

3.4 TRANSPORTE DEL AGUA (CANALES, CONDUCCIONES Y TRASVASES). DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN

ÍNDICE

3.4 TRANSPORTE DEL AGUA: CANALES, CONDUCCIONES Y TRASVASES.....	2
3.4.1 TRANSPORTE DEL AGUA: ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN EL DISEÑO Y APOYO A LA DIRECCIÓN DE OBRA.....	4
3.4.2 TRANSPORTE DEL AGUA: ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN LA CONSTRUCCIÓN	7
3.4.3 TRANSPORTE DEL AGUA: ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN LA EXPLOTACIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN	12

SERVICIO

3.4 TRANSPORTE DEL AGUA: CANALES, CONDUCCIONES Y TRASVASES

DESCRIPCIÓN

El abastecimiento de agua a las poblaciones, en cantidad y calidad, es de vital importancia para la vida de sus ciudadanos y la economía de las empresas instaladas en su entorno. Por ese motivo, la correcta concepción y ejecución de los sistemas de abastecimiento -diseño, construcción, explotación y mantenimiento-, con la adecuada valoración técnico-económica de los mismos, significa asegurar el acceso de manera segura y económica a un bien escaso en numerosos países o alejado de los núcleos de población, y por tanto de gran valor.

En la fase de abastecimiento, en la aducción, el agua que se capta de ríos, embalses o del mar se almacena (regulación mediante presas y embalses) y se transporta a las áreas urbanas a través de canales en régimen hidráulico en lámina libre o de grandes tuberías a presión para su potabilización. O bien, en aquellos sistemas supramunicipales, se conduce desde las grandes ETAP (Estaciones de Tratamiento de Agua Potable), mediante tuberías a presión o canales cubiertos, o soterrados, hasta los depósitos urbanos o las redes de distribución.

La gestión del ciclo integral del agua urbana abarca la completa y compleja labor de manejo de los sistemas o procesos que permiten el abastecimiento urbano (con aguas aptas para el consumo), así como el saneamiento de las aguas residuales (alcantarillado y depuración) y la reutilización (para usos distintos al consumo humano) de las aguas residuales convenientemente depuradas (ya usadas) generadas en las ciudades.

En la actualidad, las mejoras tecnológicas desarrolladas en los últimos años junto con el esfuerzo en la gobernanza derivada del incremento de normativa específica en el transporte del agua y en las especificaciones de los materiales, permite a la ingeniería española, diseñar, ejecutar y mantener, con garantía de éxito, cualquier sistema de abastecimiento, independientemente del tamaño del mismo y de su complejidad con las adecuadas herramientas.

GOBERNANZA

El agua es en todas las fases del ciclo, propiedad pública. La gestión del agua en algunas de estas fases puede ser llevada a cabo por instituciones o empresas públicas, privadas o mixtas, pero el regulador, o el que ejerce el control, es siempre la administración pública española.

En los sistemas hidráulicos de ámbito supramunicipal la autoridad administrativa del agua son las Demarcaciones Hidrográficas (cuencas fluviales). En algunos sistemas la autoridad puede ser el Ayuntamiento (si tiene fuentes propias) u otras entidades locales.

Respecto al ámbito del diseño y la dirección de obra, el gobierno de España, a través del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), ha elaborado varias publicaciones relativas al diseño de sistemas de abastecimiento, en especial, la "Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión".

Y por otro lado, AENOR, sociedad con 200 Comités Técnicos de Normalización, ha redactado un catálogo de normas técnicas que supera las 28.000 normas, que ha permitido generar el adecuado marco normativo que fija los condicionantes y los elementos que se deben modelizar en un sistema de abastecimiento.

Los resultados obtenidos tras las simulaciones matemáticas de los sistemas de abastecimiento deberán cumplir con lo fijado en la gobernanza.

En cuanto a las tareas de operación, conservación y mantenimiento de los sistemas hidráulicos, es habitual que éstas se desarrollen mediante gestión directa, con medios propios o contratados (a empresas especializadas), o a través de instituciones o empresas públicas dedicadas a ello.



Ilustración 1: Conducción del segundo anillo de agua potable del área metropolitana de Madrid.

MÁS INFORMACIÓN:

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	http://www.magrama.gob.es/es/agua
Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	www.aeas.es
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	www.asoaga.com
Asociación Española de Empresas de Tecnologías del Agua (ASAGUA)	www.asagua.es
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	www.tecniberia.es
Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)	www.cedex.es

La infraestructura necesaria para la modelización parte de perfil longitudinal de la conducción (siendo fundamental el conocimiento de puntos altos intermedios que pueden ser zonas de posible cavitación del tubo), el material y las características geométricas del tubo y las condiciones de contorno (origen en depósito, embalse, bombeo, etc. y finalización en depósito, embalse, toma, etc.).

A partir de técnicas de modelación, se diseñan y ejecutan actuaciones tales como:

- Validación del diámetro de las tuberías.
- Obtención de las presiones máximas para el cálculo estructural de la tubería.
- Diseño de protección antiarriete en impulsión (calderines, válvulas de alivio, chimeneas de equilibrio,...).
- Justificación el tiempo de cierre de válvulas en tramos en gravedad.
- Diseño de válvulas de control (mantenedoras de presión, reguladoras de caudal,...).
- Diseño de las ventosas.
- Análisis del rendimiento energético del sistema.

ALGUNOS EJEMPLOS DE CASO DE ÉXITO

Como caso reciente de éxito puede citarse el desarrollo del Plan Director de Abastecimiento del área metropolitana de Barcelona de 600 km² de superficie y 33 municipios involucrados, cuyo objetivo ha sido cuantificar las demandas hídricas y definir las medidas a desarrollar para garantizar la sostenibilidad de dichos municipios respecto al recurso agua.



Ilustración 3: Abastecimiento al área metropolitana de Barcelona.



Ilustración 4: Conducción de abastecimiento de agua de ATLL (Aigües Ter Llobregat) para el área metropolitana de Barcelona.

MÁS INFORMACIÓN:

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	http://www.magrama.gob.es/es/agua
Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	www.aeas.es
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	www.asoaga.com
Asociación Española de Empresas de Tecnologías del Agua (ASAGUA)	www.asagua.es
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	www.tecniberia.es
Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)	www.cedex.es

SERVICIO

3.4.2 TRANSPORTE DEL AGUA: ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

La gestión del ciclo integral del agua es una actividad compleja que tiene dos grandes condicionantes:

- Multidisciplinariedad (de acciones, labores, trabajos y técnicas): técnica hidráulica, procesos físico-químicos y biológicos, técnicas de Ingeniería sanitaria y ambiental, laboratorios de control de calidad, mantenimiento industrial, comunicaciones y telecontrol, técnicas informáticas y automáticas (bases de datos complejas), relaciones comerciales con clientes, seguridad, estructuración y gestión tarifaria, gestión empresarial (económica/financiera)...
- Gran incidencia social: por ser el agua un bien básico y vital, y en España un recurso escaso; sanidad, higiene y salubridad; soporte de procesos productivos e industriales; recurso básico medioambiental; gestión de recursos no convencionales; política y legal

En cuanto al transporte de agua, los proyectos constructivos se pueden dividir en los siguientes grandes grupos: redes de transporte, distribución y regulación; impulsiones y conexiones; elevaciones desde los recursos de agua; embalses y balsas reguladores; obras derivadas de ordenaciones parcelarias.

Un tipo de proyecto fundamental vinculado al transporte de agua es la transformación a regadío y la mejora de dotaciones de riego. De hecho, en el aprovechamiento general de las aguas de los ríos, uno de los principales usos es el agrícola. En este tipo de proyectos, la fase inicial consiste en la ejecución de las conducciones de conexión con los embalses, balsas y/o ríos en las que se incluyen, entre otras actuaciones, la construcción de estaciones de bombeo que aseguran el suministro de agua. Asimismo, se implantarían diversas tomas de agua laterales en las tuberías y canales.

En el desarrollo de estos proyectos de distribución siempre se tienen en cuenta las tecnologías constructivas más avanzadas, tales como:

- Instalaciones subterráneas sin apertura de zanja
La utilización de esta tecnología como alternativa a la instalación convencional enterrada suele realizarse en los siguientes casos: cruces bajo carretera, ferrocarril y, en general, pasos de difícil ejecución en los que no sea posible la realización de una zanja sin causar grandes afecciones; zonas urbanas de alto uso ciudadano (ejes comerciales o lúdicos, arterias viarias, etc.); casos en los que, por la profundidad de la zanja o la dificultad de la ejecución, resulte económicamente ventajosa la adopción de estas tecnologías.
- Túnel hidráulico reversible
Esta tecnología permite comunicar dos o más recursos hídricos (embalses, fundamentalmente) mediante un túnel por el que circula el agua, independizando el origen del recurso de las demandas de los consumidores, consiguiendo un considerable aumento de la flexibilidad de explotación.

- **Tecnología hot-tapping**
Permite la construcción de derivaciones, o el mantenimiento de la red, a partir de tuberías de diámetro mayor sin interrumpir el suministro ni desperdiciar agua potable.
- **Equipos de alta eficiencia**
Se emplean equipos de proceso de mayor eficiencia, con menor consumo energético. Los equipos de bombeo, concretamente, evolucionan hacia una eficiencia mecánica y eléctrica cada vez mayor.
- **Sistemas de información hidrográficos**
Estos sistemas permiten almacenar el conocimiento relativo a elementos del Dominio Público Hidráulico; infraestructuras de captación, regulación, distribución y transporte de aguas superficiales y subterráneas; redes de control y seguimiento de las aguas superficiales y subterráneas y cualquier otra información hidrológica o hidrogeológica, o relacionada con ella.

INFRAESTRUCTURAS

Desde el punto de vista de las infraestructuras, se pueden distinguir dos grupos principales: las necesarias para desarrollar los propios proyectos constructivos y las que conforman la propia estructura de transporte de agua.

- Durante la fase de construcción, las infraestructuras necesarias son las siguientes, principalmente:
 - Instalaciones generales provisionales de obra (campamento, oficinas, talleres, almacenes, laboratorio, caminos de acceso, báscula, redes eléctricas, redes de agua, etc.)
 - Instalaciones específicas (plantas de procesamiento de áridos, plantas de hormigón, medios para transporte y colocación, etc.)
 - Obras complementarias respecto a la regulación, el transporte y la distribución
- En cuanto al propio servicio de distribución, son numerosas las infraestructuras que se requieren para atender a las demandas ciudadanas y sociales: tomas, canales, tuberías, impulsiones, acueductos, depósitos, etc. A continuación se recoge información sobre las infraestructuras más relevantes:
 - **Depósitos urbanos:** están diseñados para almacenar el agua requerida para el consumo urbano entre 8 y 48 horas. Suelen ser tanques de hormigón armado de planta circular o rectangular, enterrados, semienterrados o dispuestos sobre el terreno, normalmente cubiertos y que reciben el agua tratada y la alimentan a la red de distribución a través de unas válvulas de fondo. En ellos a veces se disponen pequeños grupos de “recloración” para asegurar las condiciones sanitarias del agua distribuida.
 - **Bombes de presión:** aunque no siempre están presentes en los sistemas de abastecimiento, son imprescindibles en localizaciones urbanas de topografía muy plana, donde es imposible situar depósitos en cotas elevadas para presurizar la red de distribución.
 - **Red de distribución:** está formada por la compleja red de tuberías de distribución a los consumidores, que son tuberías a presión (habitualmente no mayor de 7 atm.). La red suele estar jerarquizada en función del tamaño o la

importancia de los ramales principales y secundarios. Está constituida por tuberías enterradas de materiales férreos (fundición), plásticos (polietileno, polipropileno, PVC, etc.), y en menor medida (por estar en fase de eliminación) con tuberías de asbesto-cemento. Cada día es más frecuente que las redes estén sectorizadas mediante valvulería que permite la independización de áreas de suministro. Pueden existir “nudos” de distribución de importancia estratégica para la distribución urbana, donde convergen o divergen tuberías primarias básicas para el suministro.

- Galerías de servicio: se dan únicamente en grandes ciudades, y no de una manera generalizada. Se construyen galerías de servicio (túneles de pequeña sección) para albergar tuberías y cables de diferentes servicios urbanos (agua, vapor, telefonía, electricidad, etc.), al tiempo que permiten el acceso de personal de mantenimiento. Las tuberías de distribución (generalmente ramales de transporte) se ubican en el interior de ellas con el fin de protegerlas o asegurar su mantenimiento.
- Acometidas de usuarios: forman la parte final de la distribución. Son los pequeños dispositivos o sistemas que permiten la distribución individual, su medición y la administración de este servicio público. Constan de dispositivo de conexión o acometida, la “llave de acometida”, y de armario de contadores (con valvulería de corte y retención, y el medidor o contador).

Los nuevos sistemas de distribución de agua implantados en las obras recientes de modernización recogen las últimas tecnologías desarrolladas. Entre ellas, se buscan sistemas de aplicación más eficientes (emisores de última generación), materiales de mínimo impacto ecológico (reciclables o biodegradables), equipos de máxima eficiencia y ahorro energético (aplicación de energías renovables en los insumos de las instalaciones o bombas y motores de máximo rendimiento), equipos de control de consumos (para poder aplicar una política de recuperación de costes en la línea de las exigencias europeas) y sistemas de telecontrol y telemedida remotos para una mejor operación de los sistemas globales de distribución del agua. La instalación de todos estos equipos y tecnologías permite disponer de una mejor información del uso y consumos del agua.



Ilustración 5: Detalles de la construcción del canal Segarra Garrigues.

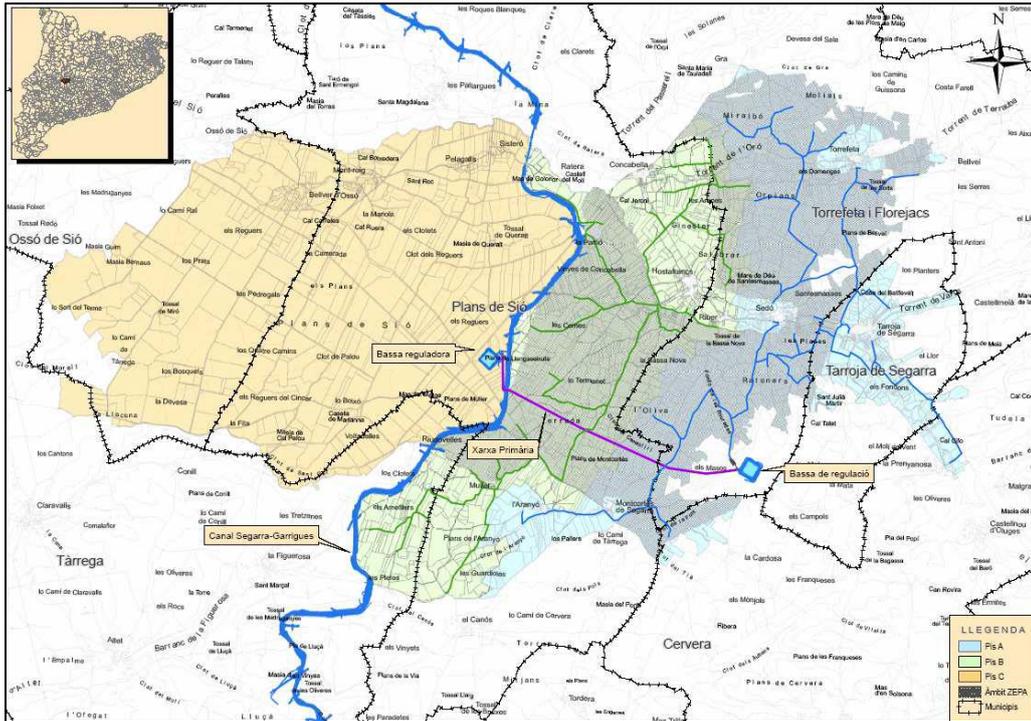


Ilustración 6: Plano descriptivo de localización del canal Segarra Garrigues.

MÁS INFORMACIÓN:

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Dirección General del Agua	www.magrama.gob.es/es/agua
Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	www.aeas.es
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	www.asoaga.com
Asociación Española de Empresas de Tecnologías del Agua (ASAGUA)	www.asagua.es
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	www.tecniberia.es
Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)	www.cedex.es

ALGUNOS EJEMPLOS DE CASOS DE ÉXITO:

Canal Segarra Garrigues	http://www.aiguessegarragarrigues.cat/esp/index.html
	http://www.acuaes.com/actuacion/canal-segarra-garrigues

Trasvase Tajo-Segura	http://www.chtajo.es/Confederacion/Infraestructuras/Paginas/AcueductoTajoSegura.aspx
	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumenedatosbasicos/recursoshidricos/trasvaseTajoSegura.html
	http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c.373.m.1915&r=ReP-27526-DETALLE_REPORTAJESPADRE
Mancomunidad de los Canales del Taibilla	http://www.mct.es/

SERVICIO

3.4.3 TRANSPORTE DEL AGUA: ASPECTOS PRINCIPALES Y DESTACADOS EN LA EXPLOTACIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

TECNOLOGÍAS

La gestión del ciclo integral del agua es una actividad compleja que tiene dos grandes condicionantes: multidisciplinariedad (de acciones, labores, trabajos y técnicas), y gran incidencia social, y se obliga a asegurar, durante las 24 horas al día, los 365 días al año, durante años, la calidad de este bien básico, escaso y vital que los asentamientos urbanos requieren para su sostenibilidad, desarrollo y la seguridad sanitaria de sus habitantes. Todo ello a un precio asequible y muy competitivo. Ello es también aplicable a la concepción de sistemas parciales.

En relación al transporte de agua, mediante el soporte de técnicas informáticas y telemáticas, en aducción se manejan: modelos de optimización de recursos y abastecimiento, modelos hidráulicos de simulación de elementos de transporte (canales, tuberías), sistemas de telecontrol y telemando, modelos de caracterización y gestión de la demanda, estudios y análisis de nuevas infraestructuras y se desarrollan y aplican GIS (Sistemas de Información Geográfica).

Las tareas más habituales son la conservación preventiva de las obras civiles correspondientes, o, en su caso, y como última opción y recurso, la reparación de las mismas.

Ello se consigue mediante:

- La utilización de campañas sistemáticas y regulares de control de los activos de forma preventiva, e incluso predictiva, con el empleo de instrumentación de diagnóstico (medición de espesores de recubrimientos, protección anti-corrosión, o de paredes de material).
- La verificación de la capacidad de maniobra de dispositivos electromecánicos (accionamiento de válvulas, control de elementos purgadores de aire, pilotaje de válvulas reguladoras de presión y otras similares).
- La intervención en las obras e instalaciones, tales como la aplicación de tratamientos superficiales de los perímetros mojados con materiales aptos para el contacto con aguas para el consumo humano, tratamientos para la reducción de filtraciones, aplicaciones anticorrosivas mediante recubrimientos o aplicación de técnicas de instalación de ánodos de sacrificio, regulación de corrientes parásitas o similares.
- El empleo, finalmente, de técnicas correctivas (reparación de los elementos hidráulicos, reforzamiento de elementos estructurales mediante técnicas especiales como inyecciones, micropilotajes, etc.).

El progreso tecnológico y la innovación constante que se lleva a cabo en el sector ha permitido reducir en un 24% la dotación de agua al sector urbano en los últimos 20 años, de 310 litros a los 236 litros actuales, destacando, entre otros, avances la mejora en el rendimiento de las conducciones.

INFRAESTRUCTURA

En los sistemas de “agua en alta”, si la fuente de procedencia del recurso es agua superficial, distinguimos entre canales, tuberías de transporte de gran diámetro y

tuberías de agua tratada hasta conectar con ETAP o desde éstas hacia los depósitos urbanos.

Los canales son conducciones por gravedad de los caudales de agua, cuyo trazado se hace aprovechando la topografía del terreno, para conseguir pendientes muy reducidas. Suelen ser de secciones rectangulares o trapezoidales y construidas en hormigón, mampostería (los antiguos), u otras protecciones tales como escollera de piedra o gaviones. Aunque pueden discurrir a cielo abierto, es normal, cuando se trata de aguas de abastecimiento, que estén cubiertos. Son obras singulares los sifones (tuberías a presión que se adaptan a la topografía superficial de los valles) y los acueductos (puentes sobre los que se apoya el canal), que permiten saltar un valle pronunciado para asegurar la continuidad del flujo hidráulico del canal.

Las tuberías de transporte de gran diámetro están asociadas a los bombeos o a las tomas a presión de los embalses y suelen estar construidas en hormigón (armado, o con camisa de chapa), en acero extruido o soldado, en fundición de hierro o, en menor medida, y cuando se trata de sistemas de poca entidad, con materiales plásticos (Poliétileno, PRFV, etc.). Puntos singulares de estas tuberías son las arquetas de purga (obras puntuales situadas a lo largo del trazado, para vaciar tramos de tubería con el objetivo de facilitar su mantenimiento o reparación o para purgar el aire ocluido en las tuberías y evitar sobrepresiones).

Las tuberías de agua tratada hasta conectar con depósitos urbanos son similares a las tuberías de gran diámetro ya citadas.



Ilustración 7: Tubería de transporte de agua de gran diámetro.



Ilustración 8: Sifón de uno de los canales del Canal de Isabel II que abastecen a Madrid.

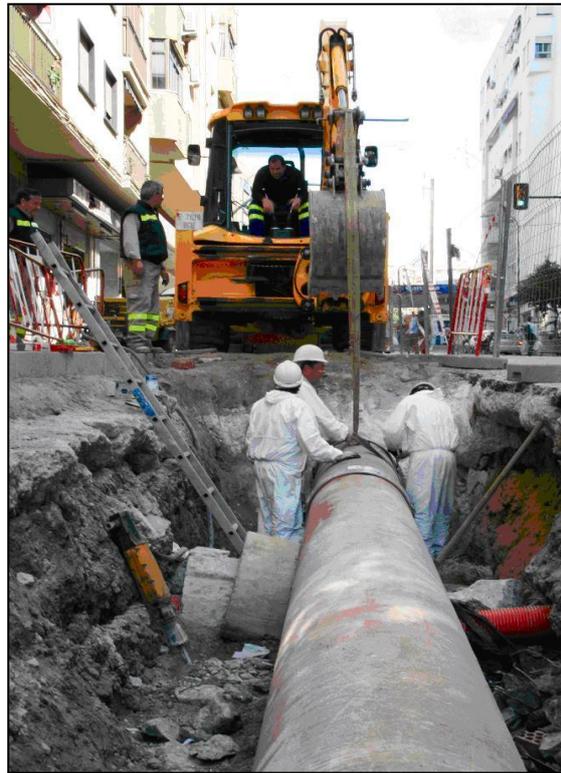


Ilustración 9: Sustitución de un tramo de tubería.

MÁS INFORMACIÓN:

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA)	www.magrama.gob.es
Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS)	www.aeas.es
Asociación Española de Empresas Gestoras de Servicios de Agua a Poblaciones (AGA)	www.asoaga.com
Asociación Española de Empresas de Tecnologías del Agua (ASAGUA)	www.asagua.es
Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)	www.tecniberia.es

ALGUNOS EJEMPLOS DE CASOS DE ÉXITO

Trasvase Tajo-Segura	http://www.chtajo.es/Confederacion/Infraestructuras/Paginas/AcueductoTajoSegura.aspx
	http://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumende datosbasicos/recursos hidricos/trasvaseTajoSegura.html
	http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,373,m,1915&r=ReP-27526-DETALLE_REPORTAJESPADRE
Mancomunidad de los Canales del Taibilla	http://www.mct.es/
Canal de Isabel II Gestión S.A.	http://www.canalgestion.es/
Aducción desde Picadas y S.Juan	http://es.wikipedia.org/wiki/Trasvase_San_Juan-Valmayor