

# MEJORANDO LA GESTIÓN DEL AGUA: EL IMPULSO DEL SAIH

**Texto: Teodoro Estrela Monreal**  
Subdirector General de Planificación y uso sostenible del Agua

**Miguel Francés Mahamud**  
Jefe de Servicio de Aplicaciones Tecnológicas e Hidrológicas  
**Ministerio de Medio Ambiente**

**L**os Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH) de las Confederaciones Hidrográficas son el resultado de un Programa de la Dirección General del Agua (DGA), del Ministerio de Medio Ambiente, para su desarrollo en todas las cuencas intercomunitarias, iniciado en la del Júcar (1983) y actualmente en avanzado estado de ejecución. El SAIH puede definirse como un Sistema de Información en tiempo real, basado en la captura, transmisión y procesado de los valores adoptados por las variables hidrometeorológicas e hidráulicas más significativas, en determinados puntos geográficos de las cuencas hidrográficas sensorizadas. Proporciona información relativa a los niveles y caudales circulantes por los principales ríos y afluentes, el nivel y volumen embalsado en las presas, el caudal desaguado por los aliviaderos, válvulas y compuertas de las mismas, la lluvia en numerosos puntos y los caudales detraídos por los principales usos del agua en cuenca.

Los SAIH se encuentran operativos en las Confederaciones Hidrográficas del Júcar, Segura, Guadalquivir, Tajo y Ebro y en vía de implantación a corto plazo en las Cuencas Hidrográficas del Guadiana (prevista la finalización el 31 de marzo de 2008), el Norte (el Norte I prevista su finalización el 15 de abril de 2008, y el Norte II y III está en fase de redacción del proyecto) y el Duero (prevista la finalización el 28 de abril de 2009). La experiencia del funcionamiento de los sistemas desde su entrada en operación hace unos veinte años es muy positiva. Actualmente son una herramienta imprescindible que proporciona información a las Confederaciones Hidrográficas para prestar sus servicios.

Es un sistema consolidado, que se utiliza con cotidianidad en las Confederaciones Hidrográficas y que está considerado muy eficaz tanto para la gestión de los recursos ordinarios así como de los fenómenos extremos, sequías e inundaciones para las que se dispone de protocolos de actuación.

Los resultados obtenidos y la confianza en su utilización han provocado que se requiera la ampliación de los sistemas a nuevas infraestructuras y su integración

con otras redes con el objeto de satisfacer nuevas necesidades. En estos momentos se está realizando la ampliación de los SAIH en las cuencas del Júcar, Guadalquivir, Tajo y del Segura. También se está procediendo a la integración del SAIH con el Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas (SAICA) a nivel de comunicaciones y de aplicación.

En la figura siguiente se refleja el estado de implementación de los distintos Sistemas de Información Hidrológica.



LEYENDA	
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span>	SAIH OPERATIVO
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black;"></span>	SAIH EN EJECUCIÓN
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: pink; border: 1px solid black;"></span>	SAIH EN PROYECTO
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightblue; border: 1px solid black;"></span>	CUENCA INTRACOMUNITARIA
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: darkblue; border: 1px solid black;"></span>	CUENCA INTRACOMUNITARIA (SAIH NO RECEPCIONADO)

La inversión realizada aproximada actualizada para el año 2006 fue del orden de 374 millones de euros (M€) y el coste de mantenimiento actualizado/año es de unos 18 M€.

## EL IMPULSO EN LA GESTIÓN DEL AGUA

Los SAIH permiten disponer de datos en tiempo real, de forma sistemática y con una calidad contrastable. Además aportan herramientas para poder visualizar, procesar y almacenar los datos para convertirlos en información adecuada a las necesidades. Esta información es utilizada por los diferentes servicios de las Confederaciones Hidrográficas y de la Dirección General del Agua, para la consecución de sus objetivos. Además se intercambia información con numerosos organismos como el Instituto Nacional de Meteorología (INM), Protección Civil, las compañías hidroeléctricas o las comunidades de regantes y se difunde al ciudadano a través de internet.

La potencia del SAIH en la mejora de la gestión del agua se plasma en:

- ☞ Gestión en avenidas: minimización de daños por una mejor gestión de las infraestructuras hidráulicas y por un aumento en el plazo y en la garantía de los avisos a Protección Civil y a la Unidad Militar de Emergencia (UME); aumento de la información relativa a la seguridad de las presas y el mantenimiento de los resguardos.
- ☞ Gestión de sequías: facilita el seguimiento de la sequía y de las medidas tomadas, vigilancia de dotaciones y control de caudales en las tomas.
- ☞ Gestión de riego: vigilancia del cumplimiento de las dotaciones acordadas, modificación de los caudales por cambio de condiciones, por ejemplo un episodio de lluvia y ahorro del recurso por una mejor gestión.
- ☞ Gestión de caudales ecológicos: permite conocer el cumplimiento de los caudales ecológicos y anticipar posibles problemas.
- ☞ Gestión de la calidad del agua: suministra los datos de caudal, elemento básico de la calidad.
- ☞ Gestión del conocimiento: mejora el conocimiento de la cuenca que repercute en numerosas actividades de planificación y explotación.

## GRAFICO DE UBICACIÓN Y TIPOLOGÍA DE LA RED SAIH

En los gráficos que se incorporan a continuación se presentan un análisis de los puntos de control.

1. Puntos de control de los SAIH según su tipología (se incluyen todos los puntos de control independientemente de su estado de funcionamiento (Operativo, ejecución y Proyecto). (Tabla 1)

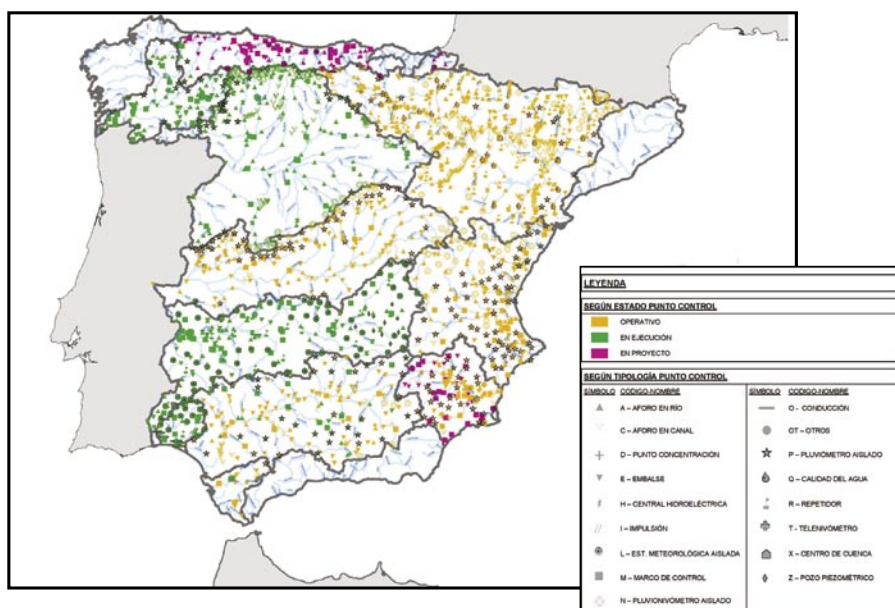


Tabla 1

Tipo punto de control	Norte	Duero	Tajo	Guadalquivir	Guadiana	Segura	Júcar	Ebro	TOTAL
A Aforo en Río	65	97	51	26	50	30	31	148	498
C Aforo en canal	0	45	20	15	0	14	18	216	328
D Puntos de concentración	0	0	0	0	0	3	7	6	16
E Embalse	44	27	47	67	45	31	32	63	356
H Central hidroeléctrica	0	0	0	2	0	14	0	31	47
I Impulsión	0	0	11	15	0	4	0	0	30
L Estación meteorológica aislada	16	0	0	0	70	2	0	0	88
M Marco de control	45	16	7	21	36	30	24	0	179
N Pluvionivómetro aislado	20	59	18	0	0	6	28	38	169
O Conducciones	2	0	0	0	10	0	0	0	12
OT Otros (subconcentrador, depuradoras, piscifactorías, etc.)	4	0	0	0	0	2	0	7	13
P Pluviómetro aislado	13	25	44	34	0	44	57	15	232
Q Calidad del agua	0	0	0	0	0	0	0	27	27
R Repetidor	0	0	0	0	34	0	9	97	140
T Telenivómetro	0	13	4	6	0	4	0	0	27
X Centros de Cuenca, de Zona, etc.	0	0	0	0	0	1	0	2	3
Z Pozo piezométrico	0	0	0	0	10	5	0	0	15
<b>TOTAL</b>	<b>209</b>	<b>282</b>	<b>202</b>	<b>186</b>	<b>255</b>	<b>190</b>	<b>206</b>	<b>650</b>	<b>2.180</b>

2. Puntos de control según el estado de funcionamiento.

El número de puntos de control que están operativos, en ejecución y en proyecto son los siguientes. (Tabla 2)

Tabla 2

Estado	Norte	Duero	Tajo	Guadalquivir	Guadiana	Segura	Júcar	Ebro	TOTAL
Operativo	0	0	202	140	0	102	206	650	1.300
Ejecución	98	282	0	46	255	0	0	0	681
Proyecto	111	0	0	0	0	88	0	0	199
Total	209	282	202	186	255	190	206	650	2.180

3. Distribución por tipología del conjunto de la Red SAIH (se incluyen todos los puntos de control independientemente de su estado de funcionamiento (Operativo, ejecución y Proyecto). (Gráficos 1 y 2)

Gráfico 1

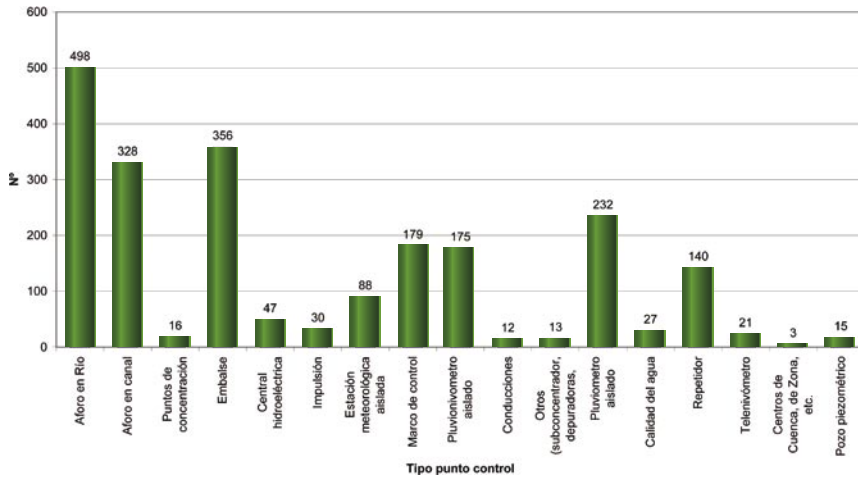
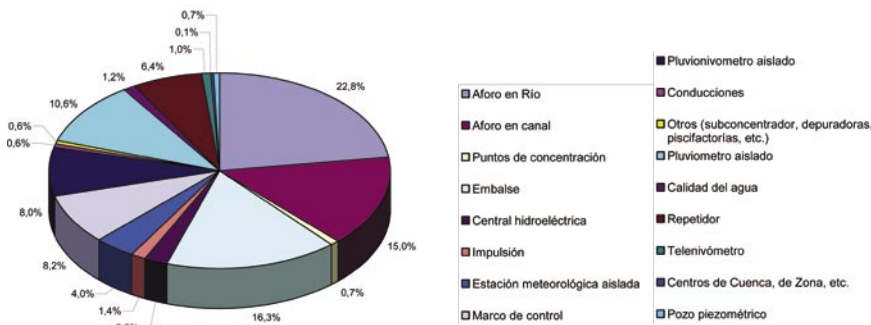


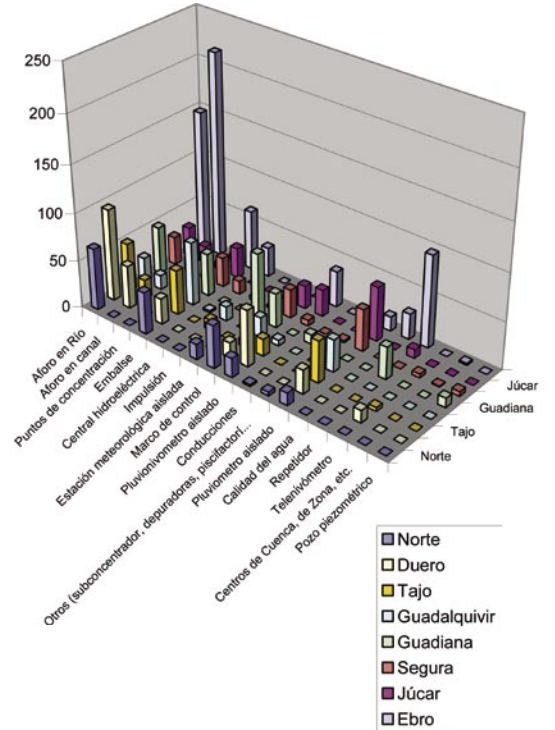
Gráfico 2

Puntos de control según tipología para el conjunto de la red SAIH



4. Gráfico comparativo del número de puntos de control de la Red SAIH (se incluyen todos los puntos de control independientemente de su estado de funcionamiento (Operativo, ejecución y Proyecto). (Gráfico 3)

Gráfico 3



EL SAIH EN EVOLUCIÓN CONTINUA

El SAIH es un sistema que está en permanente evolución y adaptación a las necesidades de cada Confederación en cada momento. Además este Sistema está basado en nuevas tecnologías que necesitan evolucionar de acuerdo con los avances de nuevas técnicas que van apareciendo en el mercado. Así se están realizando proyectos de renovación y ampliación cuyo objetivo es adaptar cada SAIH a las necesidades que su uso demanda. Fundamentalmente se han añadido puntos de control en nuevas infraestructuras, se han completado las redes en puntos que se necesitaban y se han renovado equipos cuya tecnología lo ha requerido.

Sin embargo en este proceso de adaptación de los sistemas a las necesidades de la gestión del agua destacan dos aspectos:

- La creciente necesidad de intercambiar datos con numerosos organismos y potenciar la difusión de la información al ciudadano.
- La mayor demanda de la realización de previsiones hidrológicas e hidráulicas.



El primer aspecto se pone de manifiesto por numerosas peticiones de todo tipo que se reciben para disponer de los datos en tiempo real. Esta situación ha llevado a que la Dirección General del Agua haya establecido, en una primera etapa, un sistema de recolección de datos de cada Confederación y ha estructurado una base de datos común que sirve para el intercambio de datos con diferentes organismos. Además, el servicio se ha establecido de forma que podrá ser compartido por otros usuarios que solo requieran información de una Confederación Hidrográfica.

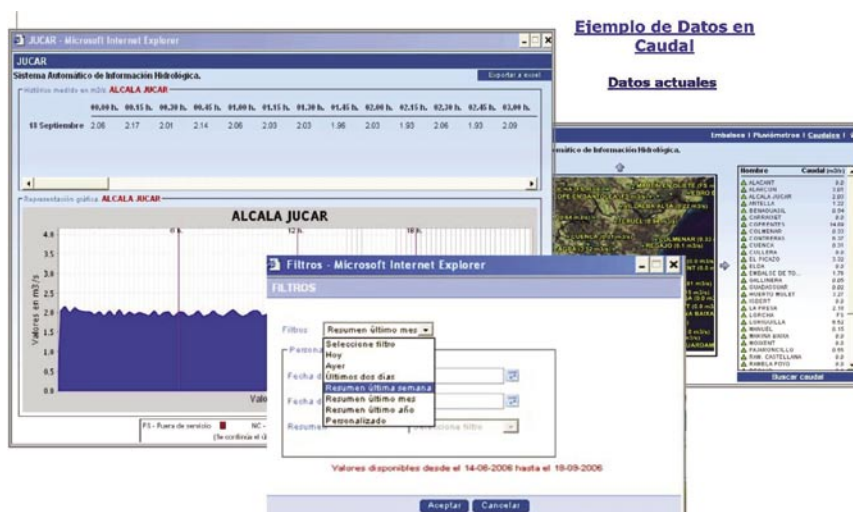
No menos importante es la difusión de la información al ciudadano y en este sentido debe indicarse que ha sido necesaria una primera etapa de la implantación de los SAIH que ha consistido en la puesta en marcha de los sistemas y en dotar a las Confederaciones Hidrográficas de los medios y procedimientos para que los datos sean fiables y estén disponibles en todo momento. Una vez realizada esta etapa, se está habilitando, a través de la web del Ministerio, la forma de presentar los datos más importantes de los SAIH de una manera homogénea y con un interfaz único mediante la ejecución de una aplicación, en la que a través de un fichero de intercambio se efectúa, en tiempo real con refresco cada 15 minutos, la captura de los valores de determinadas variables (pluviometría, caudales y niveles en embalses) procedentes de los distintos SAIH para presentar la salida de la información en formatos predeterminados.

En las siguientes imágenes se ilustran algunos ejemplos de determinadas presentaciones que efectúa la citada aplicación.

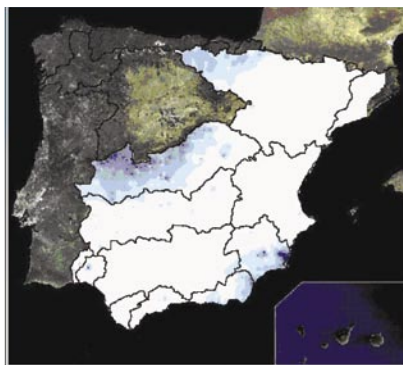
#### Selección de Puntos de control

##### Variables de medida

- Nivel (msnm), Volumen (Hm<sup>3</sup>) y % llenado
- Precipitación (mm)
- Caudal (m<sup>3</sup>/s)



Rangos	
0.0 - 2.7	2.7 - 5.4
5.4 - 8.1	8.1 - 10.8
10.8 - 13.5	13.5 - 16.2
16.2 - 18.9	18.9 - 21.61
21.61 - 24.31	24.31 - 27.01



Una vez que se dispone de los datos, toma especial importancia el procesado de los mismos para disponer de información de mayor utilidad. En esta línea se ha constatado la importancia de dotar a las Confederaciones Hidrográficas de Sistemas de Ayuda a la Decisión, en adelante SAD. Estos sistemas, partiendo de los datos del SAIH y de otros datos complementarios (previsiones meteorológicas, datos de nieve, etc.) y, utilizando fundamentalmente modelos matemáticos, estiman la evolución de los parámetros más característicos de la cuenca.

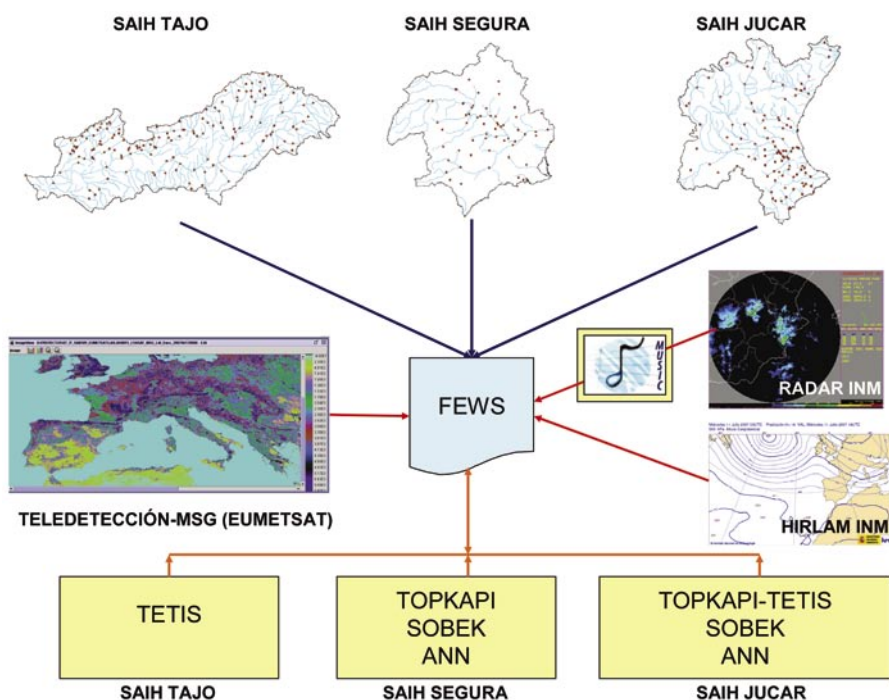
Los objetivos de los SAD son, fundamentalmente, prever la evolución de los episodios, establecer diferentes escenarios, estimar lo que sucedería en cada uno de dichos escenarios y establecer recomendaciones de operación en las infraestructuras hidráulicas. Con todo ello, los responsables de las

Confederaciones Hidrográficas dispondrán de una potente herramienta que les ayudará en la toma de decisiones, especialmente en las situaciones más comprometidas.

La Confederación Hidrográfica del Ebro dispone de un SAD que ha sido un precedente de alto interés para demostrar su utilidad y su viabilidad. La Dirección General del Agua está impulsando la implantación de SAD en el resto de Confederaciones para que estén operativos en el tiempo más breve posible.

Para impulsar esta línea de trabajo, se ha realizado una fase inicial de análisis del estado del arte de los entornos de gestión y previsión en tiempo real y de la modelación hidrológica y hidráulica en el mundo, se han recogido las experiencias en sistemas similares y el conocimiento adquirido por los equipos de explotación de los SAIH. Tras contrastar la información recopilada y analizada con un panel de expertos de reconocido prestigio, se ha realizado un diseño para abordar las implantaciones, seleccionado un entorno de gestión y previsión multimodelo de fácil integración en los SAIH existentes.

El entorno propuesto es la aplicación FEWS (Flood Early Warning System) de WL | Delft Hydraulics, que garantiza la integración con los sistemas actuales a través de interfaces abiertas, que permite la incorporación y proceso de la información de medidas y previsiones provenientes del INM, que puede incorporar numerosos modelos de diferentes suministradores y facilita la visualización y difusión de las previsiones realizadas.



En concreto se ha previsto la incorporación de la información pluviométrica proveniente de los radares del INM, las salidas del modelo de previsión meteorológica HIRLAM e información gráfica aportada por satélites EUMETSAT. Está información adecuadamente procesada y los datos del estado hídrico procedentes de los SAIH serán las entradas principales a los modelos de previsión. El entorno permitirá disponer de diferentes modelos que se utilizarán en función del ámbito geográfico o de la situación hídrica a analizar.

Un objetivo primordial ha sido disponer de un entorno lo más abierto posible, especialmente, en lo referente a poder trabajar con diversos modelos. El procedimiento consiste en disponer de un interfaz documentado, basado en un formato abierto en XML. Se va a realizar la instalación piloto incluyendo modelos tales como: TOPKAPI, TETIS, SOBEK, ASTER o modelos tipo caja negra que confirmen la viabilidad de la solución propuesta.

La importancia de la cuantificación de la lluvia en la previsión de inundaciones en numerosas circunstancias hace necesario disponer de una herramienta potente para el conocimiento del mapa de precipitación. Para ello se va a incluir un módulo, basado en MUSIC, que facilitará la corrección de las imágenes de los radares meteorológicos con la lluvia medida en los pluviómetros de los SAIH.

El entorno dispone de herramientas de "workflow" que facilitan la organización, diseño e implantación de los procedimientos que se realizan asociados a la predicción. Asimismo, se incluyen funcionalidades de visualización de las previsiones y su incertidumbre y de difusión de la información y de los avisos que se pudieran establecer.

Como conclusión, podemos decir que los sistemas SAIH son una herramienta muy útil y se ha acreditado como muy eficiente en diversos campos y situaciones. A pesar de la fuerte inversión realizada, estos sistemas son muy rentables con amortización rápida al evitar pérdidas de vidas humanas y económicas cuantiosas y por ello, la Dirección General del Agua, teniendo en cuenta la evolución tecnológica en la que se basan estos sistemas, está trabajando en la implementación de los SAD en aquellas cuencas que no disponen de dicha herramienta.