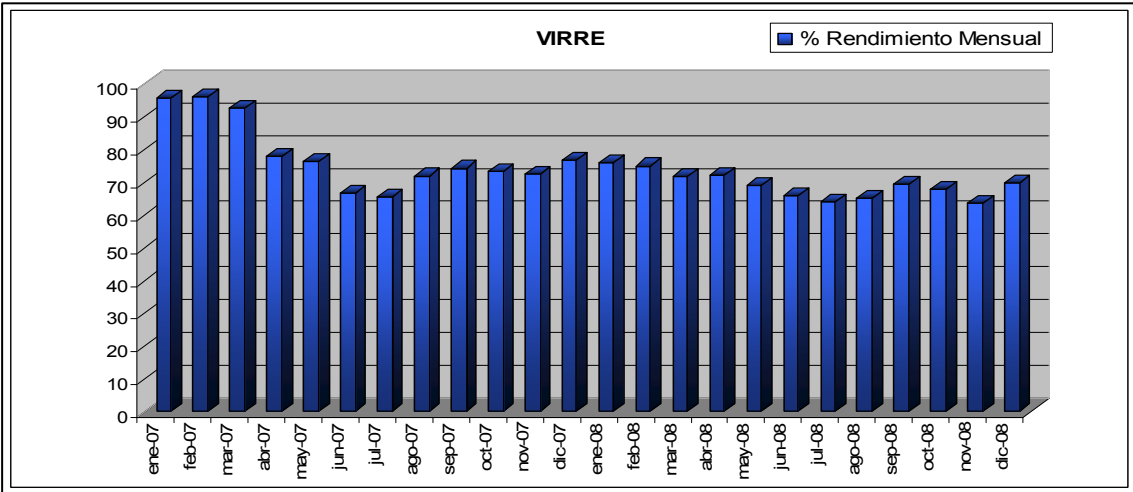
En este apartado se presentan los datos obtenidos del análisis de volúmenes inyectados y registrados en cada sector, así como su rendimiento por mes durante el año 2007 y 2008. De lo cual se tiene que:

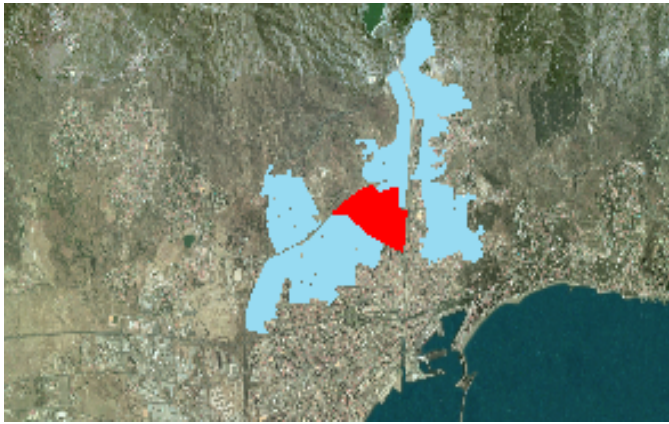
- Los rendimientos volumétricos que se obtienen en estos sectores presentan valores alrededor del 60% y se hace evidente la existencia de pérdidas de agua en la red.
- Los resultados de volúmenes obtenidos por sector, permiten realizar comparaciones del nivel de pérdidas, posibilitando la toma de decisiones con respecto a la priorización de sectores en los cuales realizar búsqueda de fugas y gestión de la infraestructura.
- Esta metodología permite conocer, a través de los rendimientos, el estado del sistema.
- Los rendimientos obtenidos son de gran utilidad para analizar la evolución en el tiempo del estado en que se encuentra sistema del abastecimiento, permitiendo programar actuaciones de mejora del rendimiento en corto y mediano plazo.
- Al analizar la evolución mensual del rendimiento hídrico de los sectores, se tiene que este disminuye en medida que el volumen inyectado aumenta, esto es debido a la frecuencia de lectura de los medidores, la cual es realizada cada tres meses, generando así que su comportamiento con respecto al tiempo no sea muy claro. Por esta razón se procede a analizar el rendimiento por un periodo mas largo (interanual), obteniendo de esta manera una evolución del rendimiento mas aproximada a la realidad. En este contexto, se crea la necesidad de efectuar tomas de lecturas de medidores con mayor frecuencia y esta acción a su vez obliga a que las herramientas informáticas tiendan en un futuro a mejorar el manejo de grandes volúmenes de datos.

Las graficas a continuación, muestran lo comentado en este apartado. Se puede observar en la parte superior la ubicación del sector y una tabla resumen con el valor máximo, mínimo y media anual del volumen inyectado para cada año analizado, también contiene el caudalímetro asignado. Las dos graficas siguientes, corresponden al análisis del rendimiento mensual e interanual por sector.

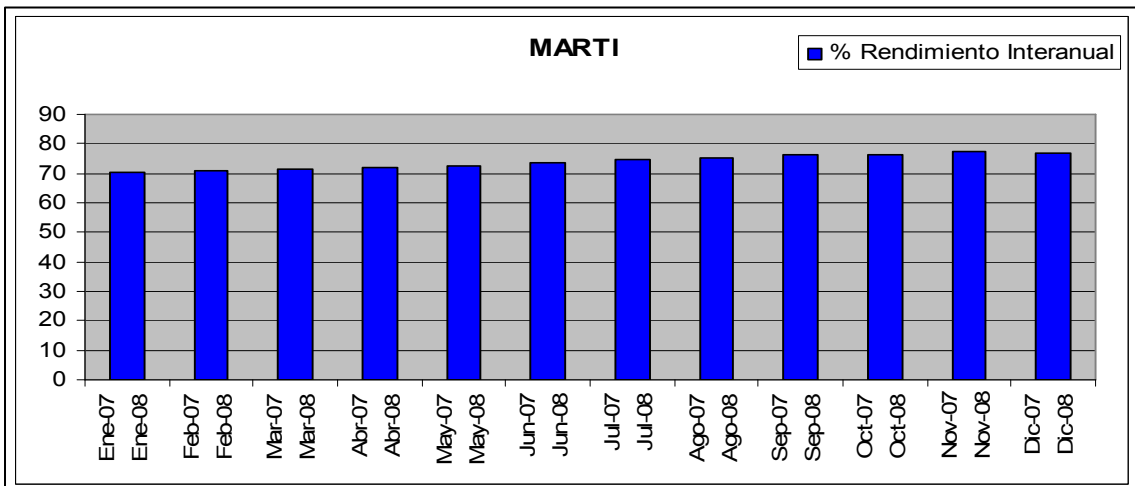
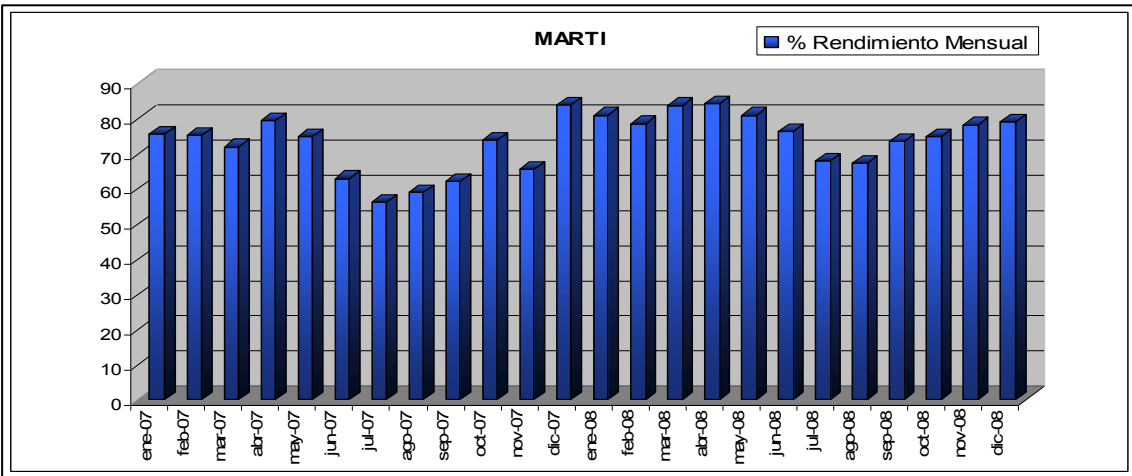
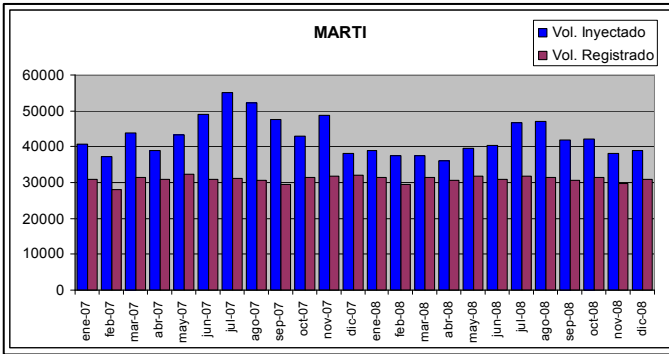


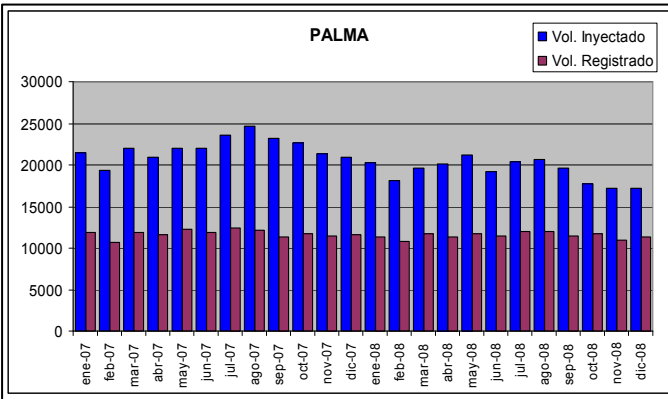
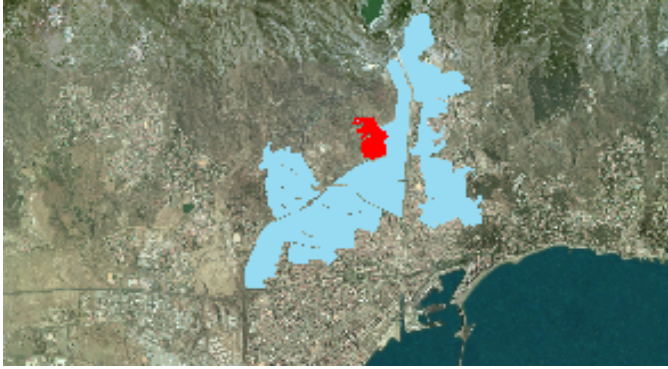
SECTOR VIRRE		
Caudalímetro	Entrada	VIRRE
	Salida	-
Volumen (m³) Inyectado 2007	Máximo	Julio 34844,76
	Mínimo	Febrero 19237,33
	Media	306064,60
Volumen (m³) Inyectado 2008	Máximo	Julio 34422,05
	Mínimo	Febrero 27325,33
	Media	31227,96



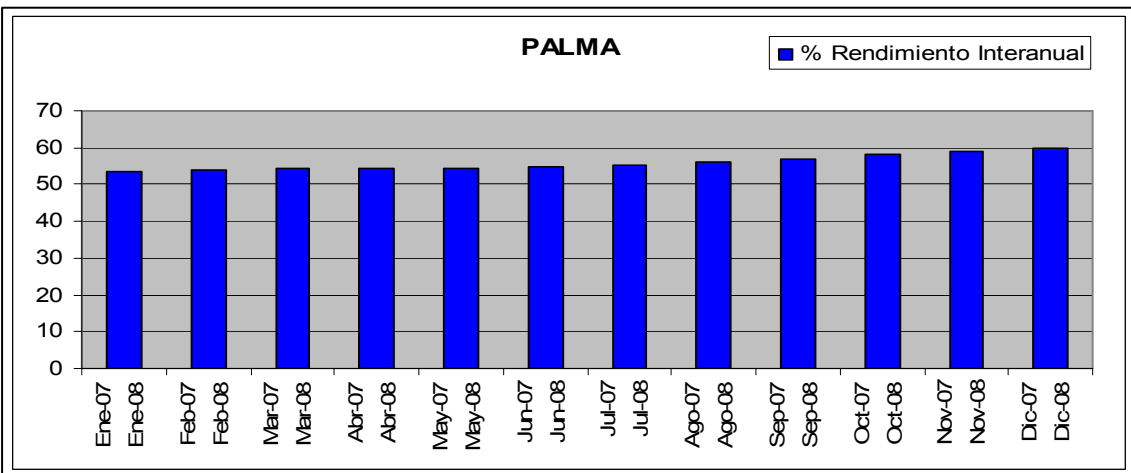
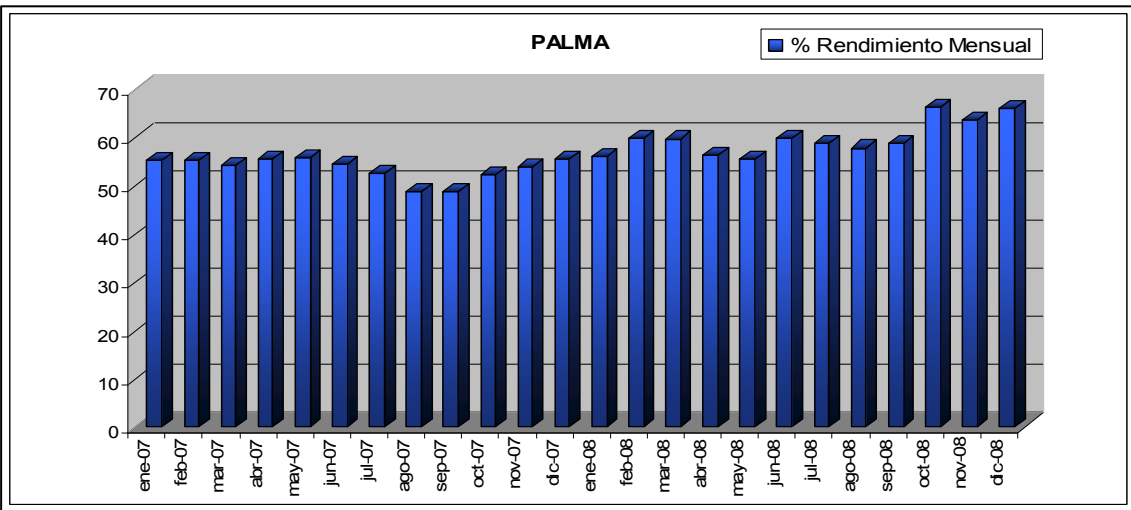


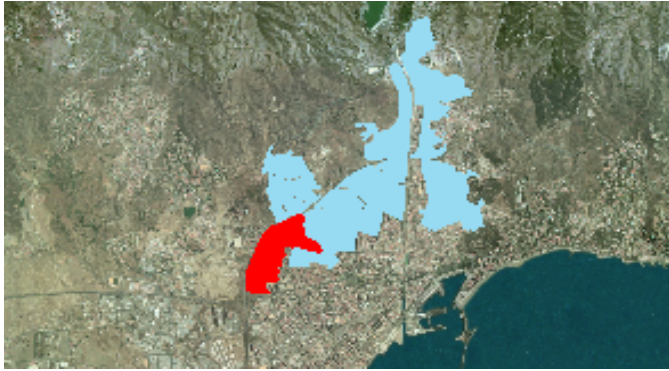
SECTOR MARTI		
Caudalímetro	Entrada	MARTI
	Salida	
Volumen (m ³) Inyectado 2007	Máximo	Julio 55141,80
	Mínimo	Febrero 37248,80
	Media	44817,71
Volumen (m ³) Inyectado 2008	Máximo	Agosto 47039,95
	Mínimo	Abril 36198,95
	Media	40399,68



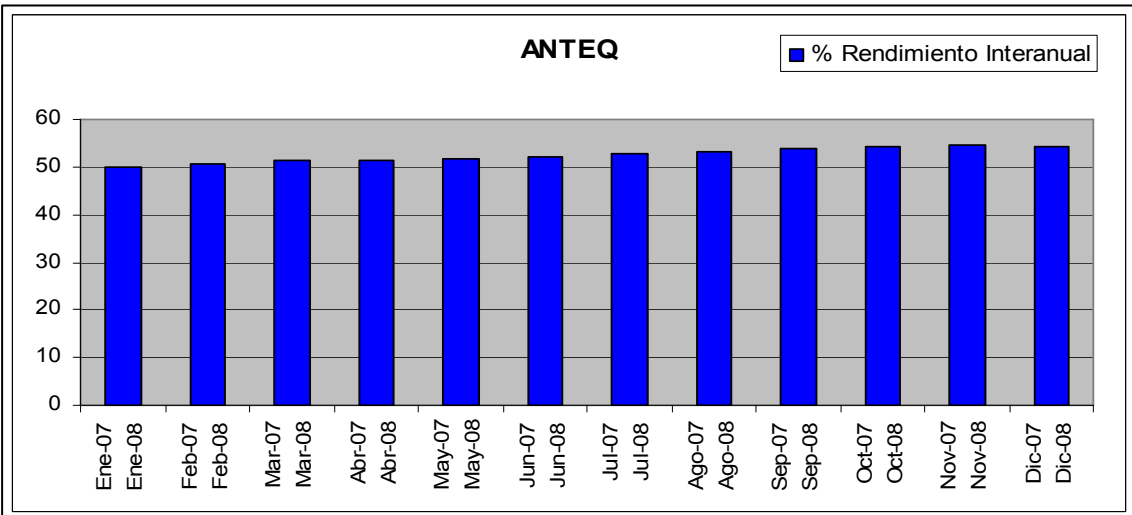
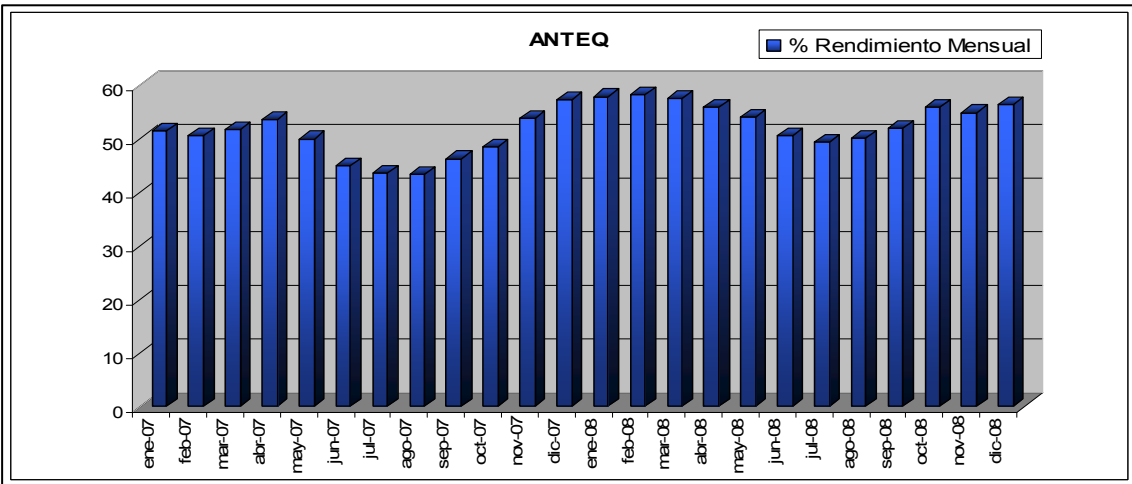
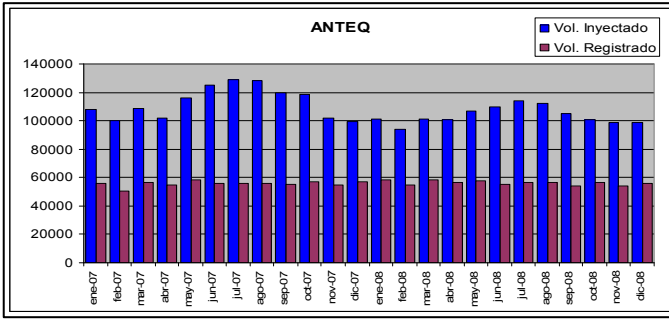


SECTOR PALMA		
Caudalímetro	Entrada	PALMA
	Salida	
Volumen (m³) Inyectado 2007	Máximo	Agosto 24727,92
	Mínimo	Febrero 19321,39
	Media	22010,47
Volumen (m³) Inyectado 2008	Máximo	Mayo 21248,12
	Mínimo	Diciembre 17156,18
	Media	19291,35





SECTOR ANTEQ		
Caudalímetro	Entrada	ANTEQ
	Salida	GRANJ
Volumen (m ³) Inyectado 2007	Máximo	Julio 128661,76
	Mínimo	Diciembre 99234,08
	Media	113056,81
Volumen (m ³) Inyectado 2008	Máximo	Julio 114511,09
	Mínimo	Febrero 94078,23
	Media	103653,00



CAPÍTULO 6.- CONCLUSIONES

1. PRINCIPALES APORTACIONES

Hasta aquí se ha intentado presentar una visión general de los métodos de gestión eficiente de la demanda urbana, destacando la importancia de conocer los balances hídricos de un sistema de abastecimiento, así como también, los beneficios y facilidades que nos ofrece la utilización de herramientas informáticas.

Los avances en las técnicas modernas de control operativo de los sistemas de abastecimiento, el desarrollo de la instrumentación y la ayuda que supone el uso de herramientas de software para su control, han hecho que en las redes de distribución de agua se tienda cada vez más al control automático de las mismas, permitiendo plantear acciones, ya sean directas, indirectas o de apoyo, orientadas a la reducción de las pérdidas de agua y al mantenimiento sostenido de un buen rendimiento hídrico.

Se puede afirmar que la sectorización en combinación con las demás técnicas de modelización, monitoreo y mantenimiento programado, permite aumentar la eficacia y eficiencia de los métodos aplicados para la reducción de volúmenes de agua potable perdidos en un sistema de acueducto.

En la actualidad, con la necesidad de proteger el medio ambiente y los recursos naturales, la tecnología aparece como el factor clave para permitir esta conservación del medio ambiente. Sin tecnología o profesionales capaces de aplicarla, no habrá una gestión óptima de las infraestructuras ligadas al transporte y uso del agua, que tanto esfuerzo inversor supone su construcción

En resumen:

- El trabajo realizado ha permitido ordenar y homogeneizar un gran volumen de información básica, imprescindible en cualquier ejercicio de gestión técnica de las redes.
- Los resultados obtenidos del procesamiento de datos a través de las herramientas informáticas utilizadas para el desarrollo de esta tesina permiten un fácil análisis, proporcionando un control permanente de los caudales circulantes, así como, una visión general, simplificada y rápida del funcionamiento actual sistema de distribución de agua.
- A las tareas realizadas deberían sucederle nuevos trabajos de mayor detalle, especialmente en las zonas en que el indicador del rendimiento volumétrico resulta menor.

2. DESARROLLOS FUTUROS

Actualmente la adaptación del programa GISRed 2.0 Pro, pretende ampliar el alcance de la base de datos actual para mantener actualizados, no solo los datos relativos a cartografía de la red, consumos registrados, operaciones de mantenimiento y medidas en tiempo real procedentes de los caudalímetros instalados (previamente filtrados por la aplicación SCARed), sino también todos aquellos datos relacionados con el consumo no controlado, como consumos públicos, parque de contadores, población censada por parcela y acometida, fugas localizadas, etc, así como los resultados de las campañas de localización de fugas.