



Grupo de Trabajo de Hidrología, AR III

Sistemas de alertas de crecidas de origen pluvial

Javier Narbona N.

Ingeniero Civil

Jefe División Hidrología

Dirección General de Aguas

Ministerio de Obras Públicas, Chile

Asunción, Paraguay

5 al 9 de octubre de 2015

Concepto general

Para que un SAT pueda ser eficaz se requiere que los avisos se comuniquen con la debida anticipación, para lo cual se debe cumplir en general con la siguiente condición :

$$t_a + t_b + t_c \leq t_r \quad \text{donde:}$$

t_a : tiempo que demora la recolección y transmisión de datos hidrometeorológicos.

t_b : tiempo que emplea el procesamiento.

t_c : tiempo que se requiere para adoptar las medidas previstas.

t_r : tiempo de retardo de la cuenca.

El uso de sistemas de esta naturaleza es muy generalizado en los países y su aplicación depende de diversos factores, entre los que se cuentan las características de las cuencas en términos de tamaño y tiempo de concentración, ya que ello determina la posibilidad de dar avisos oportunos y eficaces.

Desarrollo del sistema de alertas en la DGA

La modernización de los equipos hidrométricos de la DGA condujo, en forma natural, a utilizar, cuando era posible, los datos de nivel y caudal como elementos de un sistema básico de alerta. Para ello, y de acuerdo con los antecedentes históricos, se definieron niveles de alerta.

Azul : Indica una situación de preparación ante la eventualidad que las precipitaciones y/o caudales superen el umbral de riesgo.

Amarilla : Caudal con clara tendencia a subir y pronóstico meteorológico desfavorable.

Roja : Caudales con amenaza directa a sectores poblados e infraestructura, que implican acciones tales como: evacuación, defensas, disponibilidad recursos humanos, maquinaria y equipos.

El software de recepción de datos en tiempo real envía los mensajes a correos electrónicos y celulares



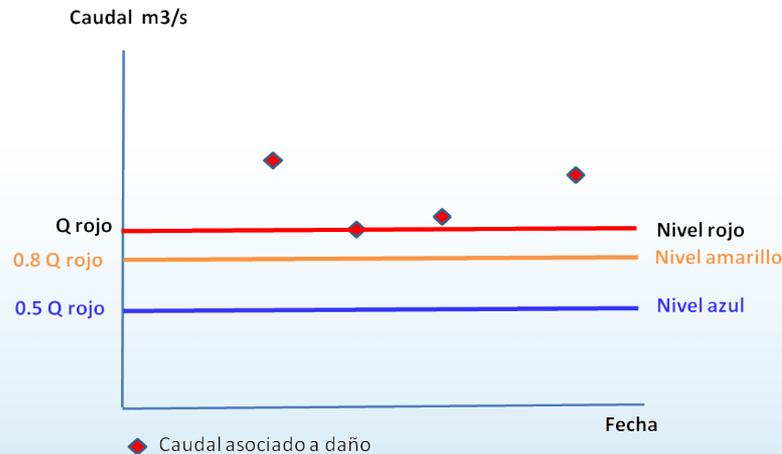
Umbrales

Durante el año 2009 se realizó un estudio con el fin de ajustar los umbrales existentes a esa fecha y definirlos para las estaciones que no lo tenían.

El estudio consideró :

- las crecidas de los últimos 10 años
- los daños que ocasionaron, para lo cual se recopilaron antecedentes de diversas fuentes : DGA, ONEMI, prensa, etc).

Los umbrales se definieron según lo que se muestra en el esquema que sigue :



Qrojo : menor caudal que produjo daño
Qamarillo : $0.8 * Qrojo$
Qazul = $0.5 * Qrojo$

Los caudales se asocian a las correspondientes alturas l_m , valores que se usan como comparación.

Evolución de la situación de alerta

Los umbrales definidos según los criterios ya expuestos, en la práctica se han utilizado con el fin de conocer la situaciones de alerta que se presentan en las diversas zonas del país.

Para ello se dispone de un sitio web, interno a la Dirección, que permite muy gráficamente mostrar el estado de los niveles y caudales, comparados con los límites considerados de alerta y peligrosos.

Estación	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	UMBRAL Amarillo (m.)	UMBRAL rojo (m.)
	04 am	05 am	06 am	07 am	08 am	09 am		
Laja en Tucapel	4.6 550	4.7 620	4.9 650	4.7 620	4.6 610	4.3 500	4	4.5
Río Laja Ag. arr. Del Salto (Rec. r.laja)	3.0 1200	3.6 1500	3.7 1550	3.8 1600	3.7 1550	3.6 1500	3.6	3.9
Est. Hualqui Desembocadura	2.5 1800	2.5 1800	2.5 1800	2.5 1800	3.1 3100	3.2 3200	2.7	3.0

Caudal (m³/s)

Altura limnimétrica (m)

Evolución de la situación de alerta

Ministerio de Obras Públicas
Gobierno de Chile

Sistema de Monitoreo de Caudales

Capas

Sistema de Monitoreo de Caudales - Sistema de Información Territorial MOP

LEYENDA

- Acuerdo Chile-Argentina 1998
- Polígono acuerdo
- Estaciones Satelitales Red Hidrometeorologica
- Sin Alerta
- Alerta Azul
- Alerta Amarilla
- Alerta Roja

Utilidades

Información de la capa

Leyenda

Mostrar Tabla

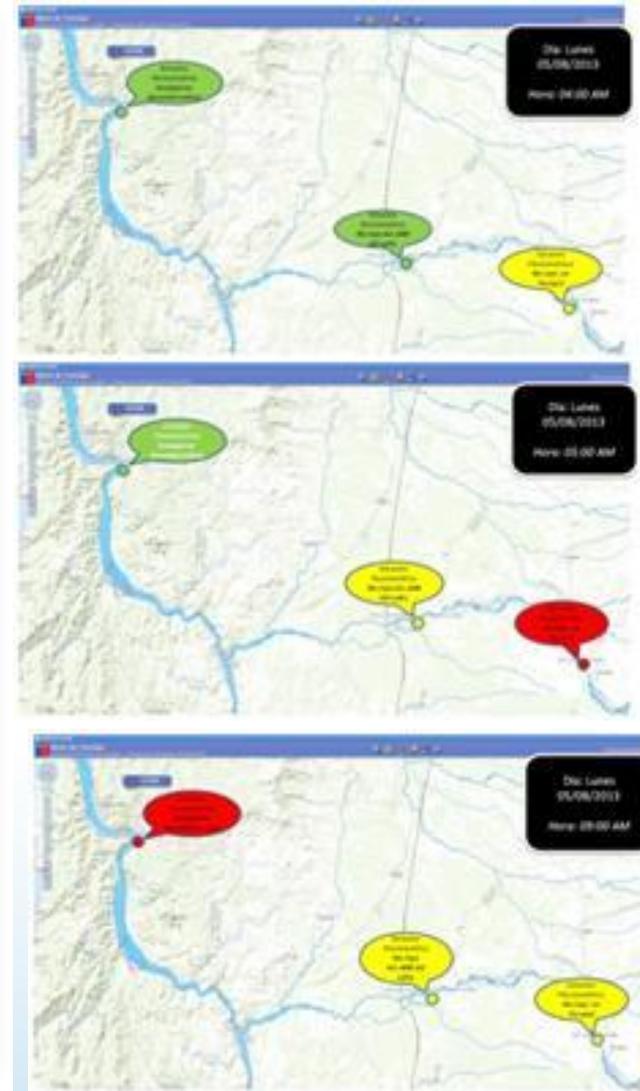
Buscar dirección

Dirección, Comuna

Tabla de contenidos

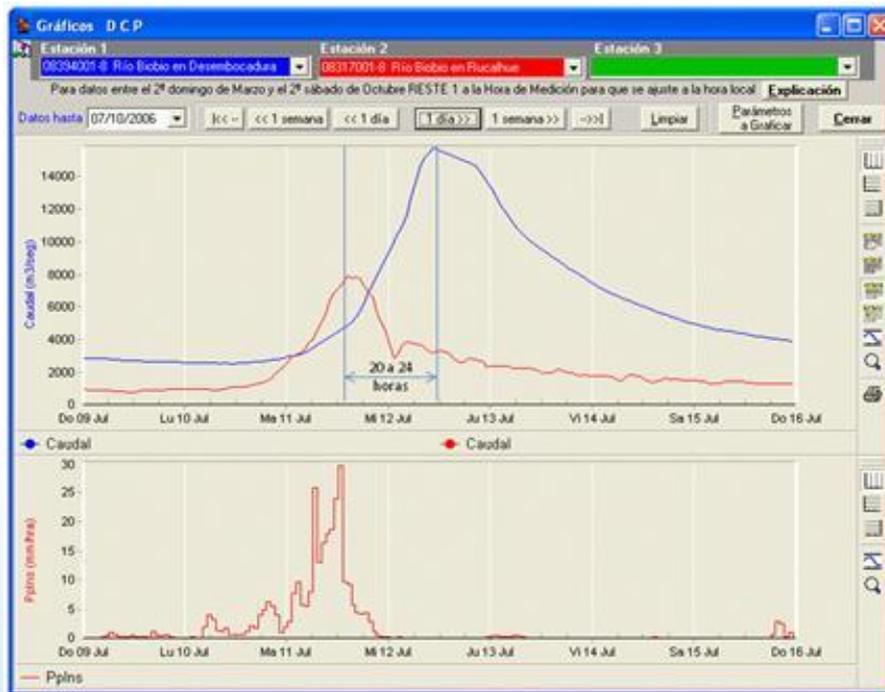
1:36.978.595

0 300 600km



Sistemas de previsión : Primer sistema

En aquellas cuencas de tamaño importante, con tiempo de respuesta de varias horas, cuando los niveles del agua en las estaciones de control superan alguno de los umbrales, es posible prever mediante relaciones matemáticas empíricas y sencillas, sobre la base de caudales de aguas arriba, los caudales que podrían pasar en las zonas bajas y adoptar las medidas para mitigar los efectos de las crecidas de los ríos.



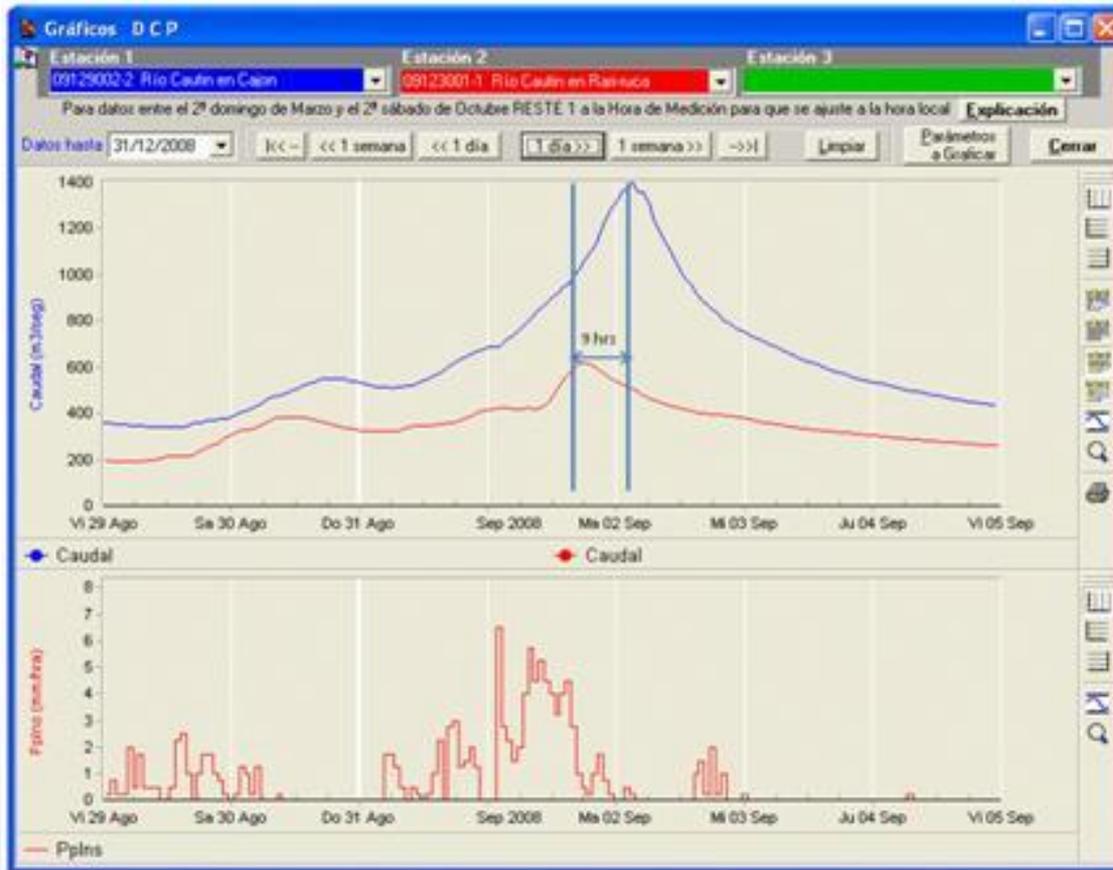
Caso del río Biobío

En la práctica, para caudales mayores a 4000 m³/s se observa :

$$Q_{\text{Desemb}}(t+20) = 2 * Q_{\text{Rucalhue}}(t)$$

Relaciones empíricas

Otro ejemplo empírico sencillo
es el caso del río Cautín.

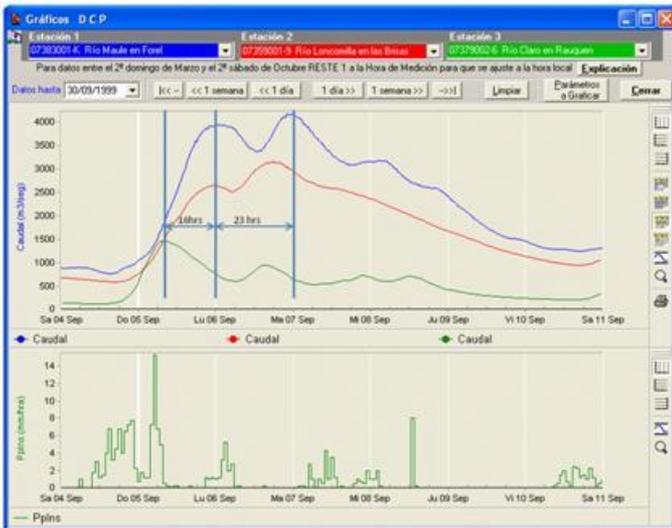


En este caso el tiempo de
desfase es menor.

Segundo sistema

Una segunda forma de abordar el problema de la predicción de caudales de crecidas es utilizar modelos hidrológicos de fácil aplicación, construido sobre la base de datos medidos como entrada. Estos datos pueden ser caudales de horas anteriores y precipitaciones registradas en estaciones de la zona de la previsión.

Este tipo de hidrogramas forman parte de los antecedentes para llegar a establecer la relación final de pronóstico.



Este sistema requiere datos en tiempo real de estaciones representativas de la situación hidrológica de la cuenca.



Maule en Forel (+6 hras):

$$Qmf(t+6) = 3.16 Qmf(t) - 2.20 Qmf(t-2) + 0.007 * U(t) + 0.018 * U(t-2) + 0.027 U(t-4) + 0.012 U(t-6),$$

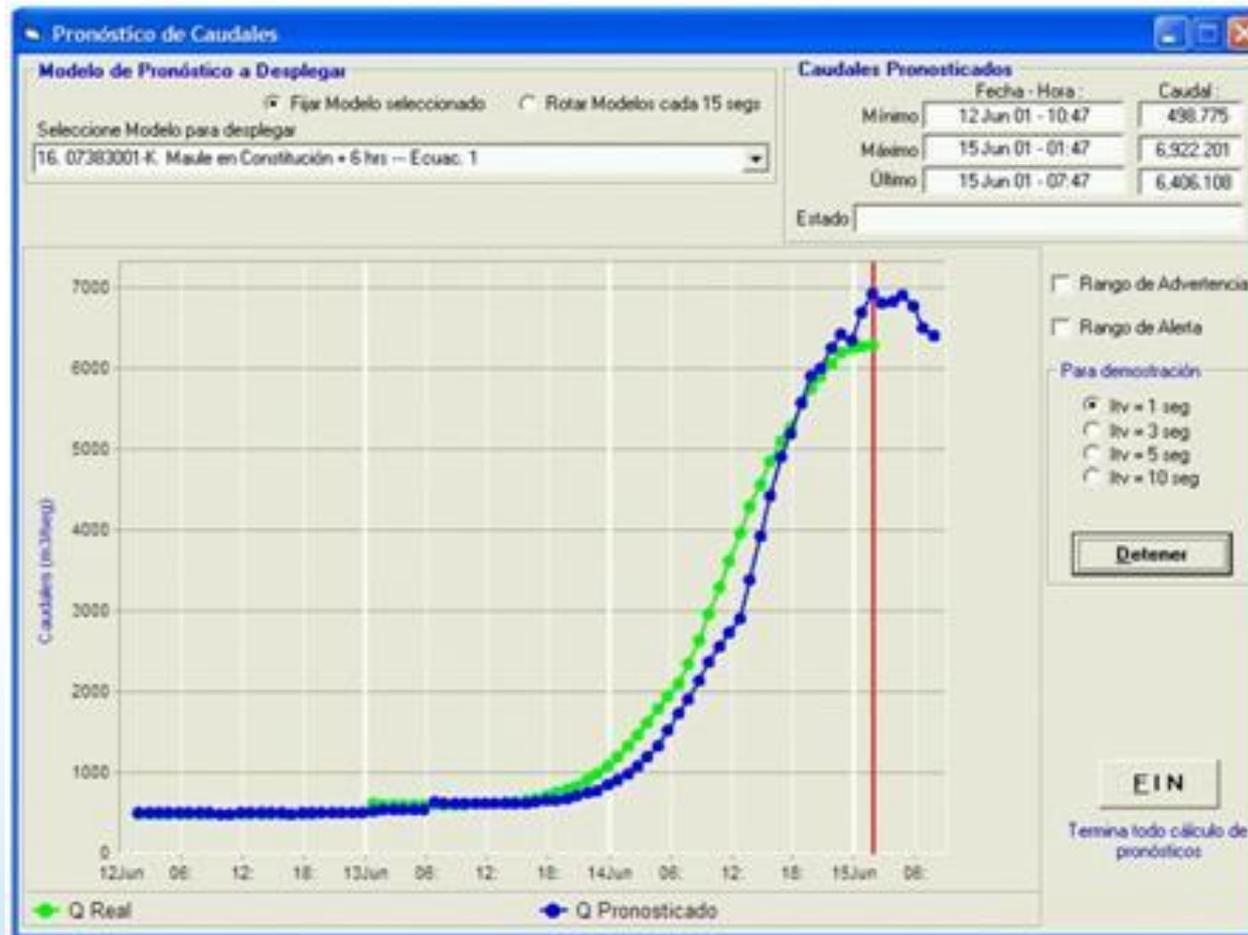
en que $U(t) = Qml(t) + Qct(t) + Qlb(t-4) + Qap(t-8)$

mf = Maule en Forel **ml** = Maule en Longitudinal **ct** = Claro en Talca
lb = Loncomilla en Las Brisas **ap** = Achibueno en Los Peñascos

Segundo sistema

En el caso del río Maule, el pronóstico se actualiza automáticamente con una antelación de 6 horas, tiempo que permite la cuenca.

La línea roja señala el tiempo actual y la línea azul representa el pronóstico.



Tercer sistema

El tercer sistema consiste en utilizar pronósticos meteorológicos cuantitativos de precipitación y utilizar esta información como entrada al modelo de escorrentía.

Una aplicación de este sistema se encuentra en la denominada “Ley de embalses” que tiene como idea básica utilizar los embalses como reguladores de crecidas.

Para ello existen convenios y el protocolo correspondiente, entre la DGA, la Oficina Nacional de Emergencias, la Dirección Meteorológica de Chile y los operadores de embalses.

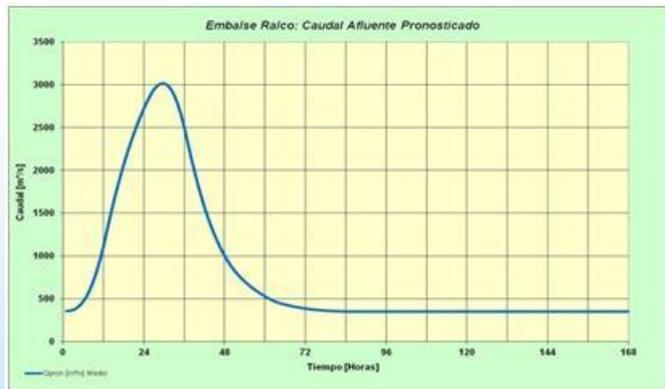


La Dirección Meteorológica emite 2 pronósticos diarios de precipitaciones, específicos para la zona de embalses.

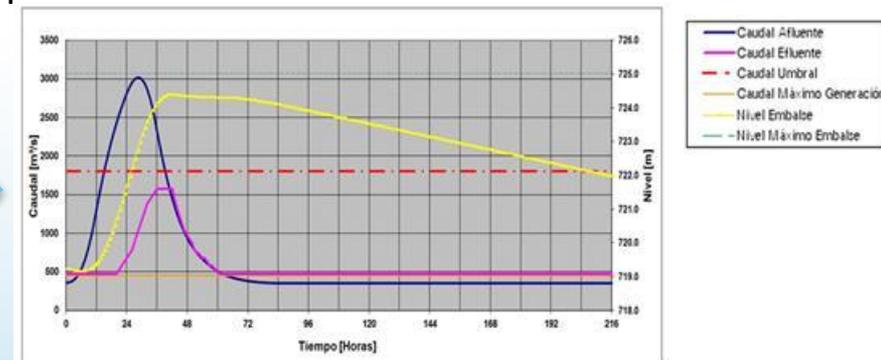
PRONÓSTICO EMBALSE RALCO:												
Fecha emisión del Pronóstico:										-1 día		-1 día
Hora de Emisión del Pronóstico:										6:58		3 horas
DIA 1			DIA 2			DIA 3			DIA 4			DIA 5
07 (mm)			07 (mm)			07 (mm)			07 (mm)			07 (mm)
MIN	20	30	30	30	30	20	20	0	0	0	0	0
MEQ	48	48	48	48	28	28	6	0	0	0	0	0
MAX	80	80	80	80	50	50	10	0	0	0	0	0
Sistema DTC Línea de Nivel (m)			Sistema DTC Línea de Nivel (m)			Sistema DTC Línea de Nivel (m)			Sistema DTC Línea de Nivel (m)			Sistema DTC Línea de Nivel (m)
1800			1800			1700			2000			2200



El modelo de escorrentía estima los caudales afluentes al embalse.



De acuerdo con los resultados y el protocolo vigente, se opera el embalse con el fin de minimizar el impacto en la comunidad, almacenando la mayor cantidad de agua posible.



Conclusiones

Un sistema de previsión consta de los siguientes elementos :

- Una red de monitoreo y transmisión. La tecnología actual permite instalar redes con transmisión automática de datos, los que se incorporan directamente a centros de proceso informático.
- Catastro de zonas vulnerables a inundaciones y las cotas de umbrales o alturas limnimétricas de alerta.
- Centro de pronóstico hidrometeorológico, con el fin de definir las alertas. Se debe disponer de relaciones entre variables hidrometeorológicas y niveles o caudales en los ríos, como también su relación con daños potenciales.
- Oficina de emergencia encargada de implementar un programa de actividades ligada a los caudales esperados, organismo sin el cual el sistema pierde la eficacia que debiera tener un SAT.

Conclusiones

Las diversas soluciones para implementar un sistema de pronóstico eficiente dependerán de :

- las características morfológicas de la cuenca, especialmente en términos de tiempos de concentración y comportamiento hidrológico.
- la disponibilidad de recursos para implementar una red de transmisión de datos en forma automática.
- la posibilidad de realizar previsiones meteorológicas confiables.
- la respuesta de los servicios de emergencias.

**Es todo
GRACIAS**