

SAID Ebro

La Cuenca del río Ebro se sitúa en el NE de la Península Ibérica. Ocupa una superficie de 85.362 km² repartida entre 9 comunidades autónomas españolas, Francia y Andorra. La gestión de los recursos hídricos de la Cuenca del Ebro es competencia de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). La CHE dispone de un **Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH)**, que está formado por una red de aproximadamente un millar de estaciones de control repartidas por toda la cuenca hidrográfica. Esta red capta, de forma automática, del orden de 10000 datos hidrometeorológicos e hidráulicos que, cada 15 minutos, son transmitidos al Centro de Proceso de Cuenca situado en Zaragoza. **El SAIH aporta información muy detallada y en tiempo real del estado actual de la cuenca del Ebro:** precipitación, temperatura, nivel y caudal en estaciones de aforo en ríos y canales, nivel, volumen y vertidos de embalses, etc. Pero, ante la emisión de una predicción meteorológica adversa, ¿cuál será la evolución del estado hidrológico de la cuenca durante los próximos días?, ¿dará lugar a crecidas potencialmente peligrosas en algún río?, ¿es necesario avisar por posibles riesgos hidrológicos?, ¿es necesario realizar maniobras preventivas de vertido en algún embalse?... Para dar respuesta a este tipo de preguntas, a finales del 2002, la CHE puso en marcha el **SADEbro**.



Localización geográfica de la Cuenca del Ebro.

¿Qué es el SADEbro?

El SADEbro es un equipo técnico compuesto por hidrólogos, meteorólogos e informáticos que ha sido implementado por la Confederación Hidrográfica del Ebro para la prevención del riesgo de inundación en la cuenca del Ebro. Su misión es mitigar los daños potenciales producidos por las avenidas fluviales, valiéndose de la **predicción de crecidas** y de la **emisión de avisos hidrológicos tempranos**, medidas de preparación enmarcadas en el **Plan de Gestión del Riesgo de Inundación**.

El SADEbro cuenta para su trabajo con una herramienta informática específica conocida como **Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD)**, concebida para la gestión de avenidas fluviales en tiempo real. El SAD es un sistema informático de modelización diseñado para la **predicción de los caudales** circulantes por los ríos y las aportaciones a los embalses, así como para la **simulación de las maniobras de vertido de sus presas**. El sistema se compone de modelos hidrológicos e hidráulicos acompañados por otras utilidades informáticas.

Servicios que proporciona el SADEbro



Servicio de Predicción Hidrológica (SPH)

Los técnicos del SADEbro, valiéndose del sistema de modelización SAD, elaboran predicciones hidrológicas con los caudales esperados en las estaciones de aforo integradas en el SAIH (más de 200) para los próximos días. Estas predicciones se publican en la página web del SAIHEbro en un apartado específico. Las predicciones se actualizan una vez al día en situación normal y varias veces al día en situación de crecida y pueden ir cambiando conforme avanza el episodio, por lo que es fundamental que los usuarios permanezcan atentos a la última actualización. Además de esto, los técnicos de SADEbro estiman las aportaciones futuras a los embalses de la cuenca y modelizan, con antelación, las maniobras de vertido más apropiadas en todas las presas. Dichas maniobras deben estar coordinadas entre las distintas presas y al mismo tiempo deben tener en cuenta las crecidas naturales provenientes de los cauces no regulados. La gestión de las presas consigue, en muchos episodios, laminar parcialmente la avenida, reduciendo los caudales máximos circulantes aguas abajo de los embalses. El objetivo final de este Servicio de Predicción Hidrológica es anticiparse lo más posible a las situaciones de peligro que puedan acontecer durante el desarrollo de una avenida y, de esa manera, conseguir una mayor eficiencia en las medidas de gestión a adoptar, tanto por parte de la CHE, como por parte de los organismos de Protección Civil.

Servicio de Vigilancia Hidrológica (SVH)

Los técnicos del SADEbro mantienen operativo un servicio de vigilancia y alerta hidrológica 24 horas al día 365 días al año. Hacen seguimiento de la evolución de los datos hidrometeorológicos captados por el SAIH (principalmente precipitación, temperaturas, caudales y volúmenes embalsados) y de los datos de RADAR de la AEMet. Además de vigilar en tiempo real la evolución de la situación hidrometeorológica, permanecen atentos a las últimas predicciones meteorológicas. También utilizan otras herramientas disponibles en la red, como twitter, webcams, imágenes de satélite, etc. El objetivo principal de este Servicio de Vigilancia Hidrológica es detectar, con los primeros "síntomas" disponibles, cualquier circunstancia que pueda anticipar la llegada de posibles escenarios hidrológicos potencialmente peligrosos para la actividad humana en las proximidades de los cursos fluviales. Cuando esto ocurre, los técnicos de SADEbro analizan la situación y, en caso necesario, activan los avisos por riesgos hidrológicos dirigidos a otros departamentos de la CHE, a los organismos competentes en materia de Protección Civil y a la población en general.

Servicio de Consultoría Hidrológica (SCH)

El equipo SADEbro proporciona apoyo técnico a distintos departamentos de la CHE en cuestiones relacionadas con la Hidrología, la gestión de las avenidas y la gestión de los recursos hídricos.

Esquema de funcionamiento del sistema de modelización SAD

El SAD (Sistema de Ayuda a la Decisión) es la principal herramienta de trabajo de los técnicos de SADEbro. Elaborar una predicción hidrológica para toda la cuenca es una tarea que requiere invertir entre 2 y 3 horas. En ella se pueden identificar 3 fases:

[Fase 1: Entrada de datos al sistema]

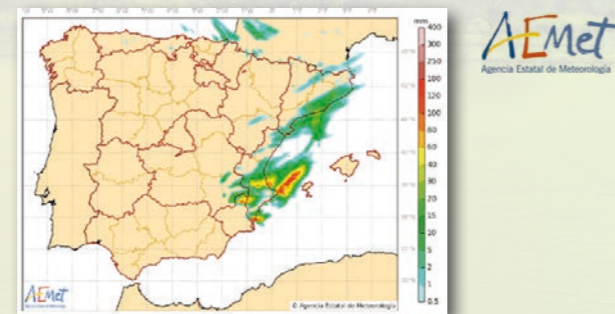
Para modelizar un episodio, el SAD necesita incorporar la siguiente información:

Datos quinceminutales registrados hasta ese momento por las estaciones del sistema SAIH (aforos, embalses, pluviómetros y termómetros).



Predicciones meteorológicas (precipitación y temperatura) procedentes de distintas fuentes, con horizontes de predicción que varían entre 2 y 10 días.

- Modelo HARMONIE-0.025° de la AEMet
- Modelo determinista ECMWF(IFS)-0.1° del ECMWF.
- Modelo GFS-0.25° de la NOAA
- Modelo WRF-0.03° del GFA-Universidad de León.



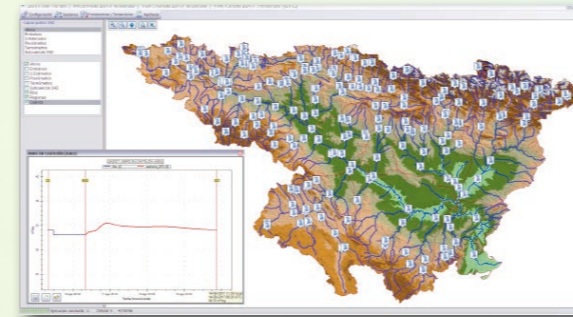
Maniobras de explotación previstas, o que se desea simular, en el conjunto de embalses de la Cuenca del Ebro.



Todos estos datos de entrada deben ser analizados y depurados antes de ser utilizados por los modelos.

[Fase 2. Operación de los modelos integrados en el sistema]

El tratamiento de la información corre a cargo del **simulador principal del SAD**, software desarrollado en España (Grupo INCLAM), que integra varios modelos matemáticos, bases de datos y otras herramientas informáticas.



Estos son los modelos principales que conforman el sistema SAD:

Modelos hidrológicos: encargados de modelizar la fase terrestre del ciclo hidrológico del agua, incluida la fusión nival, en cada una de las aproximadamente 350 subcuencas en las que se ha dividido la cuenca del Ebro. Estos modelos son los encargados de convertir la precipitación en escorrentía, calculando así los caudales generados en cada subcuenca:

- Modelo NAM: modelo determinístico agregado (DHI).
- Modelo ASTER: modelo determinístico distribuido (SPESA), aplicado únicamente a las 29 subcuencas pirenaicas.

Modelos hidráulicos de propagación: encargados de la transmisión de los caudales obtenidos en las 350 subcuencas, por los más de 5.000 km de cauces modelizados. Los modelos integrados en el SAD son:

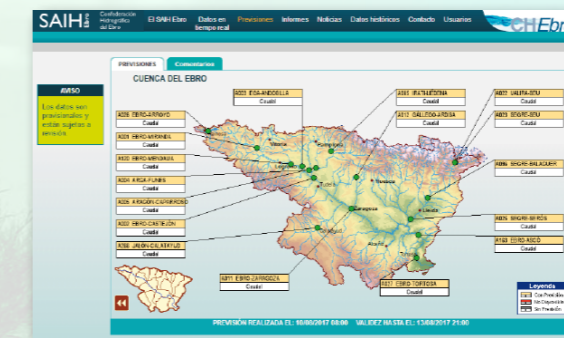
- Modelo MIKE11: modelo unidimensional (DHI).
- Modelo Muskingum: método de tránsito de hidrogramas.
- Modelo PEKA2D: modelo bidimensional (GHC - Universidad de Zaragoza)

Modelo de gestión de presas: se trata de un modelo diseñado específicamente para este sistema (Grupo INCLAM). Simula tanto el funcionamiento de los embalses principales (más de 40), como el efecto que tienen las maniobras de vertido sobre los cauces situados aguas abajo.

[Fase 3. Publicación de las predicciones]

Diariamente, los técnicos del SADEbro cargan los datos de entrada al sistema después de haberlos sometido a un proceso de análisis y validación. A continuación, ejecutan los modelos, obteniendo así una primera versión de las predicciones de caudal para toda la cuenca. Ésta debe ser validada y corregida en función de los caudales que en esos momentos se están registrando en el SAIH, llegando así a la predicción definitiva de caudal en las estaciones de aforo de la cuenca del Ebro.

Los técnicos del SADEbro publican diariamente, desde el año 2005, las predicciones de caudal en los aforos de la cuenca para los próximos días (normalmente 2-5 días) en la página web www.saihebro.com. En caso de crecida, las predicciones se pueden actualizar varias veces al día. Es fundamental que los usuarios permanezcan atentos a estas actualizaciones, ya que los pronósticos de caudal pueden cambiar sustancialmente de una predicción a otra por numerosos motivos.



Además de las predicciones hidrológicas publicadas, el sistema SAD genera otros resultados complementarios, de uso interno, que son de utilidad para la gestión de la cuenca:

- Los caudales estimados en otros puntos de la cuenca donde no existen estaciones de aforo.
- Las maniobras de explotación más adecuadas para cada embalse y la evolución prevista de su volumen almacenado.
- Los volúmenes de agua almacenada en los distintos depósitos modelizados (suelo, subsuelo, reserva nival...).



SADEbro, un sistema en constante evolución

El SADEbro es un sistema vivo y tanto las herramientas que lo integran, como los servicios que ofrece, deben adaptarse continuamente a la evolución de la tecnología y a los retos que la sociedad demanda. Son muchos los avances que se están produciendo en los campos de la informática, la electrónica, las telecomunicaciones, la meteorología... que son susceptibles de ser incorporados al SADEbro. El reto es integrar estos avances para desarrollar herramientas cada vez más ágiles, fiables, versátiles y precisas que permitan mejorar los servicios ya soportados por SADEbro y proporcionar otros nuevos que sean útiles para la población.

En este sentido una de las últimas mejoras introducidas en el SADEbro ha consistido en la integración en el sistema de un nuevo modelo hidráulico de propagación de caudales de tipo bidimensional (2D) diseñado para simular el tránsito de las avenidas en el tramo del Ebro comprendido entre Tudela y Zaragoza. La nueva herramienta está basada en el modelo PEKA2D, desarrollado en la Universidad de Zaragoza (Grupo Hidráulica Computacional). El diseño y calibración del modelo es fruto de un proyecto de colaboración entre la Universidad y la CHE. Se trata de un proyecto innovador, siendo ésta una de las primeras experiencias de utilización de un modelo de estas características en un sistema de predicción hidrológica en tiempo real. Su principal ventaja es que simula el tránsito de las avenidas con mayor realismo que el modelo unidimensional utilizado hasta la fecha. A diferencia de aquél, que sólo permitía predecir caudales, el modelo 2D también calcula el nivel de las aguas dentro y fuera del cauce estimando así el alcance de la inundación en la llanura aluvial. El objetivo será extenderlo a otros tramos de río de la cuenca.

El futuro

De cara al futuro se está pensando en la posibilidad de introducir nuevos avances en el SADEbro, como por ejemplo:

- Integración de modelos hidrológicos e hidráulicos específicos que generen predicciones en continuo de los caudales circulantes por los tramos altos de los ríos, aguas arriba de los embalses, de forma automática. A día hoy las predicciones se actualizan cuando lo decide el técnico del SADEbro. Con estos modelos las predicciones estarían siempre actualizadas con los últimos datos meteorológicos disponibles.
- Utilización de modelos meteorológicos de tipo probabilístico (ej. EPS del Centro Meteorológico Europeo) que permitan desarrollar predicciones hidrológicas de tipo probabilístico, que tengan en cuenta todos los escenarios meteorológicos posibles y la probabilidad asociada a cada uno de ellos. En la actualidad las predicciones de caudal del SADEbro son deterministas y transmiten una sensación de exactitud y certidumbre que no es real dado los grados de incertidumbre de los distintos elementos que componen todo el proceso. Las predicciones probabilísticas permitirían transmitir de forma adecuada la incertidumbre real existente asociada al proceso predictivo.
- Integración de herramientas que mejoren la difusión de los avisos hidrológicos a los organismos de Protección Civil y a la población en general.