

# SERVICIO DE ALERTA TEMPRANA DE RIADAS RELÁMPAGO EN LA CUENCA DEL JÚCAR

Cristina Ariza Guerrero y Óscar Alonso Lasheras

GMV Aerospace & Defence S.A., Isaac Newton 11, P.T.M. Tres Cantos (Madrid)

## Introducción

El programa GMES (Global Monitoring for Environment and Security) es una iniciativa conjunta de la Comisión Europea y la ESA con el objetivo de mejorar los sistemas de monitorización y vigilancia del medio ambiente para optimizar la gestión de los recursos y garantizar la seguridad de los ciudadanos.

Dentro de este marco se está desarrollando el proyecto RISK-EOS, que combina datos de satélite con técnicas de modelización para mejorar los servicios prestados a los ciudadanos en prevención, anticipación y gestión de crisis y post-crisis ante incendios, riadas y riesgos naturales en general.

Una de las participaciones de España en el proyecto RISK-EOS se centra en la implantación de un servicio de Alerta Temprana de Riadas Relámpago (Flash Flood Early Warning (FFEW) en la cuenca del Júcar. Este servicio, desarrollado conjuntamente por Météo France International e Infoterra France, ya ha sido implantado en Francia e Italia como parte de RISK-EOS. En estos momentos, GMV Aerospace and Defence S.A. colabora con estas dos entidades para la implantación del servicio en España, la cual fue aprobada por la ESA a finales de 2006. Además de los ya mencionados, el desarrollo del proyecto cuenta con la colaboración de la Agencia Estatal de Meteorología de España (AEMet) como proveedor del servicio y con la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), quien actuará como usuario final y se encargará de la recepción y explotación de los productos generados.

## El servicio FFEW

El servicio FFEW tiene como principal objetivo generar, en tiempo real, mapas de riesgo de inundación y desbordamiento de ríos usando como entrada distintos productos meteorológicos.

El sistema consta de dos componentes principales: el modelo AIGA (Adaptation d'Information Géographique pour l'Alerte) y la plataforma RiskFrame. El modelo AIGA, desarrollado por Météo France Internacional, es el cerebro del sistema. Toma como datos de entrada productos radar de precipitación y datos meteorológicos diarios, y genera los productos de riesgo hidrológico y pluviométrico. Para la explotación y visualización de los productos generados por AIGA se usa la plataforma RiskFrame. Dicha plataforma genera las imágenes de los mapas de riesgo que posteriormente son enviadas a un servidor web al que tendrá acceso la Confederación Hidrográfica del Júcar. En la Fig.1 se puede ver un diagrama en el que aparece esquematizada la estructura del sistema FFEW.

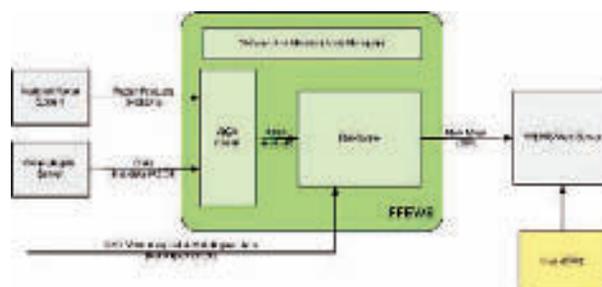


Figura 1

Diagrama de contexto de la implementación del Servicio de Alerta Temprana de Riadas Relámpago en la AEMet.

Primeramente, el sistema ha de ser configurado y adaptado a las características de la cuenca, para lo cual se hace uso de datos geográficos y de observación de la Tierra, como son los límites de las cuencas, uso del terreno, geología, modelo de elevación del terreno, etc. También se ha de generar una base de datos climática que permita el cálculo de periodos de retorno.

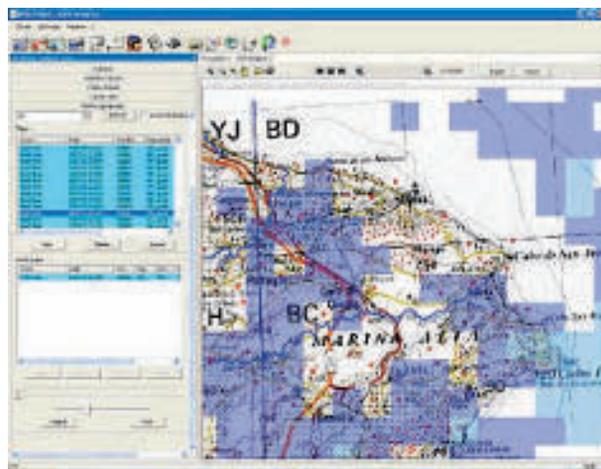


Figura 2

Plataforma RiskFrame. Precipitación de radar.

Una vez configurado, el sistema está listo para recibir datos en tiempo real. Los datos con los que se alimenta el sistema son, por un lado, datos diarios de temperatura máxima, mínima y precipitación acumulada en las 24 horas del día anterior para un conjunto de estaciones repartidas por toda la cuenca, y por otro lado, productos de precipitación radar cada 10 minutos. Todos estos datos de entrada son proporcionados por el proveedor del servicio, la AEMet.

El modelo AIGA es el encargado de generar, a partir de los datos que entran en tiempo real, mapas de riesgo tanto pluviométrico como hidrológico. La forma en la que AIGA caracteriza los riesgos se basa en la comparación de los valores de caudal o de lluvia acumulada obtenidos con el FFEWS con una base de datos histórica creada por la empresa francesa HYDRIS usando la metodología SHYPRE desarrollada por el instituto francés Cemagref. Dicha base de datos ha sido generada a partir de información geográfica de la cuenca y datos históricos de caudal y precipitación, e incluye mapas de precipitación y escorrentía para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. De esta forma, en los mapas de riesgo se distinguirán tres niveles:

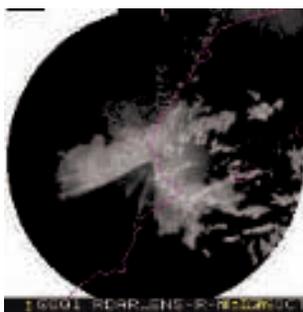
- Nivel amarillo o nivel 1: Corresponde a un periodo de retorno de entre 2 y 10 años y supone un nivel de riesgo bajo.
- Nivel naranja o nivel 2: Corresponde a un periodo de retorno de entre 10 y 50 años y supone un nivel de riesgo moderado.
- Nivel rojo o nivel 3: Corresponde a un periodo de retorno de más de 50 años y supone un nivel de riesgo alto.

Dichos mapas se actualizan cada 10 minutos y tienen una resolución de 1 km<sup>2</sup>. En ellos, el riesgo pluviométrico viene indicado mediante coloración de los píxeles sobre el mapa mientras que el riesgo hidrológico viene representado por la coloración de los ríos (ver Fig.5).

### Validación del Servicio. Episodio de lluvias, 11 y 12 de Octubre de 2007

Para comprobar que el sistema, habiendo sido configurado y adaptado a la cuenca del Júcar, genera productos que se ajustan a la realidad, se escogió el episodio de lluvia que tuvo lugar los días 11 y 12 de Octubre de 2007. Dicho evento se sabe que provocó importantes daños en la zona de Valencia y Alicante, con lo cual, obteniendo los mapas de riesgo para esos días y comparándolos con datos reales obtenidos por la AEMet y la CHJ, se podrá verificar si el sistema es realmente fiable.

Con este fin se recuperaron las imágenes de mosaico radar para estas fechas y datos de temperatura máxima, mínima y precipitación acumulada en 24 horas, y se ejecutó el software del FFEWS en modo simulación. Los resultados obtenidos no fueron satisfactorios debido a problemas en los productos radar de entra-



**Figura 3**  
Imagen radar ENS diezminutal del 12 Octubre 2007 a las 04:50. Se aprecia claramente cómo los efectos de atenuación por orografía hacen imposible que el radar obtenga dato de reflectividad en la zona suroeste de la cuenca.

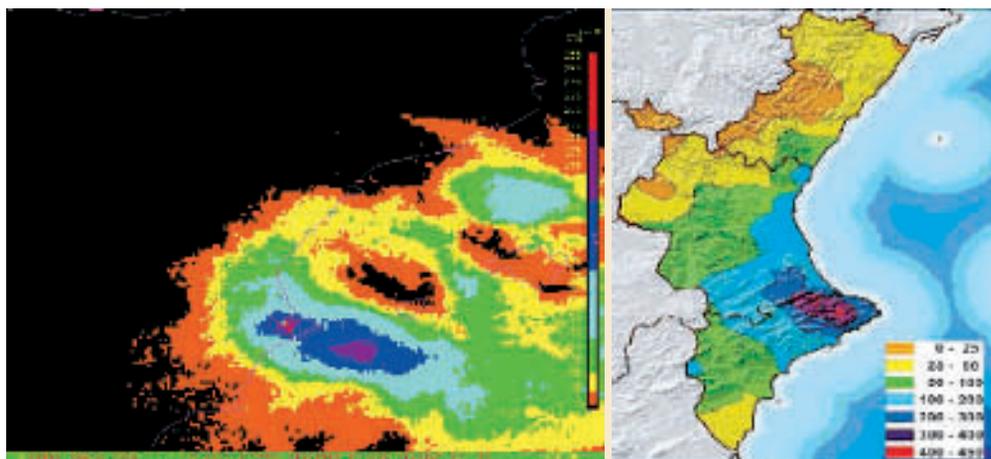
da. Así, durante los momentos de mayor intensidad de precipitación, el radar de Murcia dejó de funcionar, estando disponible tan sólo el radar situado en Valencia. Sin embargo, es importante destacar que el uso de este radar no es suficiente para cubrir correctamente todo el área afectada por las intensas precipitaciones, ya que sus productos muestran claros efectos de atenuación provocados por la orografía del terreno (ver Fig.3). Por lo tanto, en los mapas de riesgos generados por el sistema FFEW para este evento no apareció riesgo alguno y no se pudo validar el servicio.

Se intentó entonces buscar otro tipo de productos de precipitación para este evento. El producto escogido fue el Convective Rainfall Rate (CRR) generado por el Satellite

Application Facility (SAF) de predicción inmediata del MSG (SAFNWC/MSG). El SAFNWC/MSG es un paquete software para la generación operacional de hasta 12 productos meteorológicos derivados, principalmente, de las imágenes adquiridas con el instrumento SEVIRI a bordo de los satélites Meteosat (MSG). Uno de estos productos, el CRR, proporciona una estimación de la precipitación convectiva a partir de la reflectividad observada en el canal visible y de las temperaturas de brillo obtenidas en dos bandas, infrarroja y de vapor de agua.

No obstante, estudios previos de validación muestran que la cantidad de lluvia derivada de estos productos es siempre bastante inferior a la deducida a partir de productos radar o de la medida in-situ. Para poder determinar en qué factor se estaría subestimando la precipitación en caso de trabajar con los productos CRR, se calculó el máximo de lluvia acumulada en las 48 horas que comprenden los días 11 y 12 y se comparó con el máximo publicado por la AEMet para esos mismos días. Aplicando el factor resultante a todos los CRR y calculando de nuevo la acumulación de lluvia en esas 48 horas se obtuvo un mapa de precipitación muy similar al publicado por AEMet (ver Fig.4). Por lo tanto, estos CRR modificados parecen reproducir el evento de forma bastante aproximada.

Tras esta corrección y un preprocesado para la adaptación



**Figuras 4**  
Precipitación, en mm, acumulada el 11 y 12 de Octubre de 2007 calculada a partir de productos CRR. Acumulación, también en mm, para esos mismos días publicada por la AEMet.

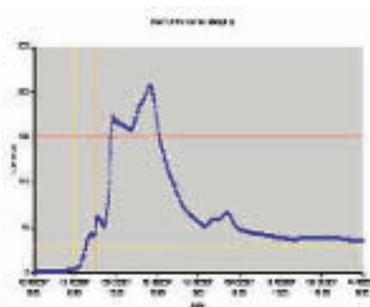
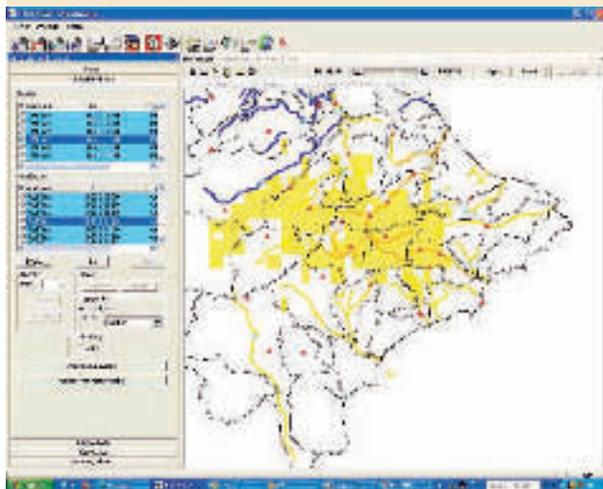
de estos productos al sistema FFEWS se lanzó de nuevo el sistema FFEW en modo simulación. En la Fig.5 se presenta un ejemplo de los mapas de riesgo generados.

El paso más importante en la validación del servicio es la comparación de los mapas de riesgo generados con datos reales. La validación de los riesgos hidrológicos se llevó a cabo utilizando datos de caudal para varios ríos ofrecidos por la CHJ. En la Fig.6 se presenta una de las gráficas de caudal obtenidas para uno de estos embalses. En ella la línea azul representa el caudal  $Q$  en función del tiempo, las líneas horizontales representan los umbrales de alerta considerados por el SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica) de la CHJ, y las líneas verticales marcan los instantes de tiempo en los que aparece un riesgo FFEW. Los niveles de alerta del SAIH de la CHJ son dos: nivel de aviso o alarma, que supone la superación de un determinado umbral de caudal que todavía no produce afecciones, pero es probable que se produzcan en poco tiempo si el caudal continúa aumentando al mismo ritmo, y nivel de alerta hidrológica, que corresponde a caudales capaces de producir inundaciones que supongan peligro para personas y bienes. El primero viene representado en la gráfica como una línea horizontal amarilla, y el segundo como una línea horizontal roja.

Las principales conclusiones extraídas por comparación de los mapas de riesgo producidos por el FFEWS con los datos de caudal ofrecidos por la CHJ se pueden resumir en:

- Los mapas de riesgo generados tras ejecutar el FFEWS en modo simulación muestran riesgos tanto pluviométricos como hidrológicos localizados en puntos donde la CHJ también registra riesgos. Además, el hecho de que el FFEWS no muestre riesgos en lugares donde CHJ tampoco ha registrado situaciones de alerta indica que el sistema está exento de falsas alarmas.

**Figura 5**  
Mapa de riesgo obtenido para el 12 de Octubre de 2007 a las 10:00h.



**Figura 6**

Gráfica de caudal en la estación de Font d'En Carrós, en el río Serpis. Las líneas horizontales marcan los umbrales de alerta del SAIH de la CHJ, y las líneas verticales los instantes en los que aparece riesgo en el FFEWS.

- El instante en que se alcanza el nivel de riesgo amarillo del FFEWS está claramente relacionado con el umbral de aviso del SAIH de la CHJ, pronosticándolo con, como mínimo, dos horas de antelación.
- El instante en que se alcanza el nivel de riesgo naranja del FFEWS guarda relación con el nivel de alerta hidrológica del SAIH de la CHJ, de nuevo prediciéndolo unas dos horas antes. En los casos en los que no se dispone de umbral rojo de la CHJ, el nivel naranja del FFEWS se alcanza cuando se ha producido un incremento importante de caudal una vez se ha superado el umbral de aviso.
- Tanto el nivel amarillo como el nivel naranja del FFEW no tienen por qué coincidir exactamente con los umbrales fijados por la CHJ, aunque parecen ser bastante similares. De ahí que, en algunos casos en los que se han superado ligeramente los umbrales del SAIH, en el FFEWS no aparezcan riesgos.
- Tras la simulación no se ha obtenido nivel de riesgo rojo del FFEWS. Éste parece corresponder a un nivel de riesgo mucho más catastrófico que el que fija el umbral de alerta hidrológica del SAIH de la CHJ.

Los resultados obtenidos en la validación se pueden calificar, por tanto, como muy satisfactorios. Sobre todo cabe destacar las dos horas de antelación, como media, con las que el FFEWS ha pronosticado las alertas del CHJ, garantizando uno de los objetivos fundamentales del servicio, que es la anticipación.

Actualmente el servicio está funcionando en modo operacional en las dependencias centrales de la AEMet, a la espera de que se produzca un nuevo evento de lluvias importante que permita proseguir con la validación de los productos generados por el servicio en tiempo real.

## Referencias

- GMES: <http://www.gmes.info/>.
- RISK-EOS: <http://www.risk-eos.com>
- CHJ: <http://www.chj.es>
- AEMet: <http://www.aemet.es>
- GMV: <http://www.gmv.es>
- CEAMET: <http://www.gva.es/ceamet/>
- CEAMET - Report on torrential rains on October 11th-12th, 2007 in Comunidad Valenciana [http://www.gva.es/ceamet/clima/eventos/2007/informe\\_lluvias\\_11\\_12\\_octubre.pdf](http://www.gva.es/ceamet/clima/eventos/2007/informe_lluvias_11_12_octubre.pdf). Meteorology Climatology Program. CEAM Foundation. October 26th 2007.
- AEMet - Validation Report for "Convective Rainfall Rate". SAF/NWC/CDOP/INM/SCI/VR/01, Issue1, Rev.0. December 18th 2007.