

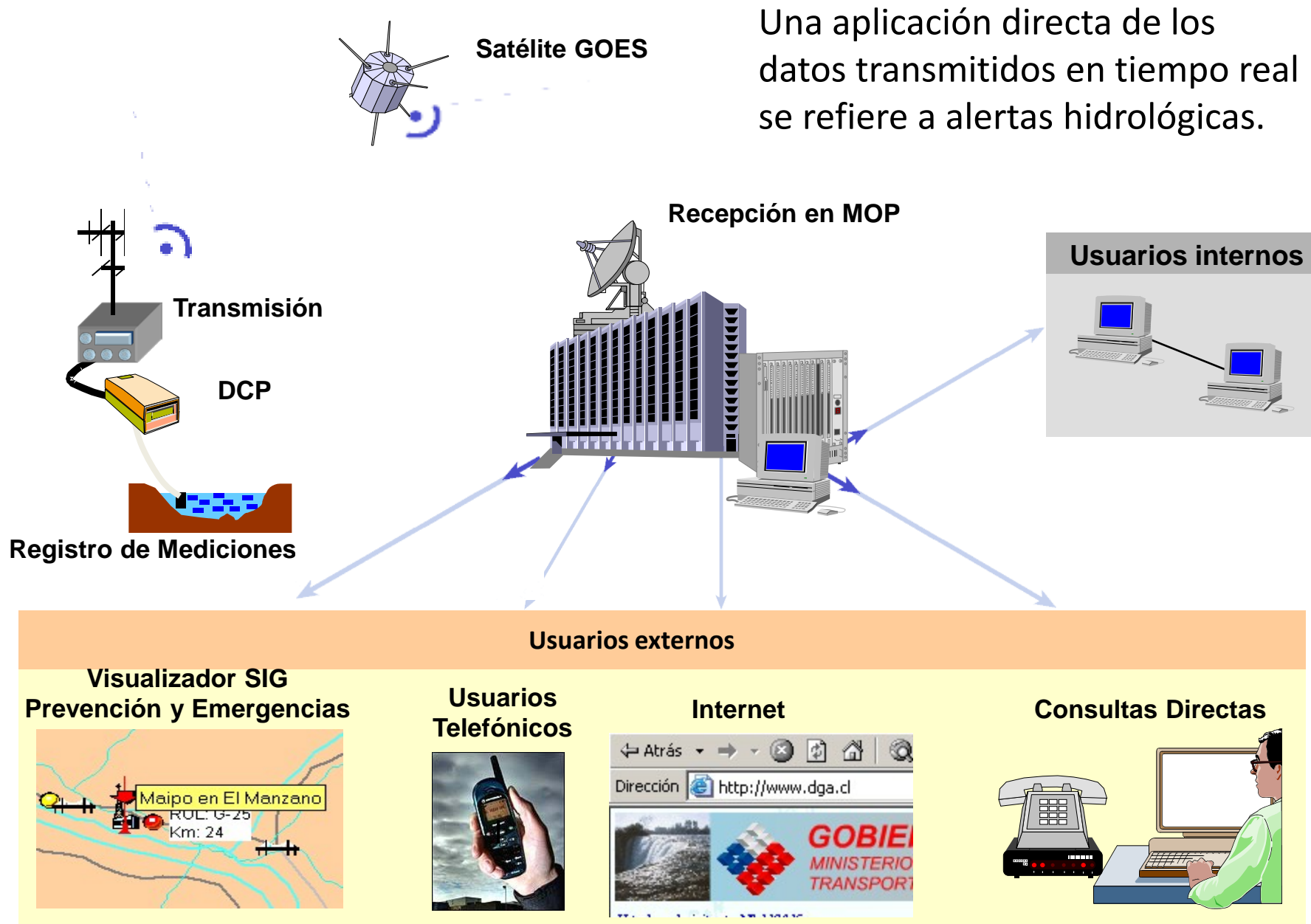
# Reunión para el desarrollo e implementación de una Guía de Crecidas Repentinas para América del Sur

## Sistemas de Alertas de Crecidas de origen pluvial

**Brahim Nazarala G**  
Ingeniero Civil  
División Hidrología  
Dirección General de Aguas  
Ministerio de Obras Públicas, Chile

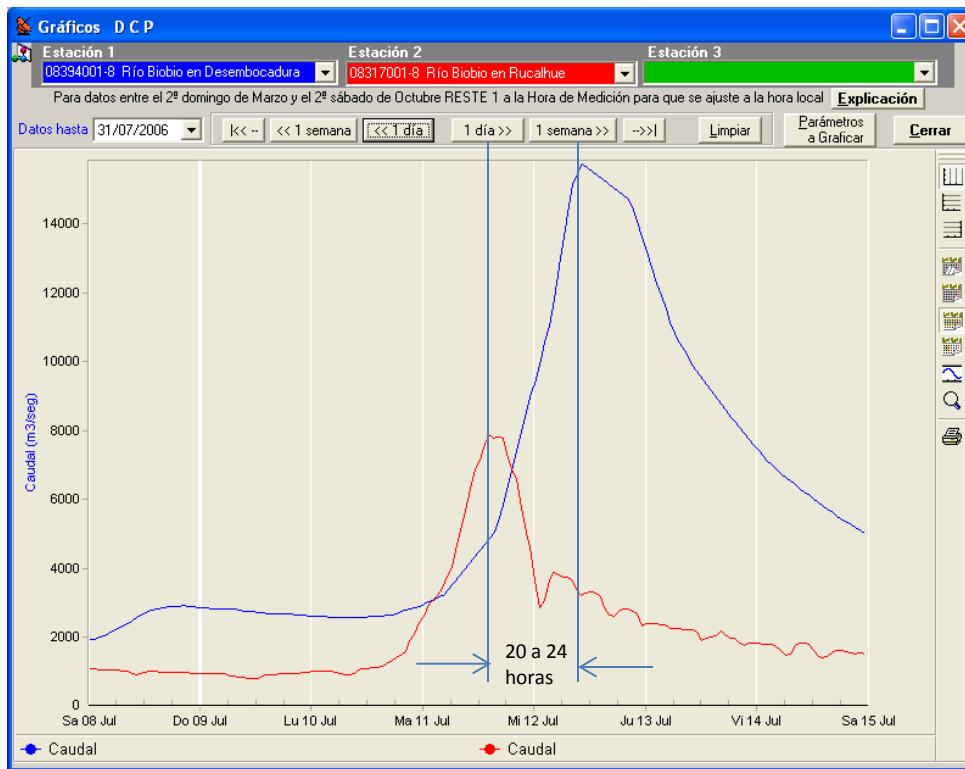
Lima, Perú  
16 al 18 de agosto de 2016

# Esquema General. Sistema Satelital



# 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 Biobio

En la práctica, para caudales mayores a 4000 m<sup>3</sup>/s se observa :

$$Q_{\text{desemb}}(t+20) = 2 * Q_{\text{rucalhue}}(t)$$

# 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.

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

**Rojo** : 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



# Sistematización de los umbrales

## Objetivo del trabajo:

Actualizar sistema de umbrales de alerta de crecidas en todo el país

## Objetivos específicos:

- Revisar estaciones del sistema vigente e incluir otras si corresponde
- Revisar variables del sistema vigente e incluir otras si corresponde
- Determinar el valor de los umbrales con análisis hidrológicos
- Determinar la confiabilidad de los valores umbrales (riesgo)
- Recomendar plan de actualización de variables y umbrales

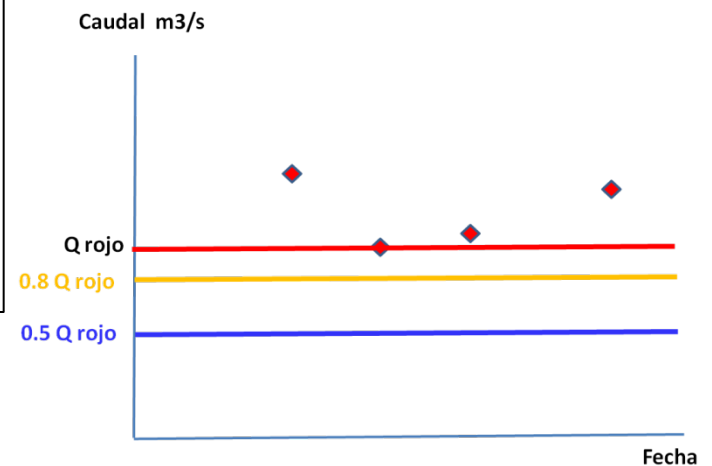
# Ejemplo de aplicación de la metodología standard

## Mapocho en Rinconada de Maipú

Junio 2002            Q = 563.4 m<sup>3</sup>/s y 5.09 m  
Agosto 2005        Q = 486.8 m<sup>3</sup>/s y 4.87 m  
Julio 2006            Q = 346.8 m<sup>3</sup>/s y 4.44 m  
Mayo 2008            Q = 340.9 m<sup>3</sup>/s y 4.42 m

Umbral rojo actual:                    5.50 m

Se propone bajar umbral a            4.42 m



## Cuadro Final:

|                             | Alerta azul | Alerta amarilla | Alerta Roja |
|-----------------------------|-------------|-----------------|-------------|
| Caudal en m <sup>3</sup> /s | 170         | 273             | 341         |
| Nivel en m                  | 3.75        | 4.17            | 4.42        |

# Seguimiento de caudales por Internet

|   |      |      |      |      |      |      |      |       |
|---|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Longavi Quinquena                       | 151  | 145  | 143  | 136  | 133  | 129  |      |       |
| Achibueno Recova                        | 1.3  | 1.3  | 1.29 | 1.28 | 1.27 | 1.27 | 2.74 | 3     |
| Ancoa El Morro                          | 1.32 | 1.29 | 1.28 | 1.28 |      |      | 3.13 | 3.5   |
| Loncornilla Brisas                      | 4.94 | 4.95 | 4.95 | 4.93 | 4.92 | 4.89 | 5.95 | 6.5   |
| Claro Rauquen                           | 2.7  | 2.7  | 2.69 | 2.67 | 2.65 | 2.6  | 5.3  | 6.2   |
| Maule en Forel                          | 4.74 | 4.82 | 4.93 | 5.02 | 5.11 | 5.16 | 11.2 | 12.47 |
| <b>Region 08</b>                        |      |      |      |      |      |      |      |       |
| Río Chillan en Esperanza N 2            | 1.03 | 1    | 1    | 0.97 | 0.97 | 0.96 | 2.5  | 2.8   |
| Río Diguillin en San Lorenzo (Atacalco) | 1.43 | 1.4  | 1.38 | 1.37 | 1.35 | 1.32 | 3    | 3.5   |
| Río Itata en Balsa Nueva Aldea          | 3.67 | 3.67 | 3.66 | 3.65 | 3.62 | 3.59 | 5    | 6.5   |
| Río Itata en Paso Hondo                 | 3.96 | 3.96 | 3.95 | 3.92 | 3.9  | 3.87 | 6    | 7.5   |
| Río Itata en Coelemu                    | 2.36 | 2.41 | 2.44 | 2.47 | 2.48 | 2.49 | 5    | 5.5   |
| Esterro Bellavista en Tomé              | 1.9  | 1.9  | 1.89 | 1.88 | 1.87 | 1.85 | 3.3  | 3.5   |
| Río Andalien Camino a Penco             | 1.36 | 1.36 | 1.35 | 1.34 | 1.34 | 1.33 | 4.3  | 4.4   |

Ventajas sobre la alerta celular:

Actualización más frecuente.

-Entrega una visión amplia de zonas.

- Los antecedentes que se visualizan permiten prever la evolución de los caudales antes que se superen umbrales.

# 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




Tabla de contenidos

1:36.978.595

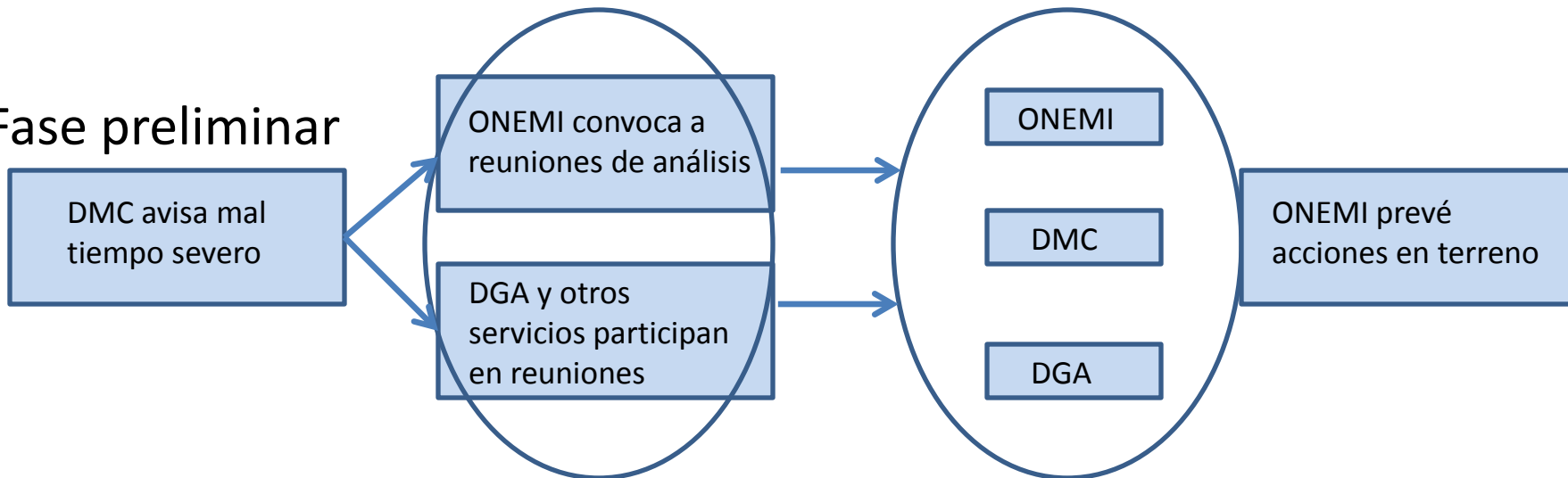
0 300 600km





# Protocolo actual

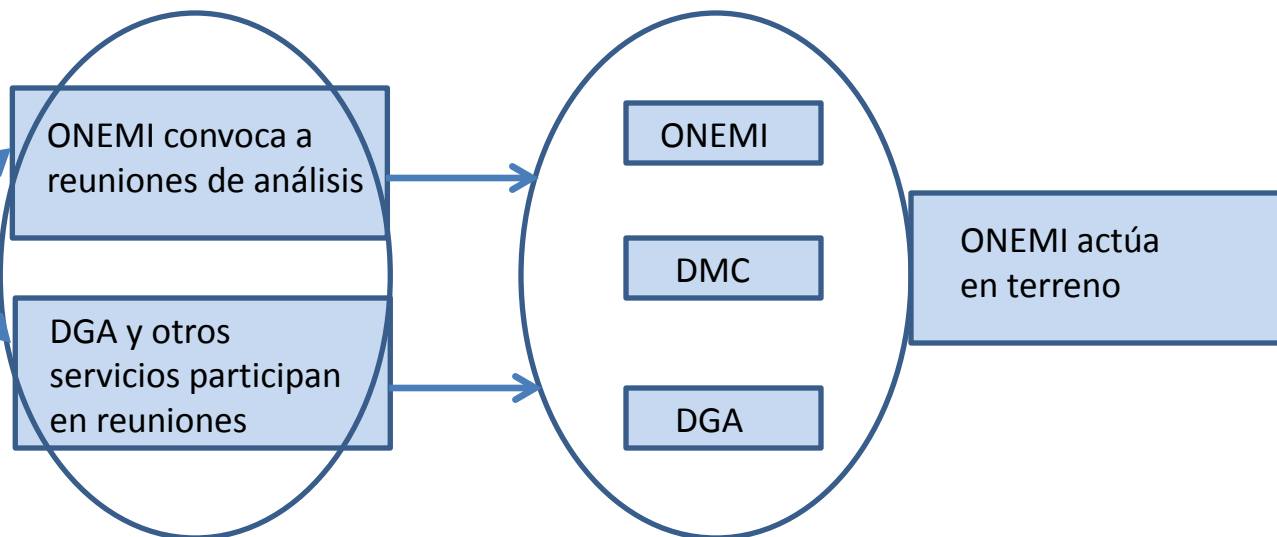
## Fase preliminar



## Fase desarrollo

|                |     |     |     |     |     |     |     |      |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Sanagüay       | 151 | 145 | 143 | 136 | 133 | 129 |     |      |
| Arbituro Ecocó | 113 | 113 | 129 | 128 | 127 | 127 | 274 | 3    |
| Arcos El Cerro | 132 | 129 | 128 | 128 |     |     | 313 | 25   |
| Lozandón Estar | 454 | 435 | 435 | 433 | 432 | 419 | 595 | 65   |
| Charo Ranque   | 27  | 27  | 249 | 247 | 245 | 24  | 53  | 62   |
| Maldonado Fort | 474 | 482 | 493 | 502 | 511 | 515 | 112 | 1247 |

ONEMI consulta datos caudales DGA

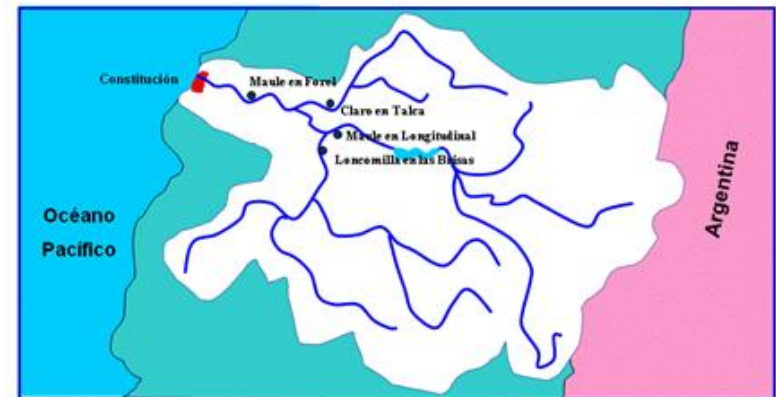
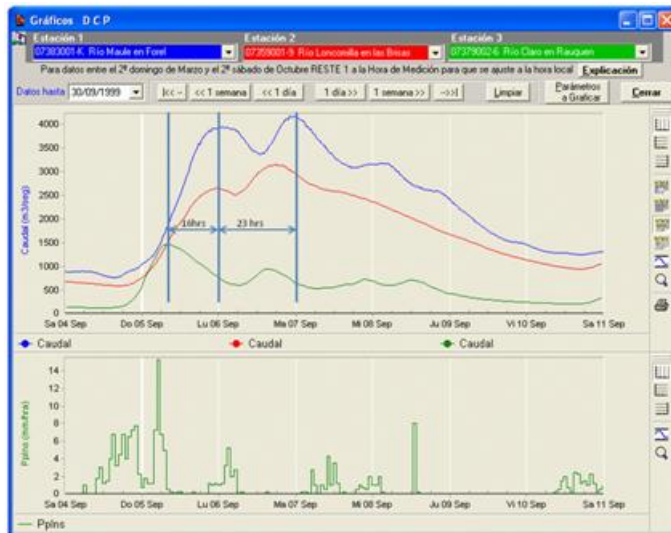


# Segundo sistema

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):

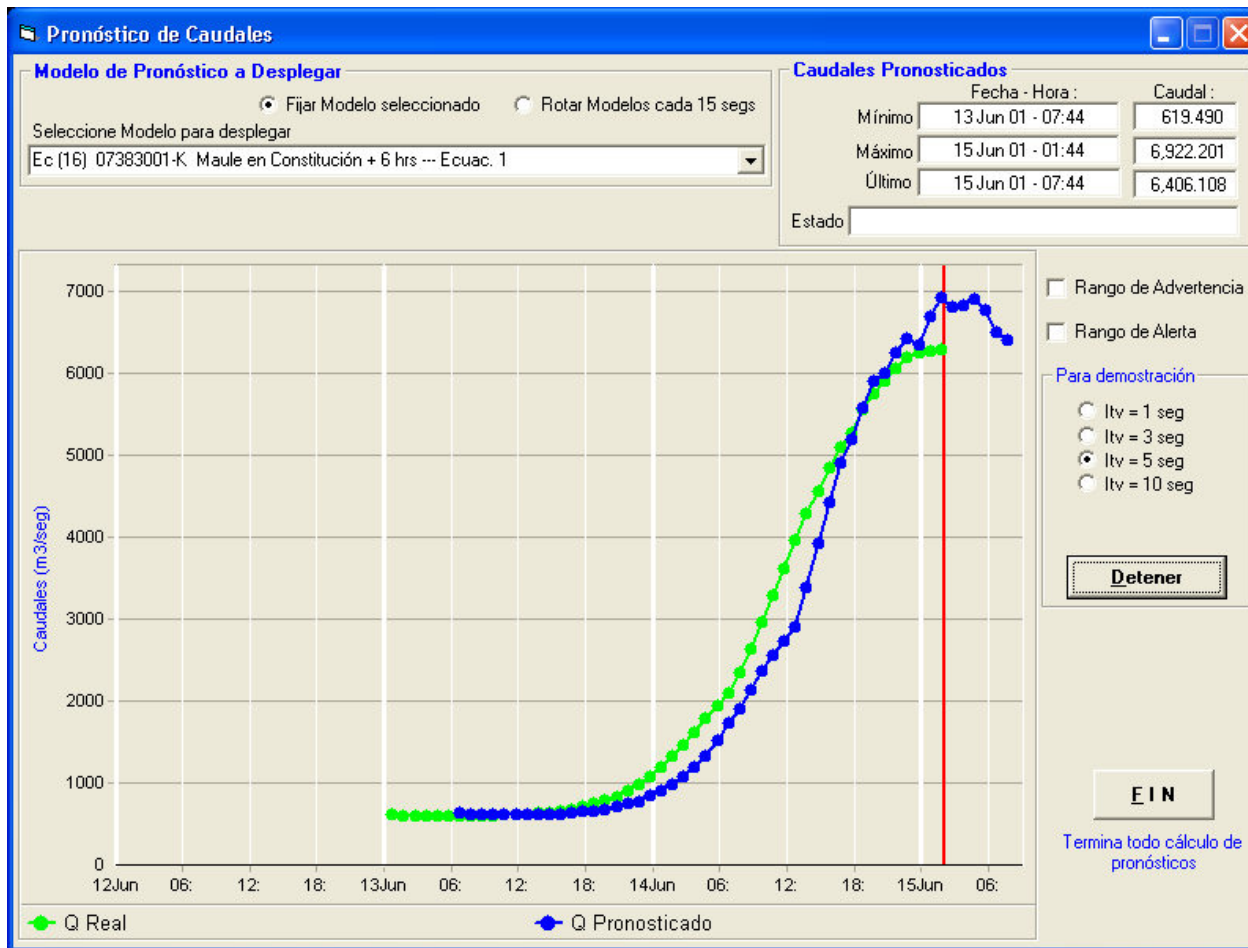
$$Q_{mf}(t+6) = 3.16 Q_{mf}(t) - 2.20 Q_{mf}(t-2) + 0.007 * U(t) + 0.018 * U(t-2) + 0.027 U(t-4) + 0.012 U(t-6),$$

en que  $U(t) = Q_{ml}(t) + Q_{ct}(t) + Q_{lb}(t-4) + Q_{ap}(t-8)$

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 cada hora, y prevé 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.

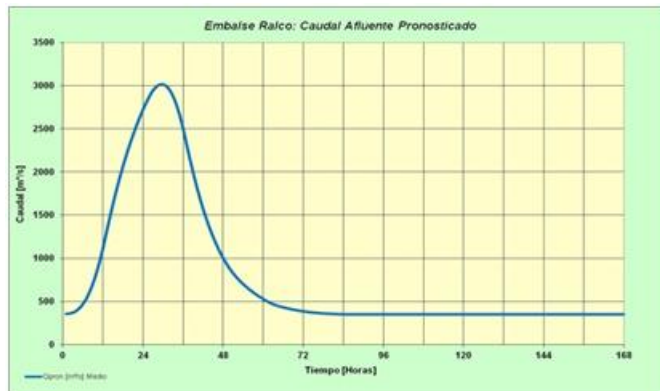


La Dirección Meteorológica emite 2 pronósticos diarios de precipitaciones, específicos para la zona de embalses.

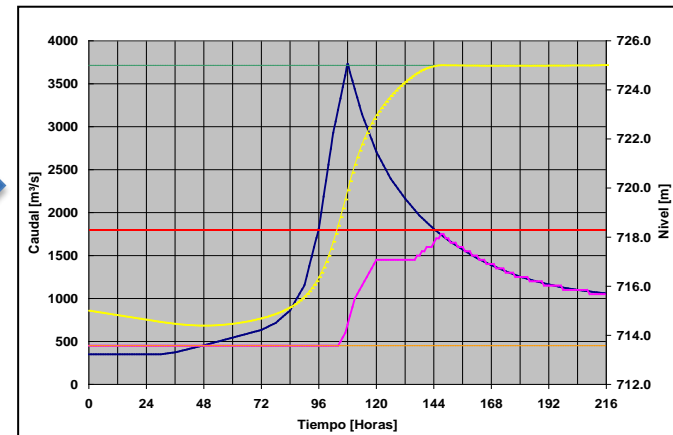
| PRONÓSTICO EMBALSE RALCO  |           |           |                                |           |           |                                |           |           |                                |           |           |                                |           |           |
|---|-----------|-----------|--------------------------------|-----------|-----------|--------------------------------|-----------|-----------|--------------------------------|-----------|-----------|--------------------------------|-----------|-----------|
| Fecha emisión del Pronóstico: miércoles 3 de septiembre de 2014 |           |           |                                |           |           |                                |           |           |                                |           |           |                                |           |           |
| Hora de Emisión del Pronóstico: 6:58 horas                      |           |           |                                |           |           |                                |           |           |                                |           |           |                                |           |           |
| DIA 1   |           |           | DIA 2                          |           |           | DIA 3                          |           |           | DIA 4                          |           |           | DIA 5                          |           |           |
| 07 (mm)   |           |           | 07 (mm)                        |           |           | 07 (mm)                        |           |           | 07 (mm)                        |           |           | 07 (mm)                        |           |           |
| MIN   | 20-14 hrs | 14-22 hrs | 20-22 hrs                      | 22-06 hrs | 20-22 hrs | 22-06 hrs                      | 20-22 hrs | 22-06 hrs | 20-22 hrs                      | 22-06 hrs | 20-22 hrs | 22-06 hrs                      | 20-22 hrs | 22-06 hrs |
| MIN   | 30        | 30        | 30                             | 30        | 20        | 20                             | 20        | 20        | 0                              | 0         | 0         | 0                              | 0         | 0         |
| MEQ   | 48        | 48        | 48                             | 48        | 28        | 28                             | 28        | 28        | 6                              | 6         | 6         | 6                              | 6         | 6         |
| MAX   | 80        | 80        | 80                             | 80        | 30        | 30                             | 30        | 30        | 10                             | 10        | 10        | 10                             | 10        | 10        |
| 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                           |           |           |



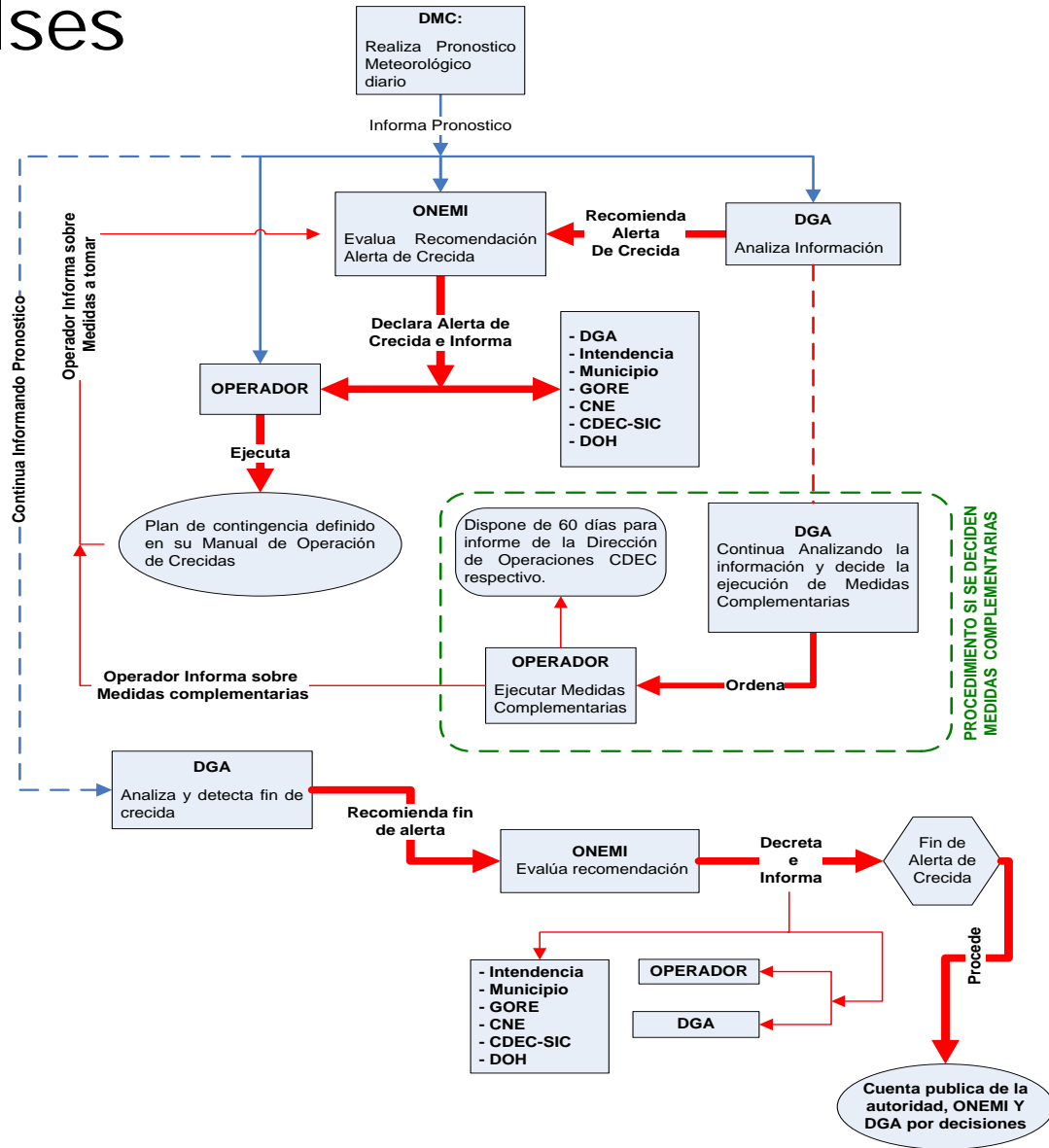
El modelo de escorrentía estima los caudales afluentes al embalse.



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.



# Protocolo de emergencia. Ley de embalses



## Proyecto en desarrollo

- Puesta en marcha de las relaciones existentes y complementar la red con estaciones en tiempo real necesarias
- Abordar la factibilidad de utilizar pronósticos pluviométricos cuantitativos para poner operativas relaciones matemáticas definidas.

# Conclusiones

- Se dispone de un sistema de umbrales, único, nacional y actualizado
- Los umbrales se encuentran en uso en la Dirección, Oficinas Regionales y Oficina de Emergencias
- Los umbrales se deben verificar ante eventos extremos, con el fin de validarlos y corregirlos si es necesario
- La verificación de los umbrales en cada evento de crecida, debiera conducir a un mejor conocimiento práctico del comportamiento de la cuenca ante dichos eventos.
- **El pronóstico de caudales, para que sea efectivo, se debe realizar con pronósticos meteorológicos de precipitación y temperatura.**



**FIN**