GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DIVISIÓN DE HIDROLOGÍA

APLICACIÓN DE RELACIONES HIDROMÉTRICAS PARA EL ANÁLISIS DE DATOS – HIDROMETRÍA INTEGRADA

INFORME FINAL

REALIZADO POR:

SEQUOIA LTDA.

S.I.T. Nº 284

SANTIAGO, SEPTIEMBRE DE 2012

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
Ministro de Obras Públicas
Sr. Laurence Golborne Riveros

Director General de Aguas
Ing. Sr. Matías Desmadryl Lira

Jefe División de Hidrología
Ing. Sr. Javier Narbona Naranjo

Inspector Fiscal
Ing. Sr. Erwin Garrido Germakova

Profesionales participantes
Ing. Sr. Erwin Garrido Germakova

NOMBRE CONSULTORES:
Jefe de Proyecto
Ing. Sr. Germán Munita Cristi

Profesionales:
Ing. Sr. Germán Munita Cristi

APLICACIÓN DE RELACIONES HIDROMÉTRICAS PARA EL ANÁLISIS DE DATOS – HIDROMETRÍA INTEGRADA

INFORME FINAL

C O N T E N I D O

I. Resumen Ejecutivo 1

II. Análisis y Relleno Estadístico de Caudales 2

1. Trabajos Realizados 2
   a) Revisión de la actual instalación de los sistemas de *Análisis y Relleno Estadístico*... 2
   b) Construcción de modelos estadísticos para completar los períodos sin mediciones.. 2
   c) Resultado final 7
   d) Ajustes y mejoras al programa *AnRel* 10
   e) Nómina de Rellenos 11

2. Anexo 1 – Nómina de Rellenos 12

III. Fórmulas de Validación 17

1. Trabajos Realizados 17
   a) Revisión de la actual instalación de los sistemas de *Fórmulas de Validación* 17
   b) Construcción y puesta en funcionamiento los modelos de Fórmulas de Validación .17
   c) Resultado final 25
   d) Ajustes y mejoras al programa *FrmlVerif* 25
   e) Nómina de Modelos.....26

2. Anexo 2 – Nómina de Modelos.....27

IV. Guía de Análisis Hidrológico 30

I. Resumen Ejecutivo

Las actividades realizadas en el proyecto corresponden a lo descrito en la Oferta Técnica de Sequoia Ltda., las que según las Bases Técnicas se agrupan en

- *Análisis y Relleno Estadístico de Caudales*
- *Modelos de Fórmulas de Validación*
- *Guía de Análisis Hidrológico*

Análisis y Relleno Estadístico de Caudales

Realizado en las etapas I y II del proyecto, consistió en terminar las Estadísticas Hidrológicas de 35 estaciones de la Red de Sequía, las que sumadas a las 20 del año 2011 completan las **55** estaciones de toda la red. Los trabajos se detallan en el capítulo II. de este informe e incluyen:

- Construcción de los modelos estadísticos para completar los períodos sin mediciones
- Preparación para cada estación de la Red de las Memorias de Trabajo, planillas Excel y otros elementos, incluyendo la planilla de Control de Rellenos que resume las condiciones encontradas en cada estación
- Instalación de todos los elementos utilizados en el proceso en los computadores de la División de Hidrología (DH)
- Actualización de la Base de Datos "*CauCom*" (con Caudales (Qs) medios diarios rellenados) en el servidor de la DH
- Instalación de los programas computacionales actualizados usados en el trabajo
- Planilla de Qs medios mensuales después de rellenos, para todas las estaciones de la Red

Fórmulas de Validación

Construidas durante las etapas I y II del proyecto, sirven para verificar la calidad de las mediciones y se prepararon con la metodología desarrollada por Sequoia Ltda. el año 2011. Se abarcaron grupos de estaciones de la III, IV, VII, VIII, IX, XIV y X Regiones. Se construyeron 47 modelos de regresión, de los cuales 4 no se pudieron llevar a la práctica por sus condiciones hidrológicas, y 16 quedaron aptos para generar alertas automáticas. Los trabajos se detallan en el capítulo III. de este informe e incluyen:

- Construcción de las fórmulas usando la metodología señalada, instalación en los equipos de la DH, evaluación, puesta en marcha y verificación de mensajes de advertencia que emiten
- Preparación de planillas para análisis de fórmulas por región, Memorias de Trabajo y una planilla con la Nómina de los Modelos
- Instalación de los programas computacionales actualizados usados en el trabajo

Guía de Análisis Estadístico

Desarrollada en la etapa III del proyecto, tiene por finalidad proveer una ayuda sencilla y práctica que facilite a todas las oficinas de la DGA la comprensión básica de la hidrología de las cuencas que supervisa y permita detectar anomalías en las mediciones de caudales usando las herramientas computacionales disponibles.

Se incluye en el capítulo IV con una numeración de páginas independiente y contiene :

- Herramientas Disponibles para el Análisis
- Análisis Básico
- Detección de Anomalías en las Mediciones

- Gráficos Automáticos en el Sistema Satelital
- Lista de Chequeo para Revisiones

II. Análisis y Relleno Estadístico de Caudales

1. Trabajos Realizados

Se completaron las mediciones de todas las estaciones faltantes de la Red de Sequía ejecutándose los siguientes trabajos :

a) Revisión de la actual instalación de los sistemas de *Análisis y Relleno Estadístico*

- Revisar la documentación de los sistemas y modelos de estadísticos ya construidos
  Se revisaron los siguientes capítulos de la documentación
  - *Cartilla Resumen de la Metodología* en que, para la estación que se desea rellenar, se describe paso a paso la búsqueda y selección de mediciones en estaciones vecinas
  - Detalle de la selección de estaciones y generación de las regresiones correspondientes
  - Análisis de la cobertura que aportan las regresiones y aplicación de rellenos manuales para tramos no cubiertos
  - Ejecución de los rellenos y su traspaso a la Base de Datos CauCom ("*Caudales Completos*")
  - Verificación gráfica de los tramos rellenados y ajuste final

- Verificar la operatividad de la aplicación "*AnRel*" (Análisis y Relleno) en equipos de la DH
  - Se revisaron las carpetas en que estaba instalado el programa fuente de "*AnRel*" en el equipo de Desarrollo (en la Of.Satelital)
  - Se reinstaló el programa en el nuevo equipo del Inspector Fiscal
  - Se verificó que el programa "*AnRel*" estuviera operando correctamente

- Revisar la Base de Datos *CauCom* (Caudales Completos)
  - Se verificó la existencia de dicha Base de Datos en la instalación del BNA2000 en el Data Center, y su accesibilidad desde los equipos de Desarrollo y del Inspector Fiscal
  - Se constató que su contenido estaba correcto por la vía de generar algunos informes y gráficos con el programa "*AnRel*" que toman datos de ella

No fue necesario reparar el programa "*AnRel*" ni el contenido de la Base de Datos *CauCom*.

b) Construcción de modelos estadísticos para completar los períodos sin mediciones

- Priorización de estaciones a completar
  - Se revisó la planilla *Control de Rellenos.xlsx* preparada en 2011, en que se habían registrado todas las estaciones de la Red de Sequía y aquellas cuyas mediciones se habían completado en esa oportunidad
  - Se determinó completar tramos faltantes de mediciones en estaciones de Norte a Sur
  - Se consultó a la División de Hidrología la forma de tratar algunas estaciones que presentaban períodos inferiores a 30 años de mediciones. Las consultas y respuestas fueron:

- 02110001 - Río Loa en Escorial
  Consulta:
  indicar si se trabajará con los datos existentes (disponibles sólo a partir de 2004) o bien se usarán los de **Loa en Yalquincha**, disponibles entre 1947 y Junio 2009, fecha en que fue suspendida.Si es así, **Loa en Yalquincha** DEBIERA REPONERSE Y REINICIAR SUS MEDICIONES
  (NOTA: si bien ambas estaciones están a sólo 2 Km de distancia, del análisis de caudales se deduce que hay aportes y/o extracciones en el tramo intermedio, de modo que no son estaciones equivalentes)
  Respuesta: debe trabajarse con la información disponible

- 06035001 - Río Tinguiririca en Los Olmos
  Consulta:
  Si se trabajará con los **8** años de datos disponibles o será reemplazada por otra estación para efecto de la Red de Sequía
  Respuesta: debe trabajarse con la información disponible

- 06008005 - Río Cachapoal en Puente Termas de Cauquenes
  Consulta:
  si se trabajará con los **8** años de datos disponibles, o debe sumársele el caudal de **Canal Sauzal en Puente Termas**. En este último caso, sólo habría datos a partir de 2006.
  Un punto interesante sería ingresar al BNA los caudales medidos por ENDESA antes de esas fechas, en forma de Qs medios DIARIOS, para tener un historial más prolongado
  Respuesta:
  incorporar valores de canal Sauzal en Pte. Termas (se adjunta planilla histórica) y verificar relación con Cachapoal 5 km aguas abajo Cortaderal (la planilla enviada es de caudales medios mensuales)

- 07321002 - Río Maule en Armerillo
  Consulta:
  confirmar que sus Caudales serán incorporados a las estadísticas de la Red de Sequía por personal de la DH, ya que sus Caudales Naturales no están ingresados al BNA
  Respuesta:
  utilizar caudales naturales históricos, se adjunta planilla (de caudales medios mensuales)

- 07354002-K Río Achibueno en La Recova
  Consulta:
  confirmar que bastan los **24** años de estadística disponibles
  Respuesta: debe trabajarse con la información disponible

- 08117009-6 Canal de la Luz en Chillán
  Consulta:
  confirmar que NO forma parte de la Red de Sequía. Eventualemente la DH la reemplazará por otra estación para efecto de la Red de Sequía
  Respuesta: No considerar

- 08380001-1 Río Laja en Tucapel
  Consulta:
  estación con **19** años sin mediciones, entre 1981 y 2000, por lo que un relleno de datos de esa magnitud sería extremadamente osado.

Indicar si se usan los últimos **10** años con mediciones o será reemplazada por otra estación para efecto de la Red de Sequía
Respuesta:
podría interpolarse con valores de Laja en puente Perales

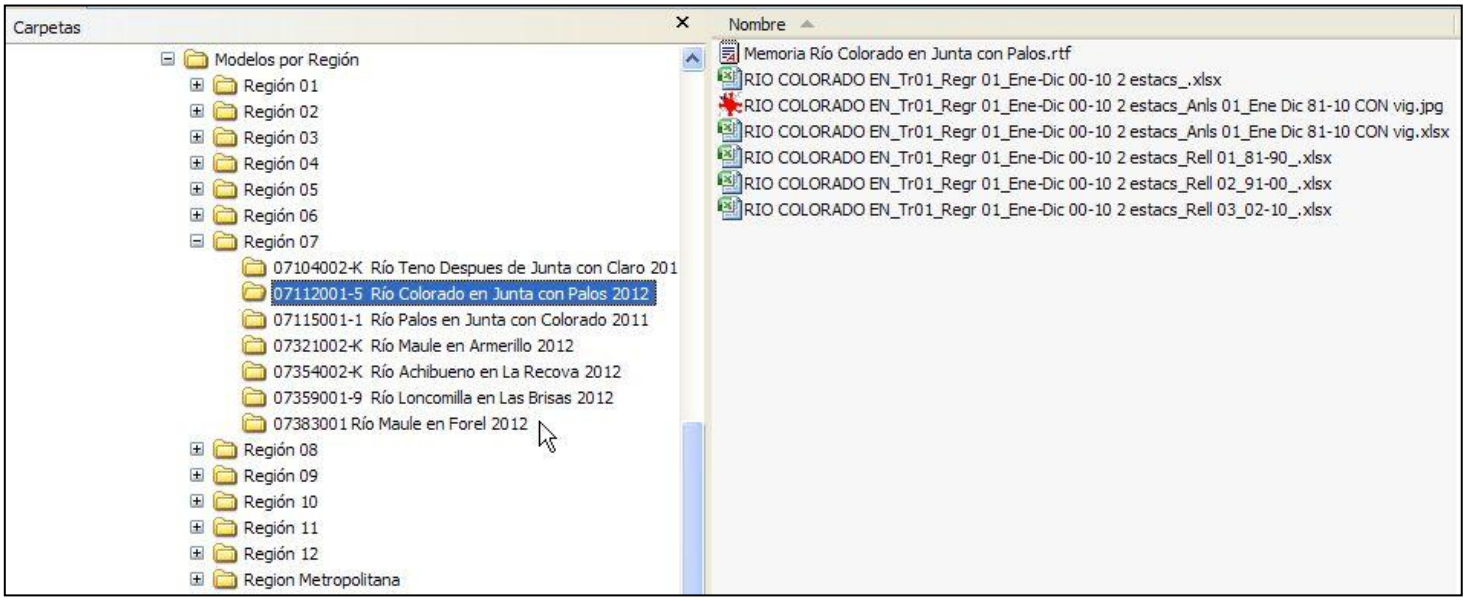
- 09437002 - Río Toltén en Teodoro Schmidt
  Consulta:
  confirmar que bastan los **19** años de estadística disponibles o será reemplazada por otra estación para efecto de la Red de Sequía
  Respuesta: podría extrapolarse con apoyo de Allipen en los Laureles y Toltén Villarrica

- 10311001 - Río Bueno en Bueno
  Consulta:
  confirmar que bastan los **8** años de estadística disponibles o será reemplazada por otra estación para efecto de la Red de Sequía
  Respuesta:
  considerar datos de Rahue en Forrahue

- 11536004 - Río Baker en Angostura Chacabuco
  Consulta:
  confirmar que bastan los **8** años de estadística disponibles o será reemplazada por otra estación para efecto de la Red de Sequía
  Respuesta: no se dispone de información estadística

- Uso de estaciones cercanas para completar estadísticas
  De acuerdo a la metodología, para cada estación
  - se revisaron los datos disponibles en ella y en estaciones vecinas, en la misma o en otra cuenca, en períodos coincidentes
  - se estimaron visualmente las correlaciones usando la herramienta gráfica, como una primera aproximación para calcular posibles regresiones
  - se seleccionaron períodos con datos confiables y se calcularon regresiones lineales
  - se efectuaron rellenos aplicando las regresiones
  - se usaron rellenos manuales para períodos no abarcados por las regresiones, o bien para mejorar los rellenos automáticos

- Sistema de carpetas
  Se mantuvo el sistema jerarquizado de carpetas para guardar toda la información de los modelos, según el siguiente ejemplo:



Nótese que se agregó "2011" y "2012" en el nombre de cada carpeta para identificar el año de construcción de cada modelo.

- Memorias de Trabajo
  Se continuó usando el modelo de Memorias de Trabajo perfeccionado en la etapa 1 del proyecto, que contiene los siguientes acápites, según los pasos seguidos en el análisis:
  - Nombre de la estación y sus características generales
  - Estaciones Fluviométricas cercanas, con comentarios acerca de su utilidad
  - Estaciones Meteorológicas cercanas, con comentarios
  - Traspaso de BNA--> CauCom y depuración de valores anómalos antes de calcular Regresiones
  - Regresiones Generadas
  - Análisis de Rellenos y Ajustes usando estas Regresiones
  - Rellenos calculados (plan de cálculos)
  - Rellenos MANUALES con Copia y Ajuste: Tramos sin Regrs por falta de mediciones

  A continuación un extracto de la Memoria de *04723001-2 Río Illapel en Huintil* :

04723001-2 Río Illapel en Huintil
Datos bastante buenos, 13 períodos sin datos, entre 1 y 3 meses.

Estaciones Fluviométricas cercanas:
04721001-1 Río Illapel en Las Burras --> Buenos datos, aguas arriba; correlación regular, mientras en Illapel en Huintil el Q se dispara Huintil son coherentes con Pps en Huintil en H tiene cuenca mucho > que Illapel en Las Burras
04726002-7 Río Illapel en Santa Cruz --> NO SIRVE: Datos Sep'28-Jun'31; figura como susp
04726001-9 Río Illapel en El Peral --> SIRVE, excelentes datos, aguas abajo: Datos May vigencia
Se diseñarán regresiones simples y múltiples con **Illapel en Las Burras** y con **Illapel en El Peral**

Estaciones Meteorológicas cercanas:
04723002-0 Huintil en Hacienda --> Excelentes datos; explican Qs disparados en Illa

Traspaso de BNA--> CauCom y depuración de valores anómalos antes de calcular Regresiones
. Se traspasan datos de '04723001-2 Río Illapel en Huintil' de BNA --> CauCom
. Se traspasan datos de '04721001-1 Río Illapel en Las Burras' de BNA --> CauCom
. Se traspasan datos de '04726001-9 Río Illapel en El Peral' de BNA --> CauCom

. Todas las mediciones extremas encontradas son explicables por las Pptaciones medidas en '04723002-0 Huintil en Haci
  No hay depuración de valores

Regresiones generadas
Se probarán regresiones simples con **04721001-1 Río Illapel en Las Burras** y **04726001-9 Río Illapel en El Peral**
También se probarán regresiones múltiples con ambas estaciones
. Buenos períodos de muestreo para Regrs simples y múltiples: **Oct 2001--> Sep 2006**
. Se distinguen 3 Tramos anuales: Oct-Ene, Feb-Abr, May-Sep

Regr 1: '04723001-2 Río Illapel en Huintil' con '04721001-1 Río Illapel en Las Burras' muestreo (**Oct 2001--> Sep 2**
Tramo 1 Sep-Ene en "..._Tr01_Regr 01_Sep-Ene 01-06 2 estacs_...", **r2** (Coef de Determinación) = **0.8437431**
Tramo 2 Ene-Abr en "..._Tr02_Regr 01_Ene-Abr 01-06 2 estacs_...", **r2** (Coef de Determinación) = **0.9364926**
Tramo 3 Abr-Sep en "..._Tr03_Regr 01_Abr-Sep 01-06 2 estacs_...", **r2** (Coef de Determinación) = **0.5061518**

Regr 2: '04723001-2 Río Illapel en Huintil' con '04726001-9 Río Illapel en El Peral' muestreo (**Oct 2001--> Sep 200**
Tramo 1 Sep-Ene en "..._Tr01_Regr 02_Sep-Ene 01-06 2 estacs_...", **r2** (Coef de Determinación) = **0.8895296**
Tramo 2 Ene-Abr en "..._Tr02_Regr 02_Ene-Abr 01-06 2 estacs_...", **r2** (Coef de Determinación) = **0.9611225**
Tramo 3 Abr-Sep en "..._Tr03_Regr 02_Abr-Sep 01-06 2 estacs_...", **r2** (Coef de Determinación) = **0.6119038**

Regr 3: '04723001-2 Río Illapel en Huintil' con '04721001-1 Río Illapel en Las Burras' y '04726001-9 Río Illapel en E
(muestreo **Oct 2001--> Sep 2006**)
Tramo 4 Sep-Ene en "..._Tr04_Regr 01_Sep-Ene 01-06 3 estacs_...", **r2** (Coef de Determinación) = **0.8968374**
Tramo 5 Ene-Abr en "..._Tr05_Regr 01_Ene-Abr 01-06 3 estacs_...", **r2** (Coef de Determinación) = **0.9611627**
Tramo 6 Abr-Sep en "..._Tr06_Regr 01_Abr-Sep 01-06 3 estacs_...", **r2** (Coef de Determinación) = **0.7897601**

CONCLUSION:
. Obviamente, me quedo con la regr múltiple **Regr 3** para los 3 Tramos anuales
. Los Tramos sin medics se rellenarán con Valores Manuales y Copia y Ajuste

Análisis de Rellenos y Ajustes usando estas Regresiones
Tramos 4 y 5: (ver planilla 'RIO ILLAPEL EN _Tr04_Regr 01_Sep-Ene 01-06 3 estacs_Anls 01_Sep Ene 81-10 CON vig.xlsx')
Hay 20 Tramos sin medics, 11 pueden ser llenados
6 pueden ser llenados con **Regr 1** (Ene'82-Jul'87), 1 con **Regr 2** (Mar'09)
2 Tramos sin vigencia, deben cubrirse con otras regrs
Tramos 5 y 6: (ver planilla 'RIO ILLAPEL EN _Tr05_Regr 01_Ene-Abr 01-06 3 estacs_Anls 01_Ene Abr 81-10 CON vig.xlsx')
Hay 20 Tramos sin medics (los mismos que en análisis anterior), 5 pueden ser llenados
6 pueden ser llenados con **Regr 1** (Ene'82-Sep'87), 1 con **Regr 2** (Mar'89)
8 Tramos sin vigencia, deben cubrirse con regrs de Tramos 4 y 5
En la planilla 'RIO ILLAPEL EN _Tr04 y 05_Regr 01_Ene-Abr 01-06 3 estacs_Anls 01_Ene Abr 81-10 CON vig.xlsx'
se aprecia que combinando los Tramos 4,5 y 6 quedan 7 valores a completar con **Regr 1** (Ene'82-Jul'87), 1 con **Re**

No senecesitará completar datos con Copia y Ajuste

Rellenos calculados (plan de cálculos)
. 01 Ene 1982 --> 28 Feb 1985 Regr 1, Tramo 1
. 01 Ene 1982 --> 28 Feb 1985 Regr 1, Tramo 2

c) Resultado final

Los elementos entregados al Inspector Fiscal e instalados en su equipo son:

- Planilla de Control de Rellenos
  Después de efectuados los rellenos, la planilla de *Control de Rellenos.xslx* tomó el siguiente aspecto:

CONTROL DE RELLENOS

= Rellenos listos | = caso destacable | = < 40 años de datos
= falta definición | = en desarrollo | = problema de datos
= descartado por Hidrología o reemplazado por otro caso | = hay indicaciones especiales de la DH

Región	Estación Base	Años con Datos	Cantidad de Períodos a rellenar (apx)					Meses de los Rellenos				Condiciones para el relleno			Observaciones
			<1 mes	1 a 3 meses	3 a 6 meses	7 a 12 meses	>12 meses	Ene a Marzo	Abril a Junio	Julio a Sept	Oct a Dic	Abordable	Analizar afluentes	Especial	
I Región de Tarapacá															
1	01050002-8 Río Piga en Coyacagua	39	36	1				11	9	7	10	Si	Si		Tiene + datos que los informados. Caudales bajísimos (< 0.3 m3/s)
XV Región de Arica y Parinacota															
2	01201003-6 Río Lluta en Alcérreca	39	33	8	2	2	1	20	14	7	12	?	Si		Tiene + datos que los informados. 18 meses s/medics pre Oct 1981.+ 4 períodos largos sin medics
3	01310002-0 Río San José en Ausipar	40	22	5	1			12	9	4	4	?	Si		Inicio May '67; Falta Nov '72 - Mar '90.
II Región de Antofagasta															
4	02105002-4 Río Salado en Sifón Ayquina	35	9	1		1	1	6	3	3	2	?	Si		Inicio Mar'75. Falta: 35 meses Ene'86-Nov'88, 9 meses Mar'08-Ene-09
5	02110001-3 Río Loa en Escorial	40	4	2		1		3	2	3	2	?	Si		Medics intermitentes Mar '64 - Abr '77; pero 23 años s/medics pre Ene '04. Faltan 8 meses en 2010
III Región de Atacama															
	03430001-1 Río Copiapó en Lautaro	40	7	3				1	5	2	2	Si	Si		
	03430003-8 Río Copiapó en Pastillo	40	12	1	4	1		5	3	6	8	?	Si		Faltan 44 meses 1987-1991
	03806001-5 Río Tránsito antes Junta Río Carmen	40	28	2	1			7	7	9	8	Si	Si		
	03820001-1 Río Huasco en Algodones	16	5					2	2	1		Si	Si		Inicio Ene 94 incompleto. Tiene más datos que los informados; falta de datos 1988-1992 lo revisará Ismael Pastén
IV Región de Coquimbo															
	04320001-1 Elqui en Algarrobal	40	4	1				2	1	1	1	Si	Si		
	04511002-8 Río Grande en Las Ramadas	40	9	2	1	1		6	1	4	4	?	Si		Faltan 7 meses inic de 1981, pero hay apoyo en Nov 1980
	04703002-1 Río Choapa en Cuncumen	40	8					1	1	2	3	Si	Si		
6	04723001-2 Illapel en Huintil	40	9	4				2	2	4	3	Si	Si		
V Región de Valparaiso															
7	05100001-3 Río Sobrante en Piñadero	40	19	13	1			8	10	8	7	Si	Si		
8	05110002-6 Río Petorca en Peñon o Hierro Viejo	40	14	3		1	1	7	5	8	3	?	Si		21 meses sin datos 1982 - 1984
9	05200001-7 Río Alicahue en Colliguay	40	10	4	1		1	3	5	5	3	?	Si		20 meses sin datos 1980 - 1981, con apoyo en Feb 1980
	05410002-7 Río Aconcagua en Chacabuquito	40	4	1					2		2	Si	Si		
	05410005-1 Río Aconcagua en San Felipe	40	12	3				3	1	4	5	Si	Si		Faltan 15 ds Ene 1981, SIN apoyo inicial: se generó apoyo previo el 31 Dic 1980 para poder rellenar
10	05414001-0 Río Putaendo en Resguardo Los Patos	40	6	1	2	2		4	6	7	3	?	Si		3 períodos largos 1981 - 1986 sin datos
Región METROPOLITANA															
	05710001-K Río Maipo en El Manzano	40	23	1		1		7	9	5	4	Si	Si		
	05716001-2 Río Angostura en Valdivia de Paine	29	3		1			2	1	1	1	Si	Si		Mediciones desde Junio 1981
	05722002-3 Río Mapocho en Los Almendros	39	7					3	2	1		Si	Si		Inicio Ene'61. Hay más datos que los informados.

Las estaciones en verde son las completadas en 2011, las de color cyan son las del presente proyecto. Al terminar este proyecto, todas las estaciones de la Red de Sequía quedaron con sus series estadísticas completas, salvo *Canal de la Luz en Chillán*, que fue excluida de la red, y *Río Ñuble en San Fabián N° 1*, cuyas mediciones se integraron con *Río Ñuble en San Fabián N° 2*
Las 33 estaciones completadas fueron:

XV Región de Arica y Parinacota
01050002-8 Río Piga en Coyacagua
01201003-6 Río Lluta en Alcérreca

I Región de Tarapacá
01310002-0 Río San José en Ausipar

II Región de Antofagasta
02105002-4 Río Salado en Sifón Ayquina
02110001-3 Río Loa en Escorial

IV Región de Coquimbo
04723001-2 Illapel en Huintil

V Región de Valparaiso
05100001-3 Río Sobrante en Piñadero
05110002-6 Río Petorca en Peñon o Hierro Viejo
05200001-7 Río Alicahue en Colliguay
05414001-0 Río Putaendo en Resguardo Los Patos

VI Región de O'Higgins
06008005-4 Río Cachapoal en Puente Termas de Cauquenes
06035001-9 Río Tinguiririca en Los Olmos
06132001-6 Estero Nilahue en Santa Teresa

VII Región del Maule
07112001-5 Río Colorado en Junta con Palos
07321002-K Río Maule en Armerillo
07354002-K Río Achibueno en La Recova

VIII Región del Bío Bío
08106002-9 Río Ñuble en San Fabián N° 2
08141001-1 Río Itata en Coelemu
08380001-1 Río Laja en Tucapel

IX Región de la Araucanía
09404001-9 Río Allipén en Los Laureles
09433001-7 Río Puyehue en Quitratue
09434001-2 Río Donguil en Gorbea
09437002-7 Río Toltén en Teodoro Schmidt

XIV Región de los Ríos
10102001-0 Río Liquiñe en Liquiñe
10134001-5 Río Cruces en Rucaco
10311001-0 Río Bueno en Bueno

X Región de los Lagos
10356001-2 Río Negro en Chahuilco
11143001-2 Río Cisnes ante Junta Río Moro
11317001-8 Río Simpson bajo Junta Coyhaique
11536004-3 Río Baker en Angostura Chacabuco
12284006-9 Río Las Chinas en Cerro Guido
12582001-8 Río San Juan en Desembocadura
12802001-2 Río Side en Cerro Sombrero

En el Anexo 1 - Nómina de Rellenos se presenta el detalle de las estadísticas completadas

- **Archivos en equipos de la DH**
  En esos equipos quedaron instaladas todas las carpetas con las Memorias de Trabajo, planillas Excel con el cálculo de las regresiones e imágenes con algunos gráficos usados durante el análisis.
  También quedaron la *Planilla de Control de Rellenos* y la *Planilla de Caudales Medios Mensuales*

- **Base de Datos CauCom actualizada**
  Contiene los caudales medios diarios de las estaciones de la Red y quedó actualizada en la Base de Datos *BNA2000*, en el servidor del Data Center. Es importante mencionar que *Sequoia Ltda.* guarda respaldos de ella y de todos los programas de aplicación.

- **Programas ajustados**
  En el equipo del Inspector Fiscal quedaron instalados los programas ejecutables; en el equipo de Desarrollo (Of.Satelital), los fuentes y los ejecutables.
  Ver en el capítulo d) Ajustes y mejoras al programa AnRel las mejoras realizadas.

- **Planilla de Qs Medios Mensuales**
  Constituirá el principal elemento de trabajo para la División de Hidrología en la operación de la Red de Sequía pues en ella se resume el contenido de la Base de Datos *CauCom* . Se preparó esta planilla por considerarla de utilidad, a pesar de que no estaba solicitada en las Bases

  Para cada estación contiene:
  - Identificación de la estación y período con mediciones en que se basan sus resultados
  - Caudales Medios Mensuales (m3/seg)
  - Caudales Medios Mensuales Máximos (m3/seg) y Año del máximo
  - Caudales Medios Mensuales Mínimos (m3/seg) y Año del mínimo

  A continuación un extracto de la planilla de Qs Medios Mensuales - Resumen:
  (En el archivo *.pdf se puede ampliar a 200% para visualizar el contenido con claridad)

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - DETALLE POR AÑO

(Se suprimen años incompletos al inicio y fin del período considerado)

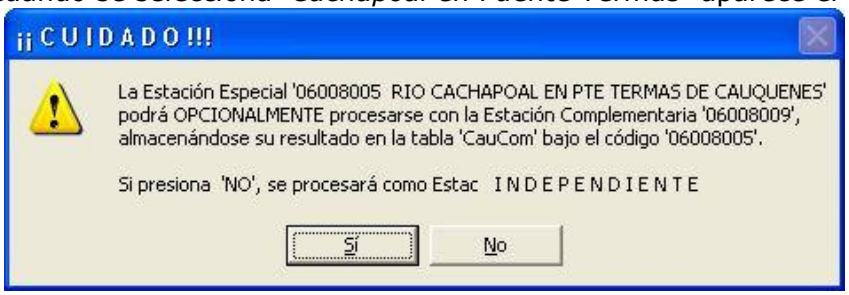
Estación	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
01050002-8 Río Piga en Coyacagua	1981	0.13	0.16	0.17	0.16	0.17	0.16	0.16	0.11	0.11	0.11	0.13	0.19	**0.15**
	1982	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.13	0.11	0.07	0.07	0.08	0.11	**0.11**
	1983	0.11	0.13	0.18	0.18	0.17	0.19	0.17	0.16	0.17	0.16	0.17	0.20	**0.17**
	1984	0.32	0.33	0.16	0.14	0.13	0.14	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	**0.16**
	1985	0.16	0.18	0.21	0.17	0.18	0.20	0.19	0.19	0.17	0.17	0.17	0.16	**0.18**
	1986	0.09	0.09	0.11	0.10	0.13	0.15	0.14	0.15	0.13	0.10	0.10	0.11	**0.12**
	1987	0.32	0.16	0.14	0.14	0.15	0.17	0.17	0.16	0.16	0.17	0.09	0.09	**0.16**
	1988	0.10	0.10	0.12	0.15	0.17	0.18	0.16	0.12	0.12	0.14	0.15	0.14	**0.14**
	1989	0.08	0.14	0.17	0.17	0.15	0.12	0.10	0.15	0.15	0.14	0.15	0.16	**0.14**
	1990	0.12	0.16	0.19	0.15	0.16	0.14	0.14	0.09	0.08	0.08	0.10	0.12	**0.13**
	1991	0.12	0.09	0.12	0.14	0.16	0.14	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	**0.12**
	1992	0.10	0.11	0.11	0.12	0.10	0.09	0.09	0.07	0.07	0.08	0.10	0.11	**0.10**
	1993	0.13	0.12	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.12	**0.11**
	1994	0.12	0.13	0.13	0.12	0.08	0.10	0.14	0.14	0.11	0.10	0.11	0.12	**0.12**
	1995	0.09	0.10	0.16	0.17	0.15	0.15	0.14	0.13	0.10	0.10	0.08	0.09	**0.12**
	1996	0.11	0.13	0.14	0.15	0.21	0.20	0.17	0.17	0.16	0.11	0.12	0.13	**0.15**
	1997	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.17	0.16	0.14	0.12	0.12	0.14	0.10	**0.12**
	1998	0.09	0.09	0.08	0.12	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.11	**0.10**
	1999	0.11	0.16	0.21	0.20	0.21	0.21	0.19	0.19	0.14	0.09	0.09	0.10	**0.16**
	2000	0.14	0.11	0.08	0.09	0.07	0.15	0.16	0.14	0.11	0.11	0.10	0.10	**0.12**
	2001	0.10	0.28	0.20	0.21	0.20	0.24	0.23	0.21	0.16	0.11	0.11	0.12	**0.18**
	2002	0.10	0.13	0.12	0.12	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.11	0.10	**0.12**
	2003	0.12	0.11	0.12	0.11	0.11	0.13	0.16	0.14	0.11	0.10	0.10	0.10	**0.12**
	2004	0.12	0.14	0.14	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.16	0.13	0.11	0.11	**0.15**
	2005	0.12	0.26	0.12	0.11	0.12	0.14	0.20	0.18	0.17	0.15	0.13	0.11	**0.15**
	2006	0.13	0.31	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.22	0.21	0.19	0.18	0.19	**0.22**
	2007	0.19	0.15	0.13	0.14	0.15	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.14	**0.16**
	2008	0.18	0.13	0.13	0.15	0.15	0.17	0.18	0.17	0.14	0.15	0.12	0.11	**0.15**
	2009	0.12	0.14	0.12	0.14	0.23	0.24	0.19	0.14	0.13	0.11	0.11	0.10	**0.15**
	2010	0.11	0.11	0.12	0.14	0.15	0.14	0.15	0.12	0.13	0.14	0.17	0.21	**0.14**
	Promedio	**0.13**	**0.15**	**0.14**	**0.15**	**0.15**	**0.16**	**0.16**	**0.14**	**0.13**	**0.12**	**0.12**	**0.13**	**0.14**
01201003-6 Río Lluta en Alcérreca	1981	6.30	17.75	4.96	2.13	1.70	1.20	1.12	1.17	1.06	0.99	0.90	1.28	**3.28**
	1982	1.90	3.29	1.44	1.20	1.25	1.33	1.20	1.13	1.36	1.07	0.86	1.16	**1.42**
	1983	0.87	0.89	1.26	1.06	1.14	1.33	1.31	1.29	1.05	0.94	0.98	1.09	**1.10**
	1984	2.58	7.22	3.35	1.94	1.40	1.51	1.46	1.43	1.25	1.07	1.44	1.13	**2.13**
	1985	1.11	6.86	4.05	3.17	1.52	0.90	1.93	1.77	1.03	0.92	1.24	1.42	**2.13**

d) Ajustes y mejoras al programa *AnRel*

Para facilitar el trabajo con el programa se incorporaron las siguientes nuevas funcionalidades:

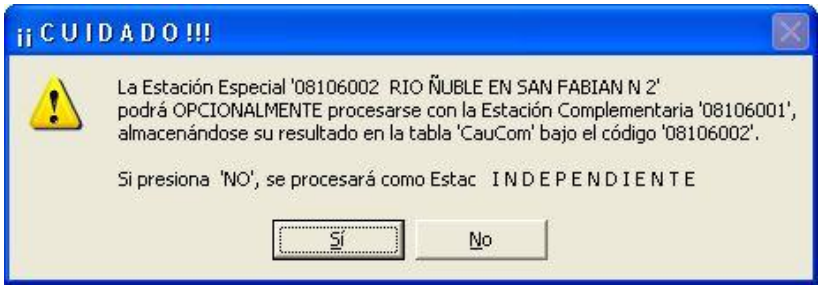
- **Posibilidad de "sumar" el caudal de 2 estaciones**

  Permite integrar los caudales de la estación
  06008005-4 Río Cachapoal en Puente Termas de Cauquenes con los de
  06008009-7 Canal Sauzal en Puente Termas,
  donde esta última mide la extracción en el canal y está ubicada antes de *Cachapoal en Puente Termas*. En el fondo, esto permite operar con el Caudal Natural del cauce, que en este caso es muy simple de calcular.
  El programa considera este caso dentro del código y, para eventualmente agregar otros casos similares, habría que intervenirlo.
  Para que el operador decida si manejará la estación en forma independiente o integrada, cuando se selecciona *Cachapoal en Puente Termas* aparece el mensaje



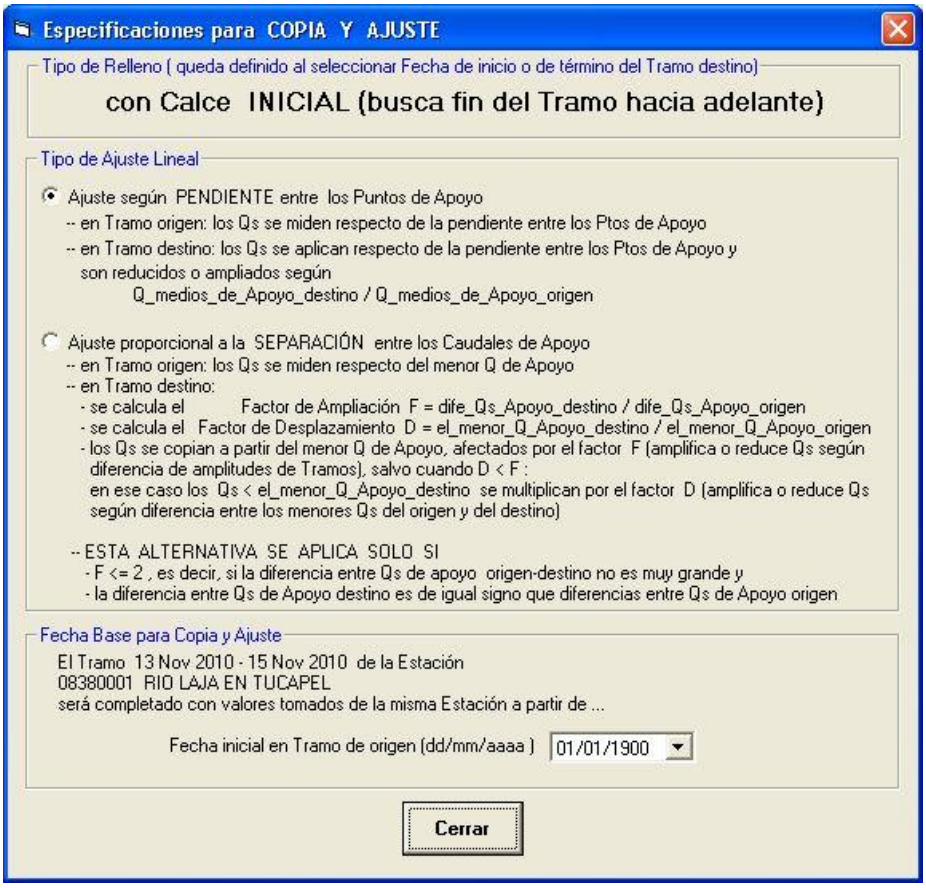
- **Posibilidad de "acoplar" los caudales de 2 estaciones**

  Cuando una estación ha sido reemplazada por otra cercana, y las mediciones de ambas se complementan, es posible acoplar las mediciones de la estación reciente a continuación de las de la más antigua. Este es el caso de
  08106001-0 Río Ñuble en San Fabián y de
  08106002-9 Río Ñuble en San Fabián N° 2
  El programa también considera este caso dentro del código y, para eventualmente agregar otros casos similares, habría que intervenirlo.
  Para que el operador decida si manejará la estación en forma independiente o integrada, cuando se selecciona *Ñuble en San Fabián N° 2* aparece el mensaje



- **Nuevas fórmulas de interpolación en la opción de Copia y Ajuste manual**

  Se introdujeron nuevas modalidades de interpolación que permiten preservar de mejor forma los tramos interpolados entre 2 puntos de apoyo, y además evitan que aparezcan caudales negativos. Después de haber elegido el tramo que se interpolará, al momento de seleccionar el período a usar como modelo, aparece una pantalla autoexplicativa para que el operador elija una de las 2 modalidades de interpolación:



- **Copia y Ajuste manual indicando última posición**

Esto permite al operador seleccionar la última fecha hasta donde quiere copiar (en lugar de la primera), evitando tener que hacer cálculos de diferencia de fechas

Para permitir la operación de estas nuevas funciones fue necesario ampliar las dimensiones de 15 → 24 en los arrays FS(,), VS(,), FD(,) y VD(,)

e) Nómina de Rellenos

La planilla ***...\Control de Rellenos.xlsx*** contiene el estudio de calidad de mediciones de todas las estaciones de la Red de Sequía. Su 2da hoja contiene la nómina de los rellenos realizados y un comentario general sobre las particularidades del procedimiento de cada caso. Tal como se recomienda en la Metodología, el detalle de las decisiones tomadas se encuentra en el archivo "**Memoria de Trabajos**" en la carpeta de cada estación. La nómina de rellenos completa está en el **Anexo 1** que sigue :

2. Anexo 1 – Nómina de Rellenos

Estación Base	Observaciones	Año de desarroll
XV Región de Arica y Parinacota		
01201003-6 Río Lluta en Alcérreca	Caso estándar - se usaron 2 Regresiones que rellenaron 49 de 51 períodos sin mediciones, usando interpolaciones directas y por "acople" de ambas Regresiones; los 2 períodos no cubiertos fueron completados con la técnica de Copia y Ajuste	2012
01310002-0 Río San José en Ausipar	Caso estándar - se usaron 2 Regresiones que rellenaron 30 de 32 períodos sin mediciones, usando interpolaciones directas y por "acople" de ambas Regresiones; los 2 períodos no cubiertos fueron completados con la técnica de Copia y Ajuste	2012
I Región de Tarapacá		
01050002-8 Río Piga en Coyacagua	Caso estándar - se usó 1 sola Regresión que rellenó 42 de 48 períodos sin mediciones; los 6 no cubiertos fueron completados con la técnica de Copia y Ajuste	2012
II Región de Antofagasta		
02105002-4 Río Salado en Sifón Ayquina	Caso difícil: - se usaron 2 parejas de Regresiones: con Regr 1 y 2 se completaron 13 de 15 períodos (incluyendo "acople"); con Regr 3 y 4 se completaron 4 períodos - los períodos faltantes se llenaron con la técnica de Copia y Ajuste	2012
02110001-3 Río Loa en Escorial	Caso muy complejo, con 24 años faltantes antes de 2004: - 1 sola estación de apoyo: Loa en Yalquincha, muy cercana a Loa en Escorial pero con correlación pobre, falta aclarar hidrología; se le rellenan períodos faltantes entre 1984 y 2006 - Regr de 2 Tramos muy mala (r2= 0.401 y 0.399 para cada Tramo), interpolación con ptos.ficticios de apoyo en Enero de cada año entrega Qs < 0 - Se usó Regr de 1 solo Tramo con r2= 0.469, buena en todos los períodos rellenados, pero el resultado no es confiable	2012
III Región de Atacama		
03430001 - Río Copiapó en Lautaro	(a) Salida de embalse Lautaro, con caudales bajísimos y de valores tremendamente irregulares (b) Regresión única resultó mejor de lo esperado y se utiliza plenamente	2011
03430003 - Río Copiapó en Pastillo	(a) se rellenó un período de casi 4 años (b) los apoyos disponibles del 14 Dic'84 y 30 Jul'87 eran los peaks de crecidas, por lo que los Rellenos con Regresiones partieron de ahí y dejaron Qs muy altos. Se corrigió generándose puntos de apoyo ficticios simulando la bajada de Q 3 días después del máx de la crecida	2011
03806001 - Río Tránsito ante de Junta Río Carmen	4 Regresiones con vigencias parciales se complementan para cubrir todos los períodos faltantes. Incluso se pudo descartar un relleno de la Regr 2 por otro de la Regr 4 con > r2	2011
03820001-1 Río Huasco en Algodones	Caso estándar - se usó 1 sola Regresión que rellenó los 21 períodos sin mediciones, incluso uno de 5.5 años	2012

Estación Base	Observaciones	Año de desarroll
IV Región de Coquimbo		
04320001 - Elqui en Algarrobal	Caso bastante estándar: - se usaron 2 Regresiones que rellenaron los 6 períodos sin mediciones	2011
04511002 - Río Grande en Las Ramadas	(a) hay corrección de valores anómalos (b) se usaron 2 Regresiones que rellenaron 8 de 14 períodos sin mediciones, incluyendo 2 con ACOPLE - los 6 períodos restantes corresponden a falta de datos en Estcs de Referencia, resueltos como sigue: *** se ajustó la Estación de Referencia Tascadero en Desembocadura para tener pto.de Apoyo previo a 01 Ene 81 *** se ajustaron mediciones en Tascadero en Desembocadura y Grande en Cuyano para que pudieran usarse las Regresiones	2011
04703002 - Río Choapa en Cuncumen	Caso bastante estándar: - se usaron 2 Regresiones que rellenaron 5 de 9 períodos sin mediciones - los 4 Tramos restantes se completaron con Copia y Ajuste	2011
04723001-2 Illapel en Huintil	Caso estándar: - se evaluan 3 Regrs de 3 Tramos c/u debido a la clara diferencia de Qs según la temporada - con Regr 1 y 2 se completan 8 períodos sin mediciones - 14 períodos se rellenan combinando los 3 Tramos de la Regr 3	2012
V Región de Valparaiso		
05100001-3 Río Sobrante en Piñadero	Caso estándar: 1 sola regresión sirve para completar los 33 períodos sin datos	2012
05110002-6 Río Petorca en Peñon o Hierro Viejo	Caso estándar: Se evaluaron 2 regresiones, seleccionándose la 2da; con ella se completaron los 25 períodos sin mediciones	2012
05200001-7 Río Alicahue en Colliguay	Caso estándar - con 1 sola Regresión se rellenaron 18 de 20 períodos sin mediciones; los 2 períodos faltantes se completaron con la técnica de Copia y Ajuste	2012
05410002 - Río Aconcagua en Chacabuquito	Caso bastante estándar: - se usaron 2 Regresiones que rellenaron los 4 períodos sin mediciones	2011
05410005 - Río Aconcagua en San Felipe	Caso bastante estándar - se usaron 2 Regresiones que rellenaron 16 de 19 períodos sin mediciones, incluyendo 2 con ACOPLE - los 3 períodos restantes se completaron con Copia y Ajuste	2011
05414001-0 Río Putaendo en Resguardo Los Patos	Con 1 sola Regresión se rellenaron los 11 períodos sin mediciones; debió crearse un punto de apoyo ficticio para aplicarla a un período largo (28 Oct'83 - 31 Ago'84)	2012

Estación Base	Observaciones	Año de desarroll
Región METROPOLITANA		
05716001 - Río Angostura en Valdivia de Paine	Caso estándar - NO se usaron regresiones pues los períodos sin mediciones eran de sólo 1 ó 2 días, se rellenaron con Copia y Ajuste	2011
05710001 - Río Maipo en El Manzano	(a) Caso estándar - se usaron 2 Regresiones que rellenaron 21 de 28 períodos sin mediciones - 6 de los 7 períodos restantes se completaron con Copia y Ajuste (b) para el período 17-22 Jun 1997 faltaban datos de las Regresiones múltiples, se preparó otra Regresión simple especial por tratarse de un crecida importante	2011
05722002 - Río Mapocho en Los Almendros	Caso bastante estándar - se usó 1 Regresión que rellenó 9 de 11 períodos sin mediciones - los 2 períodos restantes se completaron con Copia y Ajuste	2011
VI Región de O'Higgins		
06008005-4 Río Cachapoal en Puente Termas de Cauquenes	Caso muy especial: - la estación mide el Q después de extracción en Canal Sauzal en Pte. Termas: debe calcularse el Q Natural sumando el canal al Q en Río Cachapoal en Pte.Termas (ajuste especial de programas) - con ello sólo hay medics desde 2006; pero hay Qs medios mensuales de ENDESA entre 1981 y 2003, los que se ingresan a la Base de Datos: - se completa período 2003-2006 usando regresión con Pangal en Pangal (aguas abajo) y poniendo cuidadosamente puntos de apoyo en los extremos del período	2012
06013001 - Río Claro en Hacienda Las Nieves	Caso difícil (a) se probaron 3 Regresiones con R2 < 0.4, se usó la menos mala (b) además, 2 Rellenos con Regresiones resultaron MAL porque los Puntos de Apoyo disponibles eran de Qs muy altos (ver 04 Jun 1987 y 04 May 1993): en ambos casos se introdujeron manualmente Puntos de Apoyo estimados (c) - se usó 1 Regresión que rellenó 28 de 35 períodos sin mediciones - los 6 períodos restantes se completaron con Copia y Ajuste	2011
06035001-9 Río Tinguiririca en Los Olmos	Caso con mediciones incompletas: - mediciones se inician en 2002, con extracciones muy irregulares y escasa correlación con estaciones vecinas - no se pudo extrapolar para completar mediciones previas a 2002 - breves períodos en 2002-2010 se completaron con regresiones por Tramos invierno-verano	2012
06132001-6 Estero Nilahue en Santa Teresa	Caso difícil: - cauce aislado en cuenca costera, sin otros cercanos con similar régimen pluvial; pero Purapel en Nivirilo (a 115 Km) es similar en crecidas, con él se construye regresión - con apoyo de pptacs de Nilahue Barahona que explican todas las crecidas, se completan los 59 períodos sin medics - medics de 2011 son tan malas que hacen poco confiable identificar eventual sequía	2012

Estación Base	Observaciones	Año de desarroll
VII Región del Maule		
07104002 - Río Teno Despues de Junta con Claro	Caso estándar - se usó 1 sola Regresión que rellenó los 2 períodos sin mediciones	2011
07112001-5 Río Colorado en Junta con Palos	Caso estándar - se usó 1 sola Regresión que rellenó los 59 períodos sin mediciones	2012
07115001 - Río Palos en Junta con Colorado	(a) muchos períodos a rellenar (43) (b) se usaron 2 Regresiones que rellenaron 39 de los 43 períodos sin mediciones, incluyendo 2 con ACOPLE (c) para completar uno de los períodos faltantes se rellenaron con Copia y Ajuste 2 períodos de la Estac de Referencia Teno después de Junta con Claro, para que una de las Regresiones pudiera calcularse y no diera "faltan medics"	2011
07321002-K Río Maule en Armerillo	Caso muy especial: - cauce muy intervenido, no hay medición directa del Q en régimen natural; éste se calcula diariamente con procedimiento muy elaborado, obteniéndose Q natural mensual 1962-2006 - se ingresó Q natural mensual a la Base de Datos: gráficamente se ve como escalones mensuales	2012
07354002-K Río Achibueno en La Recova	Caso especial: - estación iniciada en Nov'86, reemplazó a Achibueno en Los Peñascos (muy cercana): se unieron ambas series de mediciones - la serie integrada se completó con método estándar usando 3 regresiones y rellenos con Copia y Ajuste	2012
07359001 - Río Loncomilla en Las Brisas	Caso estándar con muchos períodos a rellenar (30) - se usaron 2 Regresiones que rellenaron 27 de los 30 período sin mediciones, incluyendo 1 con ACOPLE - los 3 períodos restantes se completaron con Copia y Ajuste	2011
VIII Región del Bío Bío		
08106002-9 Río Ñuble en San Fabián N° 2	Caso especial: - estación iniciada en Mar'99, reemplazó a Ñuble en S.Fabián N° 1: se unieron ambas series de mediciones - los 25 períodos faltantes en la serie integrada se completaron usando 1 regresión y rellenos con Copia y Ajuste	2012
08117009 - Canal de la Luz en Chillán	Se suprimió de la Red de Sequía	2012
08130002 - Río Diguillín en San Lorenzo	Caso estándar - se usó 1 sola Regresión que dejó 2 períodos sin mediciones, los que se completaron con Copia y Ajuste	2011
08141001-1 Río Itata en Coelemu	Caso bastante estándar - se usó 1 regresión para completar 14 de los 17 períodos faltantes; los restantes se completaron con Copia y Ajuste	2012
08317001 - Río Bío Bío en Rucalhue	Caso estándar - NO se usaron regresiones pues los períodos sin mediciones eran de sólo 1 ó 2 días, se rellenaron con Copia y Ajuste	2011
08380001-1 Río Laja en Tucapel	Caso muy especial: - faltan mediciones 1981-2000, se aprovecha excelente correlación con Laja en Puente Perales - con pto.de apoyo en 01 Ene 1981 (proporcional a Qs medios anuales) se completó período 1981-2000 - 1 solo día se completó con Copia y Ajuste	2012
08394001 - Río Bío Bío en Desembocadura	Caso bastante estándar - se usaron 2 Regresiones que rellenaron 8 de 14 Tramos sin mediciones, incluyendo 2 con ACOPLE - los 6 Tramos restantes se completaron con Copia y Ajuste	2011

Estación Base	Observaciones	Año de desarroll
IX Región de la Araucanía		
09116001 - Río CholChol en CholChol	Caso estándar - 1 sola Regresión cubrió todos los períodos sin mediciones	2011
09129002 - Río Cautín en Cajón	Caso estándar - 1 sola Regresión cubrió todos los períodos sin mediciones	2011
09404001-9 Río Allipén en Los Laureles	Caso estándar - 1 sola Regresión cubrió todos los períodos sin mediciones	2012
09433001-7 Río Puyehue en Quitratue	Caso bastante estándar - se usó 1 regresión para rellenar 13 de 16 períodos sin mediciones - los 3 períodos restantes se completaron con Copia y Ajuste usando fechas con similares perfiles de pptaciones	2012
09434001-2 Río Donguil en Gorbea	Caso estándar - 1 sola Regresión cubrió los 8 períodos sin mediciones	2012
09437002-7 Río Toltén en Teodoro Schmidt	Caso especial: - faltan mediciones 1981-1990, se aprovecha excelente correlación con Allipen en los Laureles y Tolten en Villarica - con pto.de apoyo en 01 Ene 1981 (que replica la ecuación de regresión) se completó período 1981-1990 y 10 períodos faltantes - no hubo rellenos manuales	2012
XIV Región de los Ríos		
10102001-0 Río Liquiñe en Liquiñe	Caso bastante estándar - se usaron 2 regresiones para rellenar 55 de 59 períodos sin datos - los 4 períodos restantes se completaron con Copia y Ajuste	2012
10134001-5 Río Cruces en Rucaco	Caso bastante estándar - se usó 1 regresión para rellenar 6 de 9 períodos sin mediciones, 1 de ellos con acople - los 3 períodos restantes se completaron con Copia y Ajuste	2012
10311001-0 Río Bueno en Bueno	Caso especial: - faltan mediciones 1981-2002, se aprovecha correlación aceptable con Pilmaiquen en San Pablo - períodos cortos faltantes en Pilmaiquen en San Pablo se completan con Copia y Ajuste - con pto.de apoyo en 01 Ene 1981 (proporcional a Qs medios anuales) se completó período 1981-2002 - no hubo rellenos manuales	2012
X Región de los Lagos		
10356001-2 Río Negro en Chahuilco	Caso difícil: - 3 regresiones con Rahue en Forrahue formaron varios buenos rellenos, pero en otros dieron Qs < 0 - se prepara regresión N° 4 manual muy simple que evita Qs < 0 - no hubo rellenos manuales	2012

lll. Fórmulas de Validación

1. Trabajos Realizados

Los trabajos realizados fueron:

a) Revisión de la actual instalación de los sistemas de *Fórmulas de Validación*

- **Revisar la documentación Fórmulas de Validación y los sistemas ya construidos**
  Se revisaron los siguientes capítulos de la documentación

  Del sistema Satelital :
  - Capítulo "*Nuevas Funciones para emitir Informes – Sistema Satelital*", tomado del informe del proyecto "*Actualización e Implementación de Modelos Hidrológicos Computacionales – Etapa II*" de Diciembre de 2010. Describe la preparación de planillas Excel con generación automática de gráficos y análisis de regresión
  - Capítulo "*Fórmulas de Verificación de Parámetros*", tomado de la documentación del Sistema Satelital disponible en la División de Hidrología

  Del sistema BNA :
  - Capítulo "*Nuevas Funciones para emitir Informes – B N A*", tomado del informe del proyecto "*Actualización e Implementación de Modelos Hidrológicos Computacionales – Etapa II*" de Diciembre de 2010. Describe la preparación de planillas Excel con generación automática de gráficos y análisis de regresión
  - Capítulo "*Fórmulas de Verificación de Parámetros*", tomado de la documentación complementaria del BNA disponible en la Div.deHidrología

  La revisión de la documentación anterior se complementa con el informe del proyecto "*Actualización de Implementación de Modelos Hidrológicos Computacionales – Etapa Aplicaciones*", de Agosto de 2011

- **Verificar la operatividad de la aplicaciones "*FmlVerif*" y "*ParmFml*" en la DH**
  - Se revisaron las carpetas en que están instalados los programa fuente y ejecutables de "*FmlVerif*" (Fórmulas de Verificación) para el BNA y "*ParmFml*" (Parámetros de Fórmula) para el sistema Satelital, en el equipo de Desarrollo (en la Of.Satelital)
  - Se reinstalaron los programas ejecutables en el equipo del Inspector Fiscal, a quien se le había cambiado el PC
  - Se verificó que los programas "*FmlVerif*" y "*ParmFml*" estuvieran operando correctamente

b) Construcción y puesta en funcionamiento los modelos de Fórmulas de Validación

- **Elegir en conjunto con la DH las 6 regiones en que se desarrollarán los modelos**
  - Se eligieron las regiones III, IV, VII, VIII, IX y X
  - Las regiones abordadas en esta primera etapa del proeyecto fueron la III, IV y VII

- **Definir las estaciones para aplicar los modelos de Fórmulas de Validación**

Se estableció una metodología que abarca los siguientes pasos a ejecutar para cada región:

- Revisar en ARCGIS o Google Earth las estaciones disponibles en cada cuenca y seleccionar todos los posibles grupos de estaciones constituidos por una Estación Base (sus Qs serán la variable dependiente a modelar) y una o más Estaciones de Referencia ubicadas aguas arriba (sus Qs serán las variables independientes)

  En esta oportunidad las imágenes de Google Earth no fueron suficientes para conformar algunos grupos de estaciones por 2 razones:
  - ✓ las coordenadas geográficas de la Base de Datos BNA2000 no son suficientemente exactas para ubicar las estaciones en los cauces que están midiendo (muchas veces aparecen con precisión de minutos, sin segundos)
  - ✓ Los cauces mismos no son claramente distinguibles en la regiones del sur

  Para superar ese tema se contó con la colaboración del Geógrafo de la DH Sr.Javier Valdés C., quien aportó mapas tomadas de ARCGIS.

- Seleccionar sólo los grupos conformados por estaciones vigentes, con mediciones preferentemente entre 2006 y 2010, ya que ese será el período de muestreo estándar para preparar las futuras regresiones

- Definir en forma preliminar la calidad de las regresiones para cada uno de estos grupos, en base a Caudales Medios Diarios (las regresiones definitivas se calcularán con Caudales Instantáneos)

- Seleccionar sólo los grupos de estaciones con un Coeficiente de Determinación > 0.5, que indica que el modelo de regresión con Caudales Instantáneos tendrá una calidad razonable; bajo 0.5 es seguro que el modelo de regresión definitivo no será de utilidad

Para ejecutar las tareas anteriores se preparó en primer lugar un listado con las estaciones Fluviométricas por región, en que se indican la disponibilidad de mediciones y su Q Medio Anual en m3/seg. En este listado se descartan las estaciones que no están vigentes o no cuentan con mediciones entre 2006 – 2010 (período de muestreo), y tiene el siguiente aspecto:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1			De Tabla Gral de Estaciones		De Tabla Qs Medios Diarios		De otras Tablas		QMed Anual
2	Estado	Código - Nombre Estación	Inicio	Suspensión	1ra Medición	Últ.Medición	1ra Medición	Últ.Medición	
3		06033009-3 Canal Teno en Km. 13.465	01 Sep 2002	VIGENTE	30 Oct 2002	31 Mar 2012	30-Oct-02	30 Abr 2012	17.41
4		06033011-5 Estero Chimbarongo en Ruta 5	03 Abr 2008	VIGENTE	04 Abr 2008	31 Mar 2012	04-Abr-08	30 Abr 2012	5.85
5		06034022-6 Estero Chimbarongo Bajo Embalse Convento Viejo	03 Abr 2008	VIGENTE	05 Abr 2008	31 Mar 2012	05-Abr-08	30 Abr 2012	26.86
6		06034023-4 Estero Chimbarongo en Puente el Huape	28 Nov 2008	VIGENTE	01 Ene 2009	27 Mar 2012	27-Nov-08	27 Mar 2012	23.02
7		06035001-9 Río Tinguiririca en los Olmos (Ca)	01 Sep 2000	VIGENTE	27 Sep 2002	31 Mar 2012	27-Sep-02	30 Abr 2012	61.60
8		06043001-2 Estero Alhue en Quilamuta	11 May 1970	VIGENTE	11 May 1970	16 Ago 2011	11-May-70	16 Nov 2011	5.68
9		06053001-7 Lago Rapel en Llallauquen	12 Sep 2002	VIGENTE	SIN MEDICS	SIN MEDICS	24-Sep-02	30 Abr 2012	---
10		06132001-6 Estero Nilahue en Santa Teresa	01 Ene 1985	VIGENTE	02 Jul 1985	28 Mar 2012	02-Jul-85	28 Mar 2012	9.63
11		07102005-3 Río Teno Bajo Quebrada Infiernillo	14 Ene 1985	VIGENTE	14 Ene 1985	16 Nov 2011	14-Ene-85	26 Mar 2012	30.63
12		07103001-6 Río Claro en los Queñes	01 May 1929	VIGENTE	01 May 1929	31 Mar 2012	01-May-29	31 Mar 2012	20.53
13		07104002-K Río Teno después de Junta con Claro	29 Sep 1947	VIGENTE	29 Sep 1947	29 Feb 2012	29-Sep-47	30 Abr 2012	56.05
14		07112001-5 Río Colorado en Junta con Palos	11 Nov 1917	VIGENTE	11 Nov 1917	31 Mar 2012	11-Nov-17	30 Abr 2012	44.44
15		07115001-1 Río Palos en Junta con Colorado	01 May 1947	VIGENTE	01 May 1947	31 Mar 2012	01-May-47	30 Abr 2012	28.15
16		07116001-7 Estero Upeo en Upeo	15 Feb 1963	VIGENTE	15 Feb 1963	21 Feb 2012	15-Feb-63	12 Abr 2012	6.94
17		07123001-5 Río Mataquito en Licanten	20 Ene 1987	VIGENTE	20 Ene 1987	30 Abr 2012	01-Ene-87	30 Abr 2012	125.29
18		07200002-1 Río Huenchullami en Colpue	31 May 2011	VIGENTE	SIN MEDICS	SIN MEDICS	31-May-11	19 Abr 2012	---
19		07300001-7 Río Maule en Desague Laguna Del Maule	01 Nov 2002	VIGENTE	29 Ene 2004	30 Abr 2012	29-Ene-04	30 Abr 2012	19.44
20		07303000-5 Río Maule en los Baños	01 Nov 2002	VIGENTE	30 Oct 2002	25 Sep 2011	30-Oct-02	21 Mar 2012	61.22
21		07306001-K Río Cipreses en Dasague Laguna la Invernada	01 Nov 2002	VIGENTE	31 Oct 2002	07 Jul 2011	31-Oct-02	22 Feb 2012	5.13
22		07308000-2 Canal Ad. Maule C. Pehuenche	01 Sep 2002	VIGENTE	26 Sep 2002	30 Jun 2011	26-Sep-02	30 Abr 2012	99.01
23		07308001-0 Estero las Garzas	01 Sep 2002	VIGENTE	13 Sep 2002	30 Abr 2012	13-Sep-02	30 Abr 2012	3.67

En segundo lugar, se definieron los grupos de estaciones candidatas a formar modelos de Fórmulas de Validación, y se calcularon regresiones preliminares con Q Medios Diarios, obteniéndose sus Coeficientes de Determinación y % de Aceptación según un Rango de holgura definido en %.

También se indica si las estaciones del grupo son o no Satelitales: cuando todas son satelitales, el modelo de regresión podrá implantarse en el sistema Satelital y operar en tiempo real, es decir, enviar los eventuales mensajes de alerta en forma casi inmediata (con un rezago máximo de unas 5 horas). Desafortunadamente, ninguno de los modelos construidos tiene esa característica.

El informe resultante es del tipo :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	ESTUDIO GENERAL DE REGRESIONES- VII REGION																									
2																										
3				Coef de Determinación (r2) y #días con datos								%Tole = Tolerancia de Q Calculado vs Q Real								%Tole = Tolerancia de Q Calculado vs Q Real						
4	Estaciones Base y de Referencia				2006	2007	2008	2009	2010	Total		%BIEN = %(QReal-QCalc)/QReal ... Diario								%BIEN = %(QReal-QCalc)/QReal ... Mensual						
5																										
6	07104002-K Río Teno después de Junta con Claro	Satel		r2 -->	0.969	0.976	0.8	0.928	0.978	0.866		%Tole -->	5	10	20	40	70	100		%Tole -->	5	10	20	40	70	100
7	07102005-3 Río Teno Bajo Quebrada Infiernillo			#Días -->	365	365	292	365	359	1746		%BIEN -->	26.0	49.2	77.5	94.2	98.0	99.5		%BIEN -->	27.1	49.2	79.7	98.3	98.3	98.3
8	07103001-6 Río Claro en los Queñes																									
9																										
10	07123001-5 Río Mataquito en Licanten	Satel		r2 -->	0.69	0.74	0.83	0.785	0.573	0.718		%Tole -->	5	10	20	40	70	100		%Tole -->	5	10	20	40	70	100
11	07104002-K Río Teno después de Junta con Claro	Satel		#Días -->	312	337	319	365	361	1694		%BIEN -->	9.3	18.1	37.7	70.1	90.3	98.8		%BIEN -->	19.0	24.1	51.7	72.4	82.8	86.2
12	07112001-5 Río Colorado en Junta con Palos																									
13	07115001-1 Río Palos en Junta con Colorado																									
14	07116001-7 Estero Upeo en Upeo																									
15																										
16	07383001-K Río Maule en Forel	Satel		r2 -->	0.983	0.954	0.96	0.975	0.945	0.965		%Tole -->	5	10	20	40	70	100		%Tole -->	5	10	20	40	70	100
17	07322001-7 Río Maule en Longitudinal			#Días -->	361	358	350	364	303	1736		%BIEN -->	25.2	45.8	72.0	89.8	96.9	98.0		%BIEN -->	31.7	48.3	83.3	96.7	100.0	100.0
18	07359001-9 Río Loncomilla en las Brisas	Satel																								
19	07379002-6 Río Claro en Rauquen																									
20	07381001-9 Estero los Puercos en Puente los Puercos																									
21																										
22	07332001-1 Río Perquilauquen en Gniquen			r2 -->	0.782	0.797	0.876	0.815	0.795	0.789		%Tole -->	5	10	20	40	70	100		%Tole -->	5	10	20	40	70	100
23	07330001-0 Río Perquilauquen en San Manuel	Satel		#Días -->	306	365	332	365	364	1732		%BIEN -->	46.8	50.1	57.1	68.8	83.8	98.4		%BIEN -->	10.0	13.3	18.3	28.3	40.0	46.7
24																										
25	07350001-K Río Longavi en la Quiriquina	Satel		r2 -->	-999	-999	-999	-999	-999	-999		%Tole -->	5	10	20	40	70	100		%Tole -->	5	10	20	40	70	100
26	07350002-8 Río Bullileo en Santa Filomena			#Días -->	0	0	0	0	0	0		%BIEN -->	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		%BIEN -->	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	07350003-6 Río Longavi en el Castillo																									
28																										
29	07359001-9 Río Loncomilla en las Brisas	Satel		r2 -->	0.993	0.97	0.994	0.989	0.977	0.987		%Tole -->	5	10	20	40	70	100		%Tole -->	5	10	20	40	70	100
30	07354002-K Río Achibueno en la Recova			#Días -->	260	174	262	316	261	1273		%BIEN -->	21.6	40.5	68.1	92.9	98.7	99.7		%BIEN -->	40.7	51.9	79.6	98.1	100.0	100.0
31	07355002-5 Río Ancoa en el Morro																									
32	07357002-6 Río Loncomilla en Bodega																									
33	07358001-3 Río Putagan en Yerbas Buenas																									

- **Construir los modelos usando la metodología de Fórmulas de Validación**
  Para cada uno de los modelos se aplicó la metodología definida en la documentación del proyecto "*Actualización e Implementación de Modelos Hidrológicos Computacionales – Etapa Aplicaciones*", de Agosto de 2011, consistente en:
  - Analizar las características hidrológicas generales de las estaciones del modelo, en base a los gráficos de caudales y el entorno geográgico: períodos de régimen de caudales altos y bajos, extracciones por riego o canalizaciones, afluentes no medidos, efecto de embalses o lagos aguas arriba, etc.
  - Determinar los tramos de datos confiables y seleccionarlos como períodos de muestra para calcular las regresiones

- Generar los coeficientes estadísticos para los modelos de regresión, operación que es realizada automáticamente por los sistemas "*FmlVerif*" y "*ParmFml*" en planillas Excel
- Probar y ajustar los Tiempos de Tránsito y Límites Aceptados
- Registrar en la Memoria de Diseño los criterios y elementos usados en cada modelo
- Instalar, operar y verificar funcionamiento de los modelos definitivos

Los modelos construidos en las etapas I y II del proyecto fueron

III Región
03430003-8 Río Copiapó en Pastillo
03820001-1 Río Huasco en Algodones

IV Región
04308001-6 Río Turbio en Varillar
04314002-7 Río Claro en Rivadavia
04320001-1 Río Elqui en Algarroba
04523002-3 Río Grande en Puntilla San Juan
04730001-0 Río Choapa Aguas Arriba Estero La Canela
04711001-7 Río Choapa en Salamanca

VII Región
07104002-K Río Teno después de Junta con Claro
07123001-5 Río Mataquito en Licanten
07332001-1 Río Perquilauquen en Gniquen
07359001-9 Río Loncomilla en las Brisas
07383001-K Río Maule en Forel

VIII Región
08106002-9 Río Ñuble en San Fabian N 2
08124002-7 Río Itata en Trilaleo
08124001-9 Río Itata en General Cruz
08132001-2 Río Diguillin en Longitudinal
08135002-7 Río Itata en Balsa Nueva Aldea
08117005-3 Río Chillan en Camino a Confluencia
08140002-4 Río Itata en Paso Hondo
08141001-1 Río Itata en Coelemu
08319001-9 Río Biobio en Longitudinal
08334001-0 Río Biobio en Coihue
08358001-1 Río Vergara en Tijeral
08380001-1 Río Laja en Tucapel
08394001-8 Río Biobio en Desembocadura
08220001-0 Río Andalien Camino a Penco
08821006-9 Río Leiva en Puente Camino a Contulmo

IX Región
09116001-3 Río Cholchol en Cholchol
09129002-2 Río Cautin en Cajon
09123001-1 Río Cautin en Rari-Ruca
09135001-7 Río Quepe en Quepe
09140001-4 Río Cautin en Almagro

09414001-3 Río Trancura antes Río Llafenco
09404001-9 Río Allipen en los Laureles
09437002-7 Río Tolten en Teodoro Schmidt

En el Anexo 2 – Nómina de Modelos se presenta una nómina detallada de todas las Fórmulas de Validación desarrolladas en el proyecto.

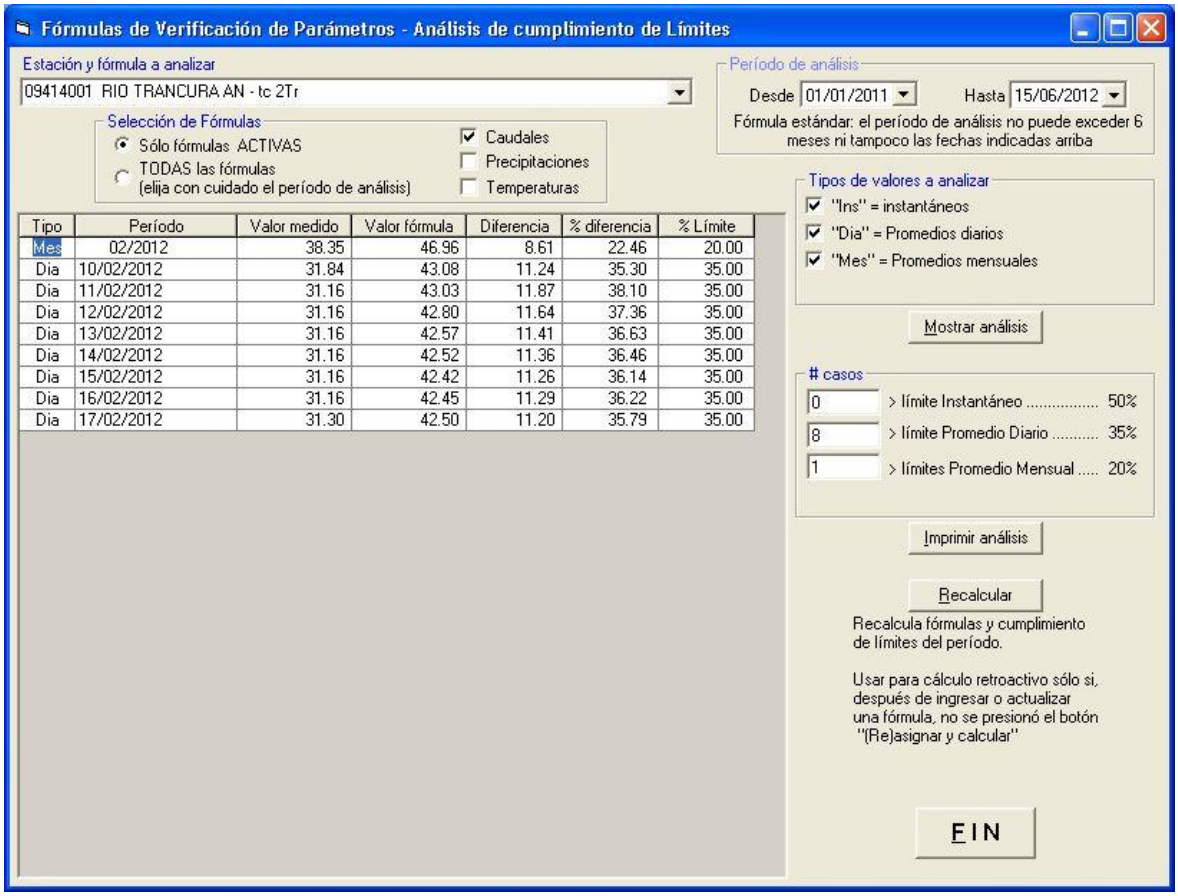
- **Instalar y evaluar los modelos usando mediciones históricas**
  Los modelos de arriba fueron evaluados para un período de prueba entre Enero de 2011 y Abril de 2012.
  Tal como había sido anticipado en nuestra oferta, los modelos de Fórmulas de Validación funcionan adecuadamente con caudales naturales y no toman en cuenta extracciones por riego, influencia de canalizaciones, precipitaciones ni temperaturas. A ello hay que agregar el factor de falta de precisión de las mediciones (o de la Curva de Descarga) en caudales bajos, lo que introduce un elemento de error adicional.

  En vista de lo anterior, sólo 14 de los 47 modelos construidos en esta etapa estimamos que son aptos para generar alertas automáticas (marcados con **Sí**):

1. 03430003-8 Río Copiapó en Pastillo
2. 03820001-1 Río Huasco en Algodones
3. 04308001-6 Río Turbio en Varillar
4. 04314002-7 Río Claro en Rivadavia
5. 04320001-1 Río Elqui en Algarrobal
6. 04523002-3 Río Grande en Puntilla San Juan
7. 04711001-7 Río Choapa en Salamanca
8. 04730001-0 Río Choapa Aguas Arriba Estero La Canela
9. 07104002-K Río Teno después de Junta con Claro **Sí**
10. 07123001-5 Río Mataquito en Licanten
11. 07332001-1 Río Perquilauquen en Gniquen
12. 07359001-9 Río Loncomilla en las Brisas
13. 07383001-K Río Maule en Forel **Sí**
14. 08106002-9 Río Ñuble en San Fabian N 2 **Sí**
15. 08117005-3 Río Chillan en Camino a Confluencia
16. 08124001-9 Río Itata en General Cruz
17. 08124002-7 Río Itata en Trilaleo
18. 08132001-2 Río Diguillin en Longitudinal
19. 08135002-7 Río Itata en Balsa Nueva Aldea **Sí**
20. 08140002-4 Río Itata en Paso Hondo **Sí**
21. 08141001-1 Río Itata en Coelemu
22. 08220001-0 Río Andalien Camino a Penco
23. 08319001-9 Río Biobio en Longitudinal
24. 08334001-0 Río Biobio en Coihue
25. 08358001-1 Río Vergara en Tijeral
26. 08380001-1 Río Laja en Tucapel
27. 08394001-8 Río Biobio en Desembocadura
28. 08821006-9 Río Leiva en Puente Camino a Contulmo
29. 09116001-3 Río Cholchol en Cholchol **Sí**
30. 09123001-1 Río Cautin en Rari-Ruca
31. 09129002-2 Río Cautin en Cajon **Sí**
32. 09135001-7 Río Quepe en Quepe

33.	09140001-4	Río Cautin en Almagro	
34.	09404001-9	Río Allipen en los Laureles	**Sí**
35.	09414001-3	Río Trancura antes Río Llafenco	**Sí**
36.	09437002-7	Río Tolten en Teodoro Schmidt	**Sí**
37.	10122003-6	Río Calle Calle en Pupunahue	**Sí**
38.	10328001-K	Río Pilmaiquen en San Pablo	
39.	10343002-K	Río Coihueco antes Junta Río Rahue	
40.	10344004-1	Río Rahue en Chan Chan	**Sí**
41.	10356001-2	Río Negro en Chahuilco	
42.	10364001-6	Río Rahue en Forrahue	
43.	10414001-7	Río Maullin en las Quemas	
44.	10431001-K	Río Lenca Bajo Bocatoma	
45.	10432002-3	Río Chamiza Ante Junta Río Chico	
46.	10523002-8	Río Puelo en Carrera Basilio	**Sí**
47.	10704002-1	Río Futaleufu Ante Junta Río Malito	**Sí**

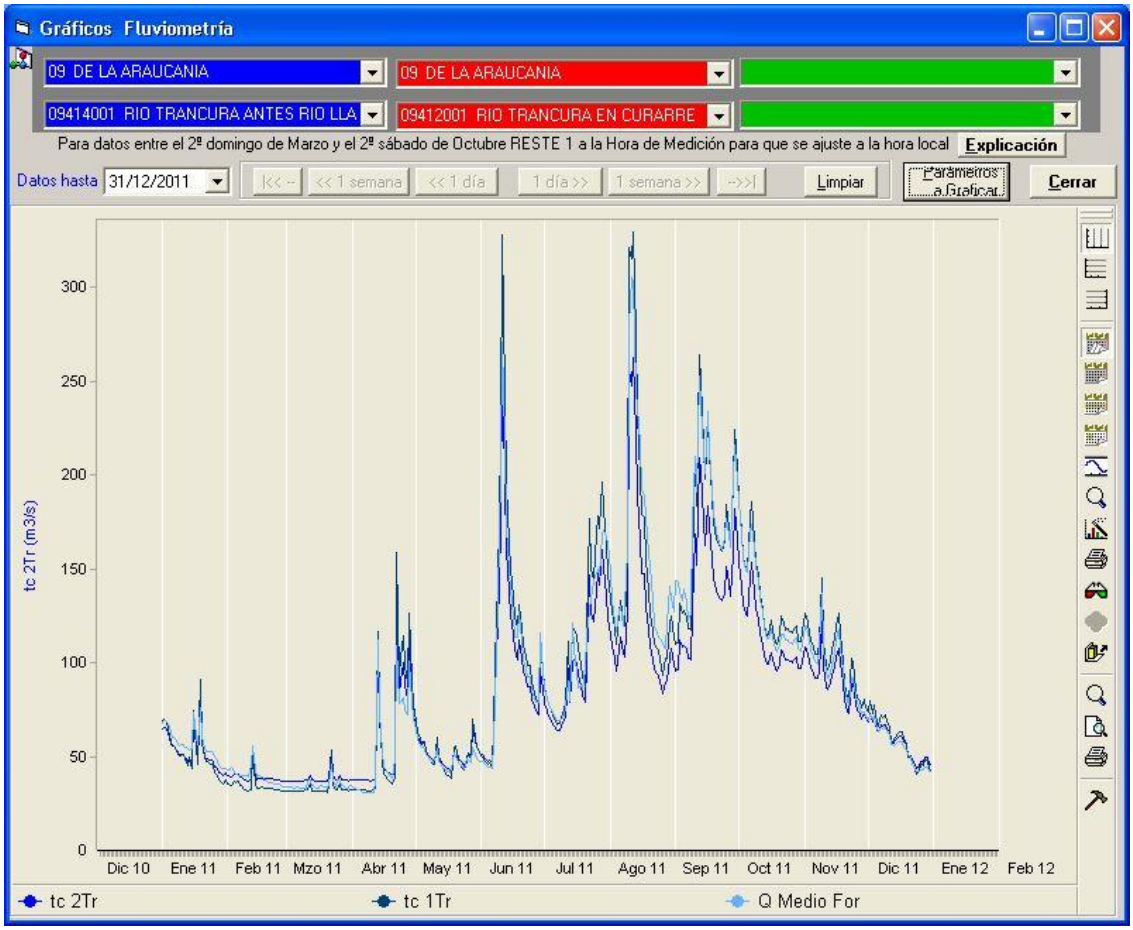
A modo de ejemplo, se presenta la pantalla del programa de *Verificación Manual* (*FmlVerfi_VerManu*) usado para evaluar *Río Trancura antes Río Llafenco*:



Los límites para alertas de esta evaluación fueron:

- Para valores Instantáneos : 50%
- Para valores Diarios : 35%
- Para valores Mensuales : 20%

El correspondiente gráfico de análisis para el período de las alertas es



Se aprecia la buena calidad de ambos modelos ("tc 2Tr" y "tc 1Tr").

- **Poner en marcha los modelos y supervisar los mensajes de advertencia**
  Los modelos fueron instalados y puestos en marcha en los equipos de la DGA, pero no se activaron los mensajes de advertencia. La División de Hidrología evaluará el comportamiento de los modelos a medida que se vayan obteniendo más resultados y determinará según ellos la activación de las alertas, para evitar el envío de falsos avisos.

- **Documentar la preparación de los modelos en una Memoria de Diseño**
  Se perfeccionó el modelo estándar de las Memorias de Trabajo, agregándose en todas ellas un gráfico de análisis del comportamiento de los modelos de la estación durante el año 2011.

  Ejemplo de la Memoria de *09116001-3 Río Cholchol en Cholchol* :

09116001-3 Río Cholchol en Cholchol

Buenas medics; QMed Anual = **132.28** m3/s

Estaciones Fluviométricas cercanas:

09113001-7	**Río Quillen en Galvarino**	--> QMed Anual = **20.04** m3/s; buenas medics
09102001-7	**Río Lumaco en Lumaco**	--> QMed Anual = **17.63** m3/s; buenas medics
09107001-4	**Estero Chufquen en Chufquen**	--> QMed Anual = **19.42** m3/s; buenas medics
09106001-9	**Río Quino en Longitudinal**	--> QMed Anual = **13.36** m3/s; buenas medics

Estas 4 Estacs confluyen p.formar el caudal de **Cholchol en Cholchol.**
Observando Google Earth y los QMed Anuales se aprecia que hay afluentes intermedios no medidos, que suman 61.83 m3/seg, el **47%** del caudal:
((20.04 + 17.63 + 19.42 + 13.36 = **70.45**) -132.28) = **-61.83**/132.28 = **46.8%**
En el gráfico se aprecia una buena correlación entre las 4 Estacs con **Cholchol en Cholchol.**
Fueron descartadas las Estacs **09104001-8 Río Traiguen en Victoria** y **09104002-6 Río Dumo en Santa Ana** porque:
. tienen Qs <<<, de orden de magnitud menor
. a mayor cantidad de Estacs en las Regrs, > es la probabilidad de no poder calcular la fórmula debido a falta de medics
(de hecho, el **r2** no pudo calcularse con Q Diarios por falta de datos en 2006, 2007 y 2008)
Con Qs Medios Diarios para el período 2009-2010 se obtuvo un r2 = **0.975**, muy bueno.

Regresiones generadas
Se prepararán Regrs con y sin diferenciación por Tramos de Qs

Regr 1: Regr Múltiple de **Cholchol en Cholchol** con (**Quillen en Galvarino**, **Lumaco en Lumaco**, **Estero Chufquen en Chufquen** y **Quino en Longitudinal**)
2 Tramos: para Qs > y <= 132 m3/s
. Período de muestreo: **Ene 1997 --> Dic 1997** (buena calidad de mediciones y amplio rango de Qs)
. Sólo medics con Banda Gráfica para las 5 estacs, por lo que se define Interpolación= 24 hras
. Tiempos de Tránsito Qs <= 132 m3/s, tomados del 01 May 1997:
Río Quillen en Galvarino = 6 hr <-- Estimación muy difícil x comportamiento irregular (son medics de **BANDA GRAFICA**)
Río Lumaco en Lumaco = 24 hr <-- Qs muy amortiguados, difícil determinar Tpo Tto
Río Estero Chufquen en Chufquen = 12 hr
Río Quino en Longitudinal = 12 hr

. Tiempos de Tránsito Qs > 132 m3/s, tomados del 20 y 21 Jun 1997:
Río Quillen en Galvarino = 4 hr <-- Estimación muy difícil x comportamiento irregular (son medics de **BANDA GRAFICA**)
Río Lumaco en Lumaco = 24 hr <-- Qs muy amortiguados, difícil determinar Tpo Tto
Río Estero Chufquen en Chufquen = 10 hr
Río Quino en Longitudinal = 10 hr

CONCLUSION: se toma 1 Regr para Qs Altos (Tramo 1) y otra para Qs bajos (Tramo 2)

Regr 1 - Tramo 1: para Qs <= **132** m3/s
Ver en "RIO DIGUILLIN E_Tramo 01 - Qs bajos.xlsx" , **r2** (Coef de Determinación) = **0.9741561** Excelente, casi = que con Qs diarios (= 0.975)
. Esto es notable, considerando las dudas e imperfecciones al fijar Tpos de Tto.
Para el período **Ene 1997 --> Dic 1997** :

Rango Q	%Aceptado
100.0%	99.8%
70.0%	99.8%
50.0%	99.4%
30.0%	98.0%
20.0%	91.4%
10.0%	58.6%
5.0%	25.1%

Para Qs instantáneos de 1997, levemente peor (< % aceptado) al obtenido con Qs diarios para 5 años de muestra (2006-2010)

Regr 1 - Tramo 2: para Qs > **132** m3/s
Ver en "RIO DIGUILLIN E_Tramo 02 - Qs altos.xlsx" , **r2** (Coef de Determinación) = **0.9743924** Excelente, casi = que con Qs diarios (= 0.975)
. Esto es notable, considerando las dudas e imperfecciones al fijar Tpos de Tto.
Para el período **Ene 1997 --> Dic 1997** :

Rango Q	%Aceptado
100.0%	100.0%
70.0%	100.0%
50.0%	99.6%
30.0%	98.5%
20.0%	96.9%
10.0%	82.7%
5.0%	49.1%

Para Qs instantáneos de 1997, levemente mejor (> % aceptado) al obtenido con Qs diarios para 5 años de muestra (2006-2010)

Regr 2 - Tramo Unico:
Regr Regr Múltiple de **Cholchol en Cholchol** con (**Quillen en Galvarino**, **Lumaco en Lumaco**, **Estero Chufquen en Chufquen** y **Quino en Longitudinal**)
1 solo Tramo, sin diferenciar por valor de Qs
. Buen período para muestreo: **Ene 1997 --> Dic 1997** (buena calidad de mediciones y buena mezcla de Qs sobre y bajo 132 m3/s)
. Sólo medics con Banda Gráfica para las 5 estacs, por lo que se define Interpolación= 24 hras
. Tiempos de Tránsito: se toma valor intermedio entre Tpo Tto para Qs <= y > 132 m3/seg
Río Quillen en Galvarino = 5 hr
Río Lumaco en Lumaco = 24 hr <-- Qs muy amortiguados, difícil determinar Tpo Tto
Río Estero Chufquen en Chufquen = 11 hr
Río Quino en Longitudinal = 11 hr

CONCLUSION: se toma 1 sola Regr para Qs Altos y bajos

Ver en "RIO CHOLCHOL EN_Tramo Unico - Todos los Qs.xlsx" , **r2** (Coef de Determinación) = **0.9868613** Excelente, mejor que con Qs diarios (= 0.975), y mejor que los de la Regr 1
Para el período **Ene 1997 --> Dic 1997** :

Rango Q	%Aceptado
100.0%	99.9%
70.0%	99.2%
50.0%	80.3%
30.0%	71.7%
20.0%	67.6%
10.0%	58.2%
5.0%	44.4%

Para Qs instantáneos de 1997, mejor (> % aceptado) al obtenido con Qs diarios para 5 años de muestra (2006-2010)

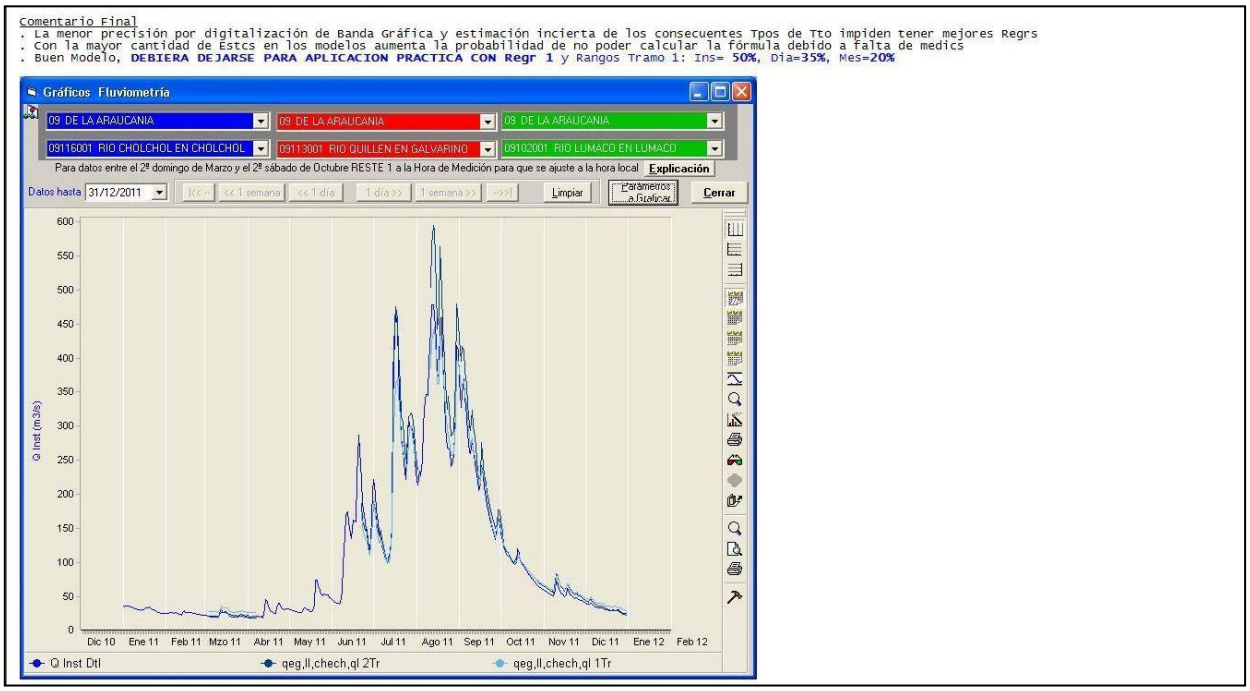
CONCLUSION: se evaluarán las 2 Regresiones (con y sin diferenciación por Tramos de Qs)

Fórmulas de Validación generadas
Regr 1:
Se introducen las fórmulas para 2 Tramos de Qs con nombre = **"qeg,ll,chech,ql 2Tr"**
Para Qs <= **132** m3/s --> **Qchch(t) = 1.6763 Qqeg(t-6) +2.9511 Qll(t-24) +0.5371 Qchech(t-12) +3.0079 Qql(t-12) -3.926**
Para Qs > **132** m3/s --> **Qchch(t) = 1.2805 Qqeg(t-4) +3.6343 Qll(t-24) +1.1689 Qchech(t-10) -0.0571 Qql(t-10) +26.2727**
Se aplican al período 01/01/2006 -->
Rangos Tramo 1: Ins= **70%**, Día=**65%**, Mes=**50%**
Fecha inicio cálculo= 01 Ene 2006

Regr 2:
Se introduce la fórmula única con nombre = **"qeg,ll,chech,ql 1Tr"**
Qchch(t) = 1.2677 Qqeg(t-5) +3.8366 Qll(t-24) +1.0001 Qchech(t-11) +0.4946 Qql(t-11) +6.4477
Se aplica al período 01/01/2006 -->
Rangos Tramo 1: Ins= **70%**, Día=**65%**, Mes=**50%**
Fecha inicio cálculo= 01 Ene 2006

Análisis Manual de Cumplimiento de Límites
Regr 1 (2 Tramos según Qs):
Rangos Tramo 1: Ins= **70%**, Día=**65%**, Mes=**50%**
Rechazos entre 01/01/2011 - 15/06/2012: 0 0 0 <-- ¡¡ EXCELENTE !! aunque algunos meses no se pudo calcular la fórmula (ver gráfico abajo); analizaré tb < %Tolerancia
Rangos Tramo 1: Ins= **50%**, Día=**35%**, Mes=**20%**
Rechazos entre 01/01/2011 - 15/06/2012: 1 0 0
Rangos Tramo 1: Ins= **30%**, Día=**20%**, Mes=**10%**
Rechazos entre 01/01/2011 - 15/06/2012: 48 12 3

Regr 2 (1 solo Tramo, sin diferenciación por Tramos de Qs):
Rangos Tramo 1: Ins= **70%**, Día=**65%**, Mes=**50%**
Rechazos entre 01/01/2011 - 15/06/2012: 0 0 0 <-- ¡¡ EXCELENTE !! idem a Regr 1
Rangos Tramo 1: Ins= **50%**, Día=**35%**, Mes=**20%**
Rechazos entre 01/01/2011 - 15/06/2012: 28 27 5



c) Resultado final

Los elementos entregados al Inspector Fiscal e instalados en su equipo son:

- **Planillas con las estaciones Fluviométricas por región**
  Se toman sólo las estaciones vigentes, e incluye la disponibilidad de mediciones y su Q Medio Anual

- **Planillas con Regresiones Preliminares por región**
  Para grupo de estaciones se muestra la calidad de las regresiones preliminares (Coeficiente de Determinación) en base a Caudales Medios Diarios

- **Archivos en equipos de la DH**
  En esos equipos quedaron instaladas todas las carpetas con las Memorias de Trabajo, planillas Excel con el cálculo de las regresiones e imágenes con algunos gráficos usados durante el análisis

- **Actualizaciones en la Base de Datos BNA 2000**
  En ella quedaron registradas las definiciones de los modelos de Fórmulas de Verificación, los valores calculados con ellos y las desviaciones detectadas

d) Ajustes y mejoras al programa *FrmlVerif*

Para mejorar la funcionalidad de los programas se incorporaron las siguientes nuevas funcionalidades:

- Programa *FrmlVerif*_Analisis:

- cambio de nombre del proyecto 'FlvGraf' → 'FrmlVerif_Analisis'
- ajuste para evitar error si no se ingresa código de estación cuando tampoco hay seleccionada una Región

- Programa *FlvInfo.frm* (informes):
  - genera siempre planillas Excel 2007 con extensión *.xlsx
  - ajuste para evitar error si no se ingresa código de estación cuando tampoco hay seleccionada una Región
  - aumenta la cantidad de Rangos para verificar %Qs_Calculados_Aceptados: 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% --> 5%, 10%, 20%, 30%, 50%, 70%, 100%
  - genera planilla en formato *.xlsx (en lugar de *.xls)

- Programa *FmlVerif_Def.frm* (definición de fórmulas):
  - aumenta de 20 a 30 caracteres el nombre de una Fórmula de Verificación
  - aumenta la capacidad de Fórmulas de Verificación de 50 --> 500

- Rutinas generales:
  - ajuste para leer correctamente datos de Banda Gráfica cuando coinciden con el término de un período

e) Nómina de Modelos

La planilla ***...\Nómina de Modelos.xlsx*** contiene un resumen de todos los modelos de Fórmulas de Verificación evaluados en cada región, tanto en 2011 como en el presente proyecto, y se presenta en el siguiente Anexo 2

2. Anexo 2 – Nómina de Modelos

(En el archivo *.pdf se puede ampliar a 200% para visualizar las fórmulas con claridad)

Estación Base	Modelo		Tramos		
	Nombre	Estaciones de Referencia	#	Fórmula	r2
III Región de Atacama					
03430003-8 Río Copiapó en Pastillo	jv,pv,mv	03404001-K Río Jorquera en Vertedero	1	Qcp(t) = 2.11 Qjv(t-1) +0.9306 Qpv(t-2) -0.7275 Qmv(t-2) -0.1356	0.696
		03414001-4 Río Pulido en Vertedero	2	Qcp(t) = 0.1929 Qjv(t-1) +0.9341 Qpv(t-2) -0.3949 Qmv(t-2) +1.2678	0.671
		03421001-2 Río Manflas en Vertedero			
03820001-1 Río Huasco en Algodones	tajrc,cepm	03806001-5 Río Tránsito antes Junta Río Carmen	1	Qha(t) = 1.3894 Qtajrc(t) +0.1988 Qcepm(t-1) +0.5167	0.944
		03815002-2 Río Carmen en Pte. La Majada	2	Qha(t) = 1.098 Qtajrc(t) -0.0197 Qcepm(t-1) +2.8056	0.770
IV Región de Coquimbo					
04308001-6 Río Turbio en Varillar	lsell, tajrl 2Tr	04301002-6 Río La Laguna en Salida Embalse la Laguna	1	Qtv(t) = 1.128 Qlsell(t) +1.9124 Qtajrl(t) +2.0693	0.923
		04302001-3 Río Toro antes Junta Río la Laguna	2	Qtv(t) = 2.0462 Qlsell(t) +4.6734 Qtajrl(t) +2.3053	0.963
	lsell, tajrl 1Tr	Las mismas	1	Qtv(t) = 1.1719 Qlsell(t) +6.1679 Qtajrl(t) +0.0802	0.956
04314002-7 Río Claro en Rivadavia	cpñ,da 2Tr	04313001-3 Río Cochiguaz en el Peñón	1	Qcr(t) = 0.1645 Qcpñ(t-8) +1.1649 Qda(t-11) +0.0566	0.195
		04311001-2 Estero Derecho en Alcohuaz	2	Qcr(t) = 0.447 Qcpñ(t-3) +3.1719 Qda(t-10) -0.0515	0.968
	cpñ,da 1Tr	Las mismas	1	Qcr(t) = 0.9687 Qcpñ(t-6) +1.3931 Qda(t-10) +0.5472	0.987
04320001-1 Río Elqui en Algarrobal	tv, cr 2Tr	04308001-6 Río Turbio en Varillar	1	Qea(t) = 0.7214 Qtv(t-1) +1.0525 Qcr(t-1) +1.396	0.931
		04314002-7 Río Claro en Rivadavia	2	Qea(t) = 1.825 Qtv(t) +0.4566 Qcr(t) +0.683	0.950
	tv, cr 1Tr	Las mismas	1	Qea(t) = 1.5009 Qtv(t-1) +0.7998 Qcr(t) -0.9363	0.962
04523002-3 Río Grande en Puntilla San Juan	gc,rj,mc 2Tr	04513001-0 Río Grande en Cuyano	1	Qgpsj(t) = 2.058 Qgc(t-4) +0.3953 Qrj(t-1) +0.8732 Qmc(t-2) -5.892	0.911
		04522002-8 Río Rapel en Junta	2	Qgpsj(t) = 0.9555 Qgc(t-3) +1.2337 Qrj(t-2) +0.8517 Qmc(t-1) +0.7151	0.951
		04515002-K Río Mostazal en Carén			
	gc,rj,mc 1Tr	Las mismas	1	Qgpsj(t) = 0.9939 Qgc(t-4) +1.1923 Qrj(t-1) +1.029 Qmc(t-2) -1.9393	0.977
04711001-7 Río Choapa en Salamanca	cajch, chc 2Tr	04704001-9 Río Cuncumen ante Junta Choapa (Chacay)	1	Qchs(t) = 2.723 Qcajch((t) +1.7318 Qchc(t-10) -4.5939	0.634
		04703002-1 Río Choapa en Cuncumen	2	Qchs(t) = 17.8037 Qcajch((t) +1.1456 Qchc(t-8) -6.5072	0.879
	cajch, chc 1Tr	Las mismas	1	Qchs(t) = 14.726 Qcajch((t) +1.1848 Qchc(t-9) -4.8175	0.942
04730001-0 Río Choapa Aguas Arriba Estero La Canela	chpn,iep 2Tr	04716004-9 Río Choapa en Puente Negro	1	Qc(t) = 0.8364 Qchpn(t-7) +1.3297 Qiep(t-7) -0.725	0.592
		04726001-9 Río Illapel en el Peral	2	Qc(t) = 1.6034 Qchpn(t-3) +0.7102 Qiep(t-3) -1.0302	0.917
	chpn,iep 1Tr	Las mismas	1	Qc(t) = 1.6539 Qchpn(t-5) +0.9959 Qiep(t-5) -2.7767	0.944
Región Metropolitana					
05722002-3 Río Mapocho en los Almendros	MapAl Mol SF YL	05720001-4 Río Molina antes Junta San Francisco	1	Qma(t) = Qmjsf(t-1) + Qyl(t-1) + Qyljsf(t-1)	sin valor
(Fórmula desarrollada en 2011)		05721016-8 Río San Francisco antes Junta Estero Yerba Loca		Ecuación ESTIMADA	
		05721001-K Estero Yerba Loca antes Junta San Francisco			
05710001-K Río Maipo en el Manzano	Datos 1998	05707002-1 Río Colorado antes Junta Río Maipo	1	Qmm(t) = 1.8603 Qcajrm(t) +0.5485 Qmsa(t-3) +8.8604	0.923
(Fórmula desarrollada en 2011)		05704002-5 Río Maipo en San Alfonso	2	Qmm(t) = 1.4178 Qcajrm(t) +1.0016 Qmsa(t-2) -6.3481	0.965
05710001-K Río Maipo en el Manzano	Año 2008	05707002-1 Río Colorado antes Junta Río Maipo	1	Qmm(t) = 1.1016 Qcajrm(t) + 0.4714 Qmsa(t-3) + 26.7938	0.866
(Fórmula desarrollada en 2011)		05704002-5 Río Maipo en San Alfonso	2	Qmm(t) = 1.7404 Qcajrm(t) + 0.5808 Qmsa(t-2) + 13.9175	0.865
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins					
06019003-8 Río Cachapoal en Puente Arqueado (Ca)	1Tr(EZ,CIT,Ter)	06018001-6 Estero Zamorano en Puente el Niche	1	Qcpa(t) = 0.6223 Qzpn(t-6) +1.2586 Qct(t-5) +0.7263 Qcptd(t-14) +175.0718	0.944
(Fórmula desarrollada en 2011)		06015001-K Río Claro en Tunca			
		06008005-4 Río Cachapoal en Pte Termas de Cauquenes			
VII Región del Maule					
07104002-K Río Teno después de Junta con Claro	tbqi,cqñ 2T	07102005-3 Río Teno Bajo Quebrada Infiernillo	1	Qtdjc(t) = 0.4847 Qtbqi(t-3) +1.5563 Qcqñ(t-1) +4.6776	0.967
		07103001-6 Río Claro en los Queñes	2	Qtdjc(t) = 0.9989 Qtbqi(t-1) +1.7066 Qcqñ(t) -14.1429	0.969
	tbqi,cqñ 1T	Las mismas	1	Qtdjc(t) = 0.929 Qtbqi(t-2) +1.7009 Qcqñ(t) -8.7136	0.976
07123001-5 Río Mataquito en Licanten	tdjc,cjp,pjc,uu 2Tr	07104002-K Río Teno después de Junta con Claro	1	Qml(t) = -0.352 Qtdjc(t-32) -2.4118 Qcjp(t-32) +5.2351 Qpjc(t-32) +7.6135 Quu(t-32) +4.2616	0.917
		07112001-5 Río Colorado en Junta con Palos	2	Qml(t) = 1.7551 Qtdjc(t-18) -0.2141 Qcjp(t-18) -1.3116 Qpjc(t-18) +6.8446 Quu(t-19) +69.8429	0.848
		07115001-1 Río Palos en Junta con Colorado			
		07116001-7 Estero Upeo en Upeo			
	tdjc,cjp,pjc,uu 1Tr	Las mismas	1	Qml(t) = 2.021 Qtdjc(t-25) +0.344 Qcjp(t-25) -2.1267 Qpjc(t-25) +6.0643 Quu(t-26) +21.1611	0.759
07332001-1 Río Perquilauquen en Gniquen	pesm 2T	07330001-0 Río Perquilauquen en San Manuel	1	Qpeg(t) = 1.4637 Qpesm(t-17) -7.6353	0.707
			2	Qpeg(t) = 1.3274 Qpesm(t-11) +38.5174	0.875
	pesm 1T	La misma	1	Qmf(t) = Qpeg(t) = 1.4096 Qpesm(t-14) +7.3303	0.857
07359001-9 Río Loncomilla en las Brisas	ar,am,lb,pyb 2T	07354002-K Río Achibueno en la Recova	1	Qlb(t) = 0.3384 Qar(t-15) +0.457 Qam(t-19) +1.5641 Qlb(t-6) +0.5404 Qpyb(t-9) -1.3387	0.961
		07355002-5 Río Ancoa en el Morro	2	Qlb(t) = 1.0064 Qar(t-10) +0.278 Qam(t-11) +1.0487 Qlb(t-4) +2.097 Qpyb(t-7) +22.6085	0.995
		07357002-6 Río Loncomilla en Bodega			
		07358001-3 Río Putagan en Yerbas Buenas			
	ar,am,lb,pyb 1T	Las mismas	1	Qlb(t) = 1.1304 Qar(t-13) -0.6447 Qam(t-15) +1.0947 Qlb(t-5) +2.786 Qpyb(t-8) -19.9433	0.991
07383001-K Río Maule en Forel	2004(CR,ML,MB)	07379002-6 Río Claro en Rauquen	1	Qmf(t) = 1.4864 Qcr(t-6) + 0.6951 Qml(t-12) + 0.5069 Qlb(t-8) + 47.5882	0.902
(Fórmula desarrollada en 2011)		07322001-7 Río Maule en Longitudinal	2	Qnn(t) = 0.8433 Qrcr(t-6) +0.8623 Qrml(t-8) +1.0279 Qrlb(t-8) +29.7516	0.977
		07359001-9 Río Loncomilla en las Brisas	3	Qnn(t) = 0.8154 Qrcr(t-6) +0.9383 Qrml(t-8) +0.8872 Qrlb(t-6) +127.9017	0.953
07383001-K Río Maule en Forel	ml,lb,cr,elp 2T	07322001-7 Río Maule en Longitudinal	1	Qmf(t) = 0.8749 Qml(t-9) +0.8401 Qlb(t-9) +1.1396 Qcr(t-7) +3.1037 Qpplp(t-7) +49.8937	0.978
		07359001-9 Río Loncomilla en Las Brisas	2	Qmf(t) = 1.2382 Qml(t-3) +1.1171 Qlb(t-3) +1.1422 Qcr(t-7) +5.5747 Qpplp(t-6) -180.6274	0.950
		07379002-6 Río Claro en Rauquen			
		07381001-9 Estero los Puercos en Puente los Puercos			
	ml,lb,cr,elp 1T	Las mismas	1	Qmf(t) = 1.157 Qml(t-6) +1.0948 Qlb(t-6) +0.6585 Qcr(t-7) +13.3379 Qpplp(t-6) -95.7583	0.972

Estación Base	Modelo		Tramos		
	Nombre	Estaciones de Referencia	#	Fórmula	r2
VIII Región del Bío Bío					
08106002-9 Río Ñuble en San Fabian N 2	ñp 2Tr	08105001-5 Río Ñuble en la Punilla	1	Qñsfn2(t) = 1.2622 Qñp(t-3) -0.8251	0.976
			2	Qñsfn2(t) = 0.8454 Qñp(t-2) +75.4945	0.930
	ñp 1Tr	La misma	1	Qñsfn2(t) = 0.9063 Qñp(t-2) +35.6933	0.912
08117005-3 Río Chillan en Camino a Confluencia	chen2 2Tr	08117006-1 Río Chillan en Esperanza N 2	1	Qchcac(t) = 1.8697 Qchen2(t-18) -4.6727	
			2	Qchcac(t) = 2.2005 Qchen2(t-9) +13.0076	
	chen2 1Tr	La misma	1	Qchcac(t) = 2.2157 Qchen2(t-14) +1.3268	0.789
08124001-9 Río Itata en General Cruz	it 2Tr	08124002-7 Río Itata en Trilaleo	1	Qigc(t) = 1.2965 Qit(t-7) +3.3285	0.937
			2	Qigc(t) = 1.1832 Qit(t-5) +8.0265	0.988
	it 1Tr	La misma	1	Qigc(t) = 1.1946 Qit(t-6) +5.6633	0.992
08124002-7 Río Itata en Trilaleo	ich 2Tr	08123001-3 Río Itata en Cholguan	1	Qit(t) = 1.1962 Qich(t-4) -12.8474	0.883
			2	Qit(t) = 1.3288 Qich(t-1) -0.6092	0.994
	ich 1Tr	La misma	1	Qit(t) = 1.3878 Qich(t-2) -13.0448	0.986
08132001-2 Río Diguillin en Longitudinal	ri,dsl 2Tr	08130001-1 Río Renegado en Invernada	1	Qdl(t) = 4.2916 Qri(t-8) +0.9816 Qdsl(t-9) +0.926	0.610
		08130002-K Río Diguillin en San Lorenzo (Atacalco)	2	Qdl(t) = 11.3323 Qri(t-7) +0.6466 Qdsl(t-7) -0.4385	0.934
	ri,dsl 1Tr	Las mismas	1	Qdl(t) = 11.5808 Qri(t-7) +0.6032 Qdsl(t-8) -2.4992	0.951
08135002-7 Río Itata en Balsa Nueva Aldea	lscc,dl,igc 2Tr	08134003-K Río Larqui en Santa Cruz de Cuca	1	Qibna(t) = 1.7207 Qlscc(t-5) +0.8363 Qdl(t-4) +1.1459 Qigc(t-7) -1.172	0.992
		08132001-2 Río Diguillin en Longitudinal	2	Qibna(t) = 0.5765 Qlscc(t-5) +0.4511 Qdl(t-3) +1.1613 Qigc(t-3) +40.7136	0.983
		08124001-9 Río Itata en General Cruz			
	lscc,dl,igc 1Tr	Las mismas	1	Qibna(t) = 0.4993 Qlscc(t-5) +0.7598 Qdl(t-3) +1.1163 Qigc(t-5) +9.0072	0.988
08140002-4 Río Itata en Paso Hondo	ibna,chcac,cpc,ñsfr	08135002-7 Río Itata en Balsa Nueva Aldea	1	Qiph(t) = 1.0755 Qibna(t-4) +3.2021 Qchcac(t-30) +1.4466 Qcpc(t-22) +0.7769 Qñsfn2(t-32) -16.0414	0.978
		08117005-3 Río Chillan en Camino a Confluencia	2	Qiph(t) = 1.5758 Qibna(t) +0.7594 Qchcac(t-4) +0.1504 Qcpc(t-8) +0.7322 Qñsfn2(t-11) +55.7028	0.995
		08114001-4 Río Cato en Puente Cato			
		08106002-9 Río Ñuble en San Fabian N 2			
	ibna,chcac,cpc,ñsfr	Las mismas	1	Qiph(t) = 2.3432 Qibna(t-2) -0.7679 Qchcac(t-17) +0.1999 Qcpc(t-15) +0.5111 Qñsfn2(t-21) -8.1415	0.989
08141001-1 Río Itata en Coelemu	iph 2Tr	08140002-4 Río Itata en Paso Hondo	1	Qic(t) = 1.0673 Qiph(t-15) +5.2663	0.973
			2	Qic(t) = 1.4369 Qiph(t-4) -151.619	0.997
	iph 1Tr	La misma	1	Qic(t) = 1.34 Qiph(t-4) -39.7281	0.991
08220001-0 Río Andalien Camino a Penco	aept,nfudbb 2 Tr	08220009-6 Río Andalien en Puente Trinitarias	1	Qacap(t) = 0.4321 Qaept(t) +7.9089	0.539
			2	Qacap(t) = 0.4485 Qaept(t) +12.9217	0.125
	aept,nfudbb 1 Tr	La misma	1	Qacap(t) = 0.7124 Qaept(t) +8.2823	0.391
08319001-9 Río Biobio en Longitudinal	br,lecp 2Tr	08317001-8 Río Biobio en Rucalhue	1	Qbl(t) = 0.8607 Qbr(t-5) +4.7555 Qlecp(t-6) +14.5763	0.896
		08317002-6 Río Lirquen en Cerro el Padre	2	Qbl(t) = 1.1436 Qbr(t-2) +4.1558 Qlecp(t-5) +59.7107	0.793
	br,lecp 1Tr	Las mismas	1	Qbl(t) = 1.2664 Qbr(t-3) +4.2972 Qlecp(t-5) -56.7434	0.933
08334001-0 Río Biobio en Coihue	dc,dv 2Tr	08323001-0 Río Duqueco en Cerrillos	1	Qbc(t) = 8.0114 Qdc(t-12) +5.0134 Qdv(t-18) +72.0521	0.680
		08323002-9 Río Duqueco en Villucura	2	Qbc(t) = 2.1148 Qdc(t-7) +2.9838 Qdv(t-5) +514.8164	0.759
	dc,dv 1Tr	Las mismas	1	Qbc(t) = 5.4298 Qdc(t-10) +3.6118 Qdv(t-12) +185.5943	0.817
08358001-1 Río Vergara en Tijeral	rqc,mc 2Tr	08356001-0 Río Rahue en Quebrada Culen	1	Qvt(t) = 4.6083 Qrqc(t) +0.6844 Qmc(t-29) +2.3963	0.883
		08351001-3 Río Malleco en Collipulli	2	Qvt(t) = 3.4864 Qrqc(t) +0.3835 Qmc(t-28) +34.6306	0.784
	rqc,mc 1Tr	Las mismas	1	Qvt(t) = 4.4792 Qrqc(t) +0.4915 Qmc(t-29) +7.0145	0.922
08380001-1 Río Laja en Tucapel	cdca,cdct,rcaa 2Tr	08371001-2 Canal de Descarga Central Antuco	1	Qlt(t) = 0.5205 Qcdca(t-5) -0.351 Qcdct(t-9) -1.9005 Qrcaa(t) +60.7011	0.484
		08374002-7 Canal de Descarga Central el Toro	2	Qlt(t) = 0.6471 Qcdca(t-9) -0.2616 Qcdct(t-11) +1.3869 Qrcaa(t-5) +96.1768	0.895
		08376001-K Río Rucue en Camino a Antuco			
	cdca,cdct,rcaa 1Tr	Las mismas	1	Qlt(t) = 1.6631 Qcdca(t-7) -0.9677 Qcdct(t-10) +0.9338 Qrcaa(t-3) -28.8334	0.683
08394001-8 Río Biobio en Desembocadura	lpp,np,bc,rl 2Tr	08383001-8 Río Laja en Puente Perales	1	Qbd(t) = 0.6077 Qlpp(t-33) +15.8577 Qnp(t-45) +0.7427 Qbc(t-36) -0.1677 Qrl(t-45) +111.1936	0.916
		08362001-3 Río Nicodahue en Pichun	2	Qbd(t) = 5.1788 Qlpp(t-12) +5.513 Qnp(t-28) +0.2571 Qbc(t-21) -0.7595 Qrl(t-28) +273.9896	0.927
		08334001-0 Río Biobio en Coihue			
		08342001-4 Río Renaico en Longitudinal			
	lpp,np,bc,rl 1Tr	Las mismas	1	Qbd(t) = 3.9304 Qlpp(t-23) +13.1829 Qnp(t-37) +0.6815 Qbc(t-29) -6.5029 Qrl(t-37) +90.9573	0.839
08821006-9 Río Leiva en Puente Camino a Contulmo	bb 2Tr	08821002-6 Río Butamalal en Butamalal	1	Qlpcac(t) = 1.9233 Qbb(t-15) +4.5326	0.459
			2	Qlpcac(t) = 1.375 Qbb(t-12) +20.0453	0.824
	bb 1Tr	La misma	1	Qlpcac(t) = 1.72 Qbb(t-13) +8.785	0.767
IX Región de la Araucanía					
09116001-3 Río Cholchol en Cholchol	qeg,ll,chech,ql 2Tr	09113001-7 Río Quillen en Galvarino	1	Qchch(t) = 1.6763 Qqeg(t-6) +2.9511 Qll(t-24) +0.5371 Qchech(t-12) +3.0079 Qql(t-12) -3.926	0.974
		09102001-7 Río Lumaco en Lumaco	2	Qchch(t) = 1.2805 Qqeg(t-4) +3.6343 Qll(t-24) +1.1689 Qchech(t-10) -0.0571 Qql(t-10) +26.2727	0.974
		09107001-4 Estero Chufquen en Chufquen			
		09106001-9 Río Quino en Longitudinal			
	qeg,ll,chech,ql 1Tr	Las mismas	1	Qchch(t) = 1.2677 Qqeg(t-5) +3.8366 Qll(t-24) +1.0001 Qchech(t-11) +0.4946 Qql(t-11) +6.4477	0.987
09123001-1 Río Cautin en Rari-Ruca	bc 2Tr	09122002-4 Río Blanco en Curacautin	1	Qcr(t) = 6.9174 Qbc(t-3) +21.6173	0.701
			2	Qcr(t) = 5.8508 Qbc(t-1) +69.2019	0.821
	bc 1Tr	La misma	1	Qcr(t) = 7.346 Qbc(t-2) +29.88	0.878
09129002-2 Río Cautin en Cajon	cr,mpm 2 Tr	09123001-1 Río Cautin en Rari-Ruca	1	Qcc(t) = 0.7713 Qcr(t-10) +2.8475 Qmpm(t) -0.2926	0.972
		09127001-3 Río Muco en Puente Muco	2	Qcc(t) = 0.682 Qcr(t-8) +2.5606 Qmpm(t) +18.0531	0.968
	cr,mpm 1 Tr	Las mismas	1	Qcc(t) = 0.8474 Qcr(t-9) +2.3396 Qmpm(t) +1.381	0.984
09135001-7 Río Quepe en Quepe	qv,hf2 2 Tr	09131001-5 Río Quepe en Vilcun	1	Qqq(t) = 2.8201 Qqv(t-15) +2.5927 Qhf2(t-6) -21.9947	0.916
		09134001-1 Río Huichahue en Faja 24000	2	Qqq(t) = 2.3444 Qqv(t-9) +2.451 Qhf2(t-5) +12.2281	0.962
	qv,hf2 1 Tr	Las mismas	1	Qqq(t) = 2.3797 Qqv(t-12) +2.9592 Qhf2(t-6) -10.0809	0.971
09140001-4 Río Cautin en Almagro	cc,qq 2 Tr	09129002-2 Río Cautin en Cajon	1	Qca(t) = 0.3348 Qcc(t-8) +2.0423 Qqq(t-6) +3.2575	0.983
		09135001-7 Río Quepe en Quepe	2	Qca(t) = 0.5126 Qcc(t-5) +3.1175 Qqq(t-6) -112.0938	0.975
	cc,qq 1 Tr	Las mismas	1	Qca(t) = 0.6218 Qcc(t-7) +2.7288 Qqq(t-6) -53.294	0.983
09404001-9 Río Allipen en los Laureles	aem 2Tr	09402001-8 Río Allipen en Melipeuco	1	Qael(t) = 1.1324 Qaem(t-10) +14.7911	0.855
			2	Qael(t) = 2.1546 Qaem(t-6) +11.4364	0.848
	aem 1Tr	La misma	1	Qael(t) = 2.2114 Qaem(t-8) -29.8875	0.856
09414001-3 Río Trancura antes Río Llafenco	tc 2Tr	09412001-2 Río Trancura en Curarrehue	1	Qtarl(t) = 2.5873 Qtc(t-8) +19.2287	0.888
			2	Qtarl(t) = 3.4445 Qtc(t-6) +9.1407	0.935
	tc 1Tr	La misma	1	Qtarl(t) = 3.4444 Qtc(t-7) +7.8605	0.957
09437002-7 Río Tolten en Teodoro Schmidt	ael,tev,dg,msa 2Tr	09404001-9 Río Allipen en los Laureles	1	Qtets(t) = 0.8911 Qael(t-16) +0.4605 Qtev(t-9) +3.2603 Qdg(t-15) +9.735 Qmsa(t-12) +68.5173	0.799
		09420001-6 Río Tolten en Villarica	2	Qtets(t) = 0.9805 Qael(t-14) +0.9609 Qtev(t) +3.6812 Qdg(t-15) +2.8895 Qmsa(t) +3.622	0.983
		09434001-2 Río Donguil en Gorbea			
		09436001-3 Río Mahuidanche en Santa Ana			
	ael,tev,dg,msa 1Tr	Las mismas	1	Qtets(t) = 1.0426 Qael(t-15) +0.8953 Qtev(t-5) +3.6144 Qdg(t-15) +3.0749 Qmsa(t-6) +13.515	0.984

Estación Base	Modelo		Tramos		
	Nombre	Estaciones de Referencia	#	Fórmula	r2
XIV Región de los Ríos					
10122003-6 Río Calle Calle en Pupunahue	cl,spdlr 2Tr	10121001-4 Río Collileufu en los Lagos	1	Qccp(t) = 4.7847 Qcl(t-10) +1.0504 Qspdlr(t) +0.417	0.994
		10111001-K Río San Pedro en Desague Lago Riñihue	2	Qccp(t) = 5.566 Qcl(t-4) +0.7957 Qspdlr(t) +97.4761	0.984
	cl,spdlr 1Tr	Las mismas	1	Qccp(t) = 5.2534 Qcl(t-7) +0.9263 Qspdlr(t) +25.1642	0.988
10328001-K Río Pilmaiquen en San Pablo	chajrp 2Tr	10327001-4 Río Chirre antes Junta Río Pilmaiquen	1	Qpesp(t) = 2.4081 Qchajrp(t-1) +72.8202	0.585
			2	Qpesp(t) = 1.4689 Qchajrp(t-1) +124.2162	0.957
	chajrp 1Tr	La misma	1	Qpesp(t) = 1.6342 Qchajrp(t-1) +97.308	0.944
10343002-K Río Coihueco antes Junta Río Rahue	cajp 2Tr	10343001-1 Río Coihueco antes Junta Pichicope	1	Qcajrr(t) = 1.1677 Qcajp(t-7) -0.2133	0.841
			2	Qcajrr(t) = 1.6768 Qcajp(t-5) -6.0698	0.955
	cajp 1Tr	La misma	1	Qcajrr(t) = 1.6867 Qcajp(t-6) -9.1292	0.961
10344004-1 Río Rahue en Chan Chan	rdlr,cajrr 2Tr	10340001-5 Río Rahue en Desague Lago Rupanco	1	Qrchch(t) = 1.0356 Qrdlr(t) +0.9119 Qcajrr(t-2) -2.7792	0.938
		10343002-K Río Coihueco antes Junta Río Rahue	2	Qrchch(t) = 1.1809 Qrdlr(t) +0.7649 Qcajrr(t-2) +2.9669	0.953
	rdlr,cajrr 1Tr	Las mismas	1	Qrchch(t) = 1.3361 Qrdlr(t) +0.7943 Qcajrr(t-2) -23.5664	0.978
10356001-2 Río Negro en Chahuilco	fa 2Tr	10363002-9 Río Forrahue en Aromos	1	Qnch(t) = 7.3729 Qfa(t) +14.4729	0.647
			2	Qnch(t) = 12.8082 Qfa(t) +2.7252	0.772
	fa 1Tr	La misma	1	Qnch(t) = 12.3741 Qfa(t) +6.4786	0.847
10364001-6 Río Rahue en Forrahue	dt,nch 2Tr	10362001-5 Río Damas en Tacamo	1	Qrf(t) = 10.2938 Qdt(t) +1.2081 Qnch(t) +84.2659	0.691
		10356001-2 Río Negro en Chahuilco	2	Qrf(t) = 3.5117 Qdt(t) +1.2287 Qnch(t) +224.3017	0.920
	dt,nch 1Tr	Las mismas	1	Qrf(t) = 4.427 Qdt(t) +1.5553 Qnch(t) +113.9626	0.947
10414001-7 Río Maullin en las Quemas	nl 2Tr	10411002-9 Río Negro en las Lomas	1	Qmq(t) = 0.7556 Qnl(t-2) +72.8157	0.168
			2	Qmq(t) = 1.3409 Qnl(t-6) +80.6306	0.744
	nl 1Tr	La misma	1	Qmq(t) = 1.5524 Qnl(t-4) +71.3298	0.704
10431001-K Río Lenca Bajo Bocatoma	cl 2Tr	10440000-0 Captacion Lenca	1	Qlbb(t) = 0.1974 Qcl(t-10) +0.1182	0.521
			2	Qlbb(t) = 6.2073 Qcl(t) -122.651	0.888
10432002-3 Río Chamiza Ante Junta Río Chico	bajrch,charch 2Tr	10431000-1 Río Blanco Ante Junta Río Chamiza	1	Qchajrch(t) = 1.9018 Qbajrch(t-4) +0.2272 Qcharch(t) +1.3832	0.788
		10432003-1 Río Chico Ante Río Chamiza	2	Qchajrch(t) = 0.2833 Qbajrch(t) +0.5391 Qcharch(t) +10.6402	0.717
	bajrch,charch 1Tr	Las mismas	1	Qchajrch(t) = 0.6907 Qbajrch(t-1) +0.5654 Qcharch(t) +3.4543	0.817
10523002-8 Río Puelo en Carrera Basilio	pdltt 2Tr	10520001-3 Río Puelo en Desague Lago Tagua Tagua	1	Qpcb(t) = 0.9442 Qpdltt(t) +34.7747	0.927
			2	Qpcb(t) = 1.3863 Qpdltt(t) -233.1269	0.986
	pdltt 1Tr	La misma	1	Qpcb(t) = 1.3053 Qpdltt(t) -119.3126	0.983
10704002-1 Río Futaleufu Ante Junta Río Malito	edle,ff 2Tr	10701002-5 Río Espolon en Desague Lago Espolon	1	Qfajrm(t) = 1.7531 Qedle(t) +1.3277 Qff(t-7) -138.0431	0.876
		10702002-0 Río Futaleufu en la Frontera	2	Qfajrm(t) = 2.1876 Qedle(t) +0.9659 Qff(t-3) -9.8798	0.933
	edle,ff 1Tr		1	Qfajrm(t) = 2.1564 Qedle(t) +1.1485 Qff(t-5) -92.3719	0.957

IV. Guía de Análisis Hidrológico

GUÍA DE ANÁLISIS HIDROLÓGICO

C O N T E N I D O

1. INTRODUCCIÓN 1
2. Herramientas Disponibles para el Análisis 3
2.a) Recursos en la Intranet de la División de Hidrología 3
2.b) Sistemas de Informes 6
2.c) Sistemas de Gráficos 10
Gráficos Seleccionados por el Operador 10
Sistemas de Gráficos Rotativos 11
Sistema para análisis de Aforos 12
2.d) Google Earth 13
Lo básico 13
Cómo sacar provecho de Google Earth 13
3. Análisis Básico 16
3.a) Características Hidrológicas Básicas de la Estación 16
Caudales Medios Mensuales 16
Altitud de la Estación y Area de Drenaje 17
Régimen Estacional 17
3.b) Relaciones Simples entre Caudales de la Misma Cuenca 23
Situación sin Alteraciones 23
Efecto de Extracciones por Riego 24
Efecto de Lagos 30
Efecto de Embalses para Generación Eléctrica 31
Efecto de Embalses para Regadío 32
4. Detección de Anomalías en las Mediciones 33
4.a) Falta de Continuidad de las Mediciones 33
4.b) Mediciones Erróneas 36
Detección por simple Análisis de Gráficos 36
Detección usando Antecedentes Complementarios 40
Detección mediante Gráficos de Fórmulas de Validación 42
5. Gráficos Automáticos en el Sistema Satelital 47
5.a) Pantallas Rotativas 47
5.b) Presentaciones Rotativas 50
6. Lista de Chequeo para Revisiones 53

1. INTRODUCCIÓN

Objetivo

La **"Guía de Análisis Hidrológico"** tiene por finalidad proveer una ayuda sencilla y práctica que facilite a los Analistas Hidrológicos de todas las oficinas de la DGA la comprensión básica de la hidrología de las cuencas bajo su responsabilidad y permita detectar anomalías en las mediciones de caudales, usando las herramientas computacionales disponibles en la División de Hidrología (DH).

Dentro del marco de la Hidrología Integrada, la Guía muestra lo útil que resulta observar las relaciones entre mediciones hidrológicas y meteorológicas de estaciones de una misma cuenca o de cuencas cercanas, principalmente en forma gráfica.

Esta labor adquiere mayor relevancia ahora que las estadísticas se publican de inmediato por internet (donde existen más de 7.500 usuario registrados en el sitio de la DGA), o son entregadas a través del SIGIRH, por lo que el trabajo de la DH está bajo el permanente escrutinio de especialistas que consultan frecuentemente esta información y pueden detectar la falta de datos o errores en su registro.

Esta Guía fue preparada en conjunto con personal de la DH, quienes aportaron su experiencia acerca de las anomalías más frecuentes en la práctica hidrométrica.

Características que deben tener las Mediciones Fluviométricas

La Guía se basa en la premisa de que para cumplir con los objetivos de la Div.de Hidrología las mediciones registradas debe ser **continuas** y **confiables**.

Mediciones Continuas:

Las mediciones de un parámetro en una estación no deben tener intervalos sin datos, lo cual depende del tipo de instrumento y su periodicidad de registro (Ej.: las mediciones de Datalogger y Satelitales deben ser horarias o según el intervalo especificado en el instrumento; las mediciones de Banda Gráfica deben ser continuas; las mediciones de Observador deben ser al menos diarias y en las horas especificadas). Cualquier falta de registro o desviación del protocolo de medición es considerada una falla y deberá ser corregida.

Mediciones Confiables:

Toda la cadena de acciones que permite llevar el fenómeno medido en terreno hasta los usuarios debe asegurar que el producto o valor final entregado corresponda a la realidad. Como esto abarca desde la captura de datos en terreno, su transmisión, almacenamiento, cálculos y distribución bajo diferentes formatos, en todas estas etapas debe ponerse permanente atención en captar y corregir los posibles errores. Algunos de los puntos a considerar son :

- el comportamiento físico de la sección o punto de medición, en cuanto a su variación en el tiempo debido a embanques, destrucción o cambios de posición del sensor

- la calidad del registro en terreno, según la técnica de medición (instrumento u observador)
- la transmisión o retiro de los registros de las mediciones y su ingreso a los sistemas computacionales centrales
- el ajuste oportuno de las Curvas de Descarga cuando haya variaciones importantes de la sección
- la operación correcta de los sistemas computacionales que ponen la información final a disposición de los usuarios

En los capítulos que siguen se examinarán paso a paso las principales herramientas computacionales disponibles para el chequeo de mediciones, las características que presentan los gráficos de mediciones normales, y la detección de situaciones anómalas.

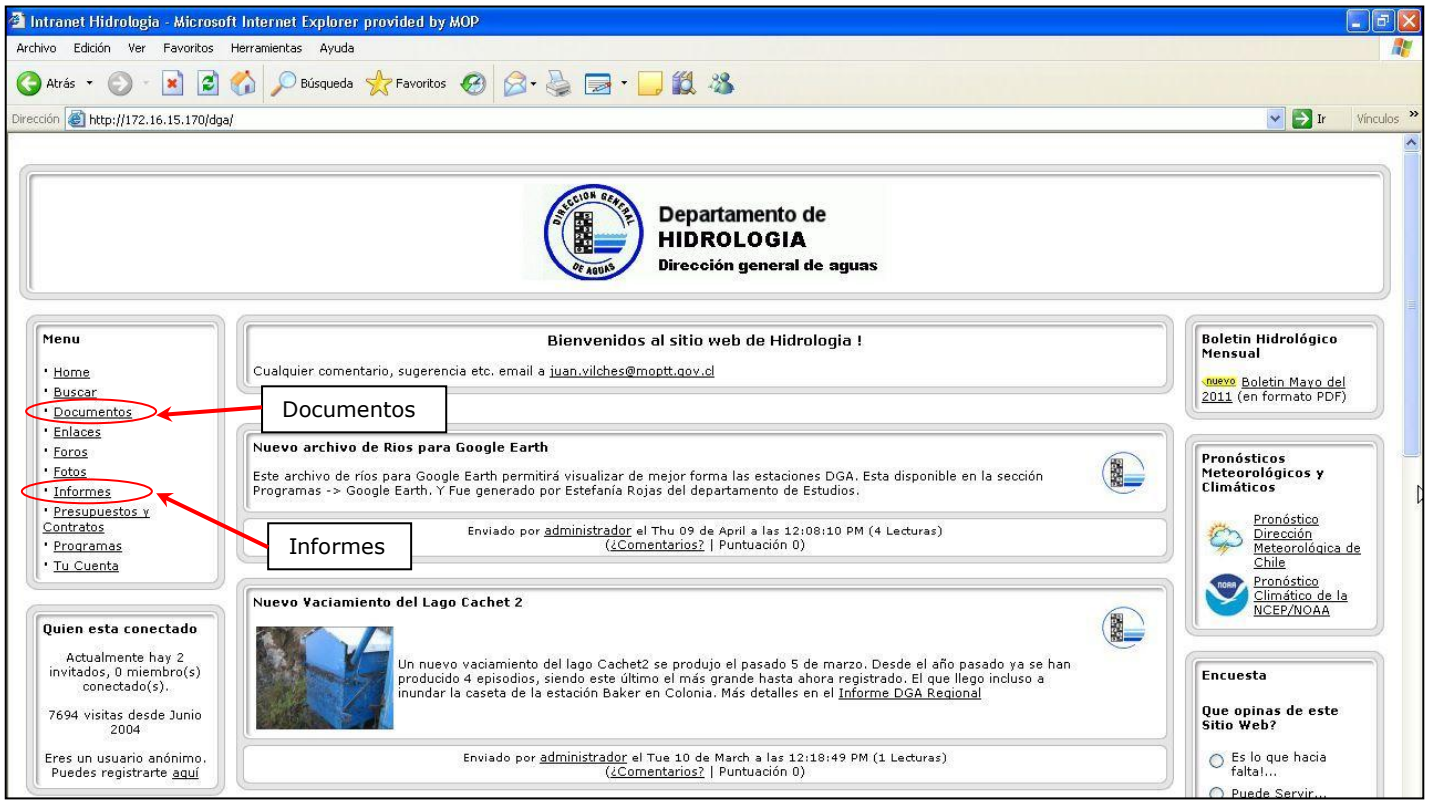
2. Herramientas Disponibles para el Análisis

Todo el personal técnico de la DH dispone en la Of.Central y en Regiones de varios sistemas que presentan de diferente forma la información de mediciones en sus diferentes etapas de medición y distribución, los que pueden agruparse en :

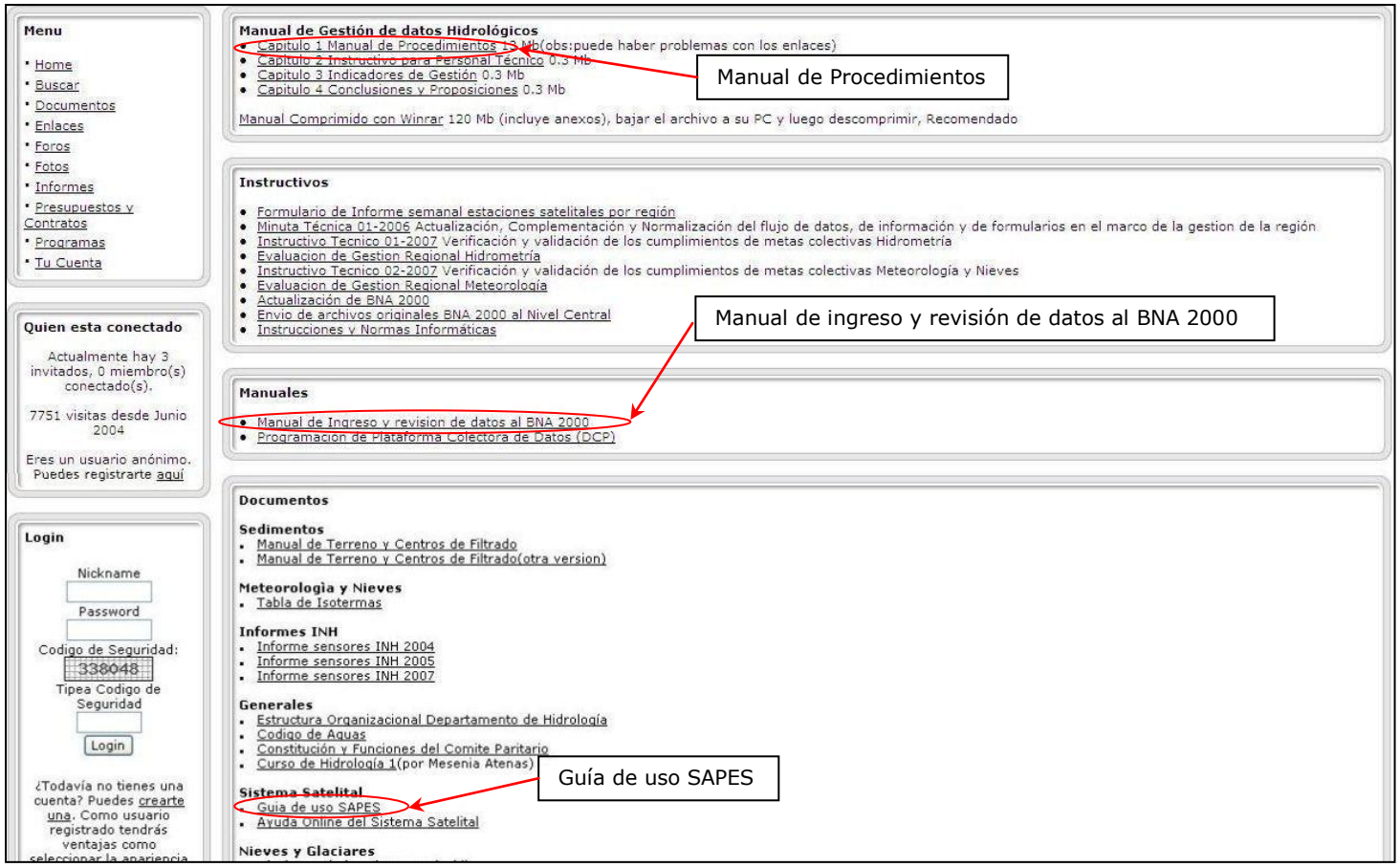
- *Recursos en la Intranet de la División de Hidrología*
- *Sistemas de Informes*
- *Sistemas de Gráficos*
- *Google Earth*

2.a) Recursos en la Intranet de la División de Hidrología

Este sistema permite acceder a documentos e informes de apoyo para los análisis.
Se accede a ella en la dirección *http:://172.16.15.170/dga*, que muestra información muy variada, y un menú al lado izquierdo con las funciones que interesan en nuestro caso :



La opción *Documentos* permite descargar en el equipo del usuario varios manuales :



El *Manual de Procedimientos* abarca todas las actividades del ciclo de una estación, desde que se planea su instalación hasta que se terminan sus mediciones.

El *Manual de ingreso y revisión de datos al BNA2000* es una guía para transferir a la Base de Datos BNA2000 los registros de Datalogger, Banda Gráfica y Formularios llenados por operadores en terreno.

Con la opción *Informes* se puede acceder a reportes técnicos y de administración del sistema :

El uso del informe *Monitoreo de Transmisiones Estaciones Satelitales* se verá en el capítulo 4.a) Falta de Continuidad de las Mediciones.

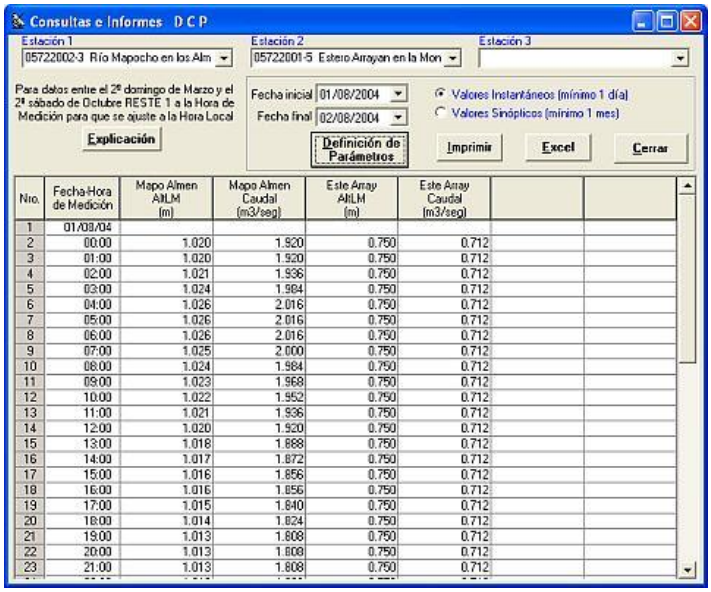
El *Listado de Problemas Pendientes* es para controlar el avance de las soluciones a las situaciones reportadas en el *SAPES* (*Sistema de Administración de Problemas de Estaciones Satelitales*), a cuyo manual de uso se accede en opción *Documentos*

2.b) Sistemas de Informes

En ellos el operador selecciona las estaciones y define el período a analizar, además del grado de consolidación de los datos (instantáneo, diario o mensual). Están disponibles para el sistema Satelital y el BNA2000 y pueden abarcar diferentes parámetros. Los siguientes puntos resumen la forma de utilizarlos, con imágenes de presentaciones típicas

- Sistema Satelital: *Informes de Valores Instantáneos*

  Se obtienen con el programa **DCPUsStgo.exe** para usuarios de Santiago y **DCPUsReg.exe** para regiones, los cuales están instalados en los PCs del personal técnico de la DH. Se ingresa clicando el botón "*Consultas e Informes*" en la pantalla de inicio y después se marca la opción "*Valores Instantáneos*" en la pantalla siguiente; se seleccionan entre 1 y 3 estaciones y se presentan los resultados :



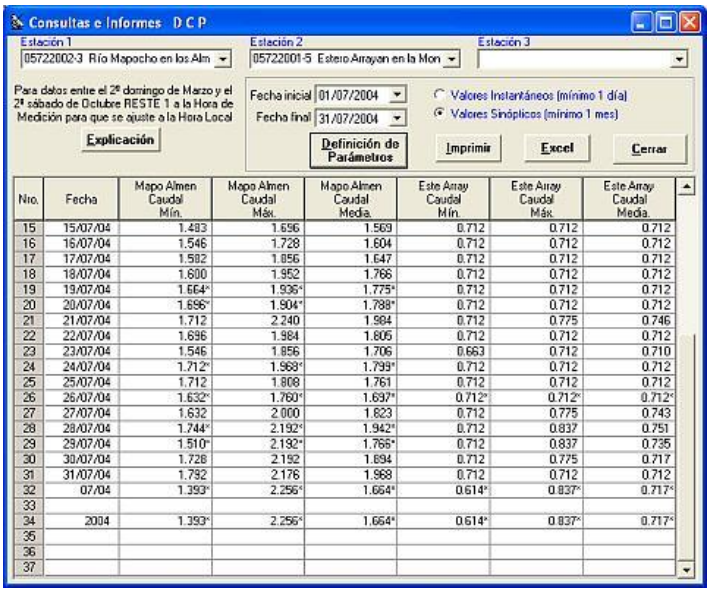
Nro.	Fecha-Hora de Medición	Mapo Almen Alt.LM (m)	Mapo Almen Caudal (m3/seg)	Este Array Alt.LM (m)	Este Array Caudal (m3/seg)
1	01/08/04				
2	00:00	1.020	1.920	0.750	0.712
3	01:00	1.020	1.920	0.750	0.712
4	02:00	1.021	1.936	0.750	0.712
5	03:00	1.024	1.984	0.750	0.712
6	04:00	1.026	2.016	0.750	0.712
7	05:00	1.026	2.016	0.750	0.712
8	06:00	1.026	2.016	0.750	0.712
9	07:00	1.025	2.000	0.750	0.712
10	08:00	1.024	1.984	0.750	0.712
11	09:00	1.023	1.968	0.750	0.712
12	10:00	1.022	1.952	0.750	0.712
13	11:00	1.021	1.936	0.750	0.712
14	12:00	1.020	1.920	0.750	0.712
15	13:00	1.018	1.888	0.750	0.712
16	14:00	1.017	1.872	0.750	0.712
17	15:00	1.016	1.856	0.750	0.712
18	16:00	1.016	1.856	0.750	0.712
19	17:00	1.015	1.840	0.750	0.712
20	18:00	1.014	1.824	0.750	0.712
21	19:00	1.013	1.808	0.750	0.712
22	20:00	1.013	1.808	0.750	0.712
23	21:00	1.013	1.808	0.750	0.712

  Los parámetros se deben marcar en una pantalla secundaria antes de la obtención de los resultados.

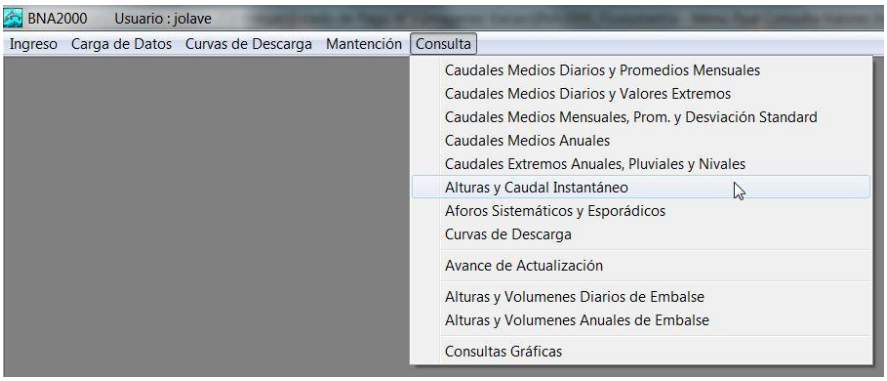
  Los valores intantáneos de una sola estación se muestran con el minuto de medición; los de varias estaciones son agrupados por hora, omitiéndose el minuto de medición.

- Sistema Satelital: *Informes de Valores Sinópticos*

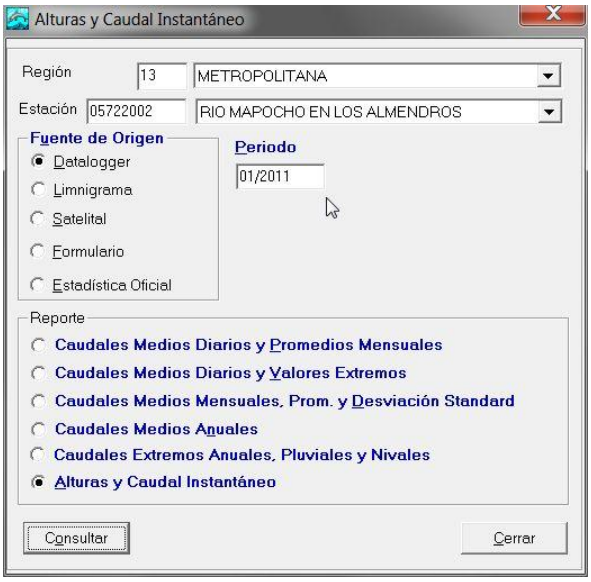
  Se usan los mismos programas anteriores, marcando la opción "*Valores Sinópticos*" en la pantalla principal. Para cada Parámetro elegido se muestran los valores Mínimo, Máximo y Medio de cada Día, Mes y Año. Se pueden elegir hasta 2 parámetros, que ocupan las 6 columnas disponibles:



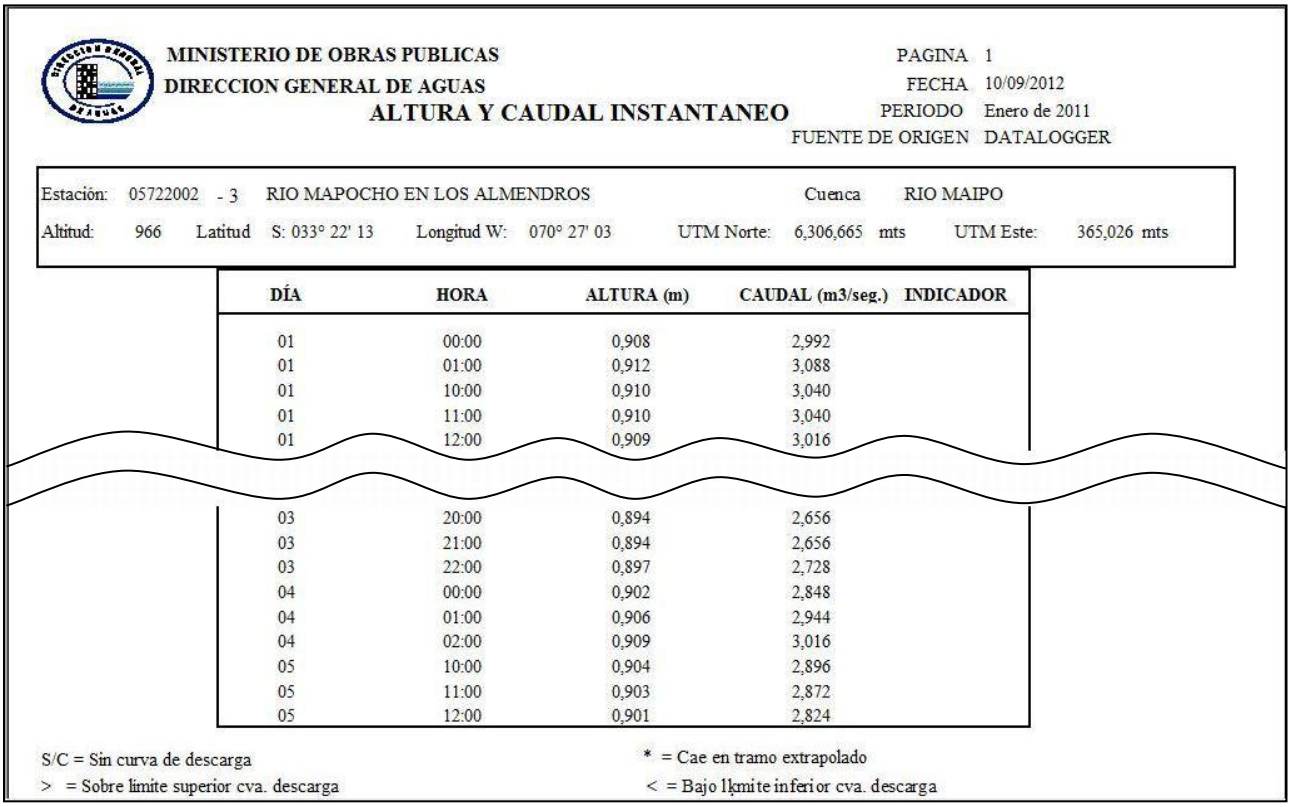
- Sistema BNA: *Informes de Valores Instantáneos*
  A esta función se accede en el menú de *Consultas* del módulo de Fluviometría del BNA2000 :



Después se seleccionan Estación, Fuente, Período a analizar y Tipo de Reporte :



Se obtiene un informe del tipo :



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS

PAGINA 1
FECHA 10/09/2012
PERIODO Enero de 2011
FUENTE DE ORIGEN DATALOGGER

ALTURA Y CAUDAL INSTANTANEO

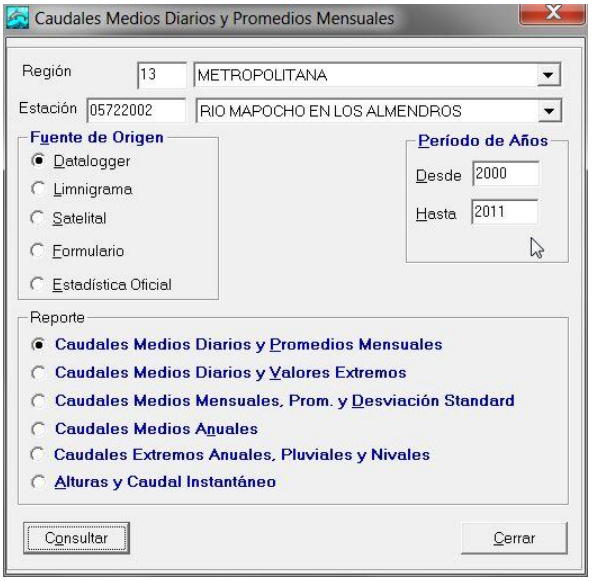
Estación: 05722002 - 3 RIO MAPOCHO EN LOS ALMENDROS Cuenca RIO MAIPO

Altitud: 966 Latitud S: 033° 22' 13 Longitud W: 070° 27' 03 UTM Norte: 6,306,665 mts UTM Este: 365,026 mts

DÍA	HORA	ALTURA (m)	CAUDAL (m3/seg.)	INDICADOR
01	00:00	0,908	2,992	
01	01:00	0,912	3,088	
01	10:00	0,910	3,040	
01	11:00	0,910	3,040	
01	12:00	0,909	3,016	
03	20:00	0,894	2,656	
03	21:00	0,894	2,656	
03	22:00	0,897	2,728	
04	00:00	0,902	2,848	
04	01:00	0,906	2,944	
04	02:00	0,909	3,016	
05	10:00	0,904	2,896	
05	11:00	0,903	2,872	
05	12:00	0,901	2,824	

S/C = Sin curva de descarga
* = Cae en tramo extrapolado
> = Sobre límite superior cva. descarga
< = Bajo límite inferior cva. descarga

- Sistema BNA2000 : *Informes de Valores Agregados y Sinópticos*
  Se accede eligiendo una opción de *Caudales Medios* en el mismo menú de *Consultas* de Fluviometría indicado arriba, y después se seleccionan Estación, Fuente, Período a analizar y Tipo de Reporte:



Se obtiene un informe del tipo :

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS

PAGINA 12
FECHA: 10/09/201
PERÍODO: 2000 - 2011

CAUDALES MEDIOS DIARIOS Y PROMEDIOS

Estación	: RIO MAPOCHO EN LOS ALMENDROS					
Código BNA	: 05722002 - 3	Latitud S	: 033° 22' 13	UTM Norte	: 6.306.665 mts	
Altitud	: 966	Longitud W	: 070° 27' 03	UTM Este	: 365.026 mts	
Cuenca	: RIO MAIPO	SubCuenca	: Rio Mapocho Alto (hasta bajo jun	Area de Drenaje	620.00 km2	

Datalogger AÑO : 2011 (en m3/s.)

Día	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	2.96	2.44	1.45	1.45	1.11*	1.03*			2.41	5.08	5.14	4.44
2	2.97	2.63	1.45	1.45	1.13*	1.05*			2.84	5.23	5.01	4.81
3	2.85	2.86	1.45	1.46	1.14*	1.04*			2.87	5.54	5.19	4.56
21	3.01	1.54	1.45	1.45	1.18*	1.20*			5.38	5.14	2.58	3.78
22	2.80	1.53	1.45	1.44	1.17*	1.20*			4.96	5.03	2.66	3.81
26	2.47	1.45	1.45	1.43	1.16*	1.35			5.15	4.99	3.35	3.90
27	2.50	1.45		1.45	1.10*	1.36			5.59	5.11	3.58	4.02
28	2.57	1.45	1.44	1.25*	1.05*	1.35			5.91	5.04	3.50	4.38
29	2.64		1.36	1.11*	1.05*	1.35			5.57	4.88	3.43	4.61
30	2.60		1.27*	1.11*	1.02*	1.35			5.45	4.97	3.60	4.60
31	2.43		1.30		1.02*					5.23		4.50
PROM.	2.74	2.15	1.44	1.45	1.12	1.20			4.24	4.41	3.66	3.87
MAX.	3.08	3.38	1.45	1.75	1.18 *	1.64			5.91	5.54	5.28	4.81
DIA	19	12	1	10	21	16			28	3	4	2
MIN.	2.43	1.42	1.27 *	1.11 *	1.02 *	1.03 *			2.23	3.39	2.58	3.03
DIA	31	24	30	29	30	1			8	13	21	10

2.c) Sistemas de Gráficos

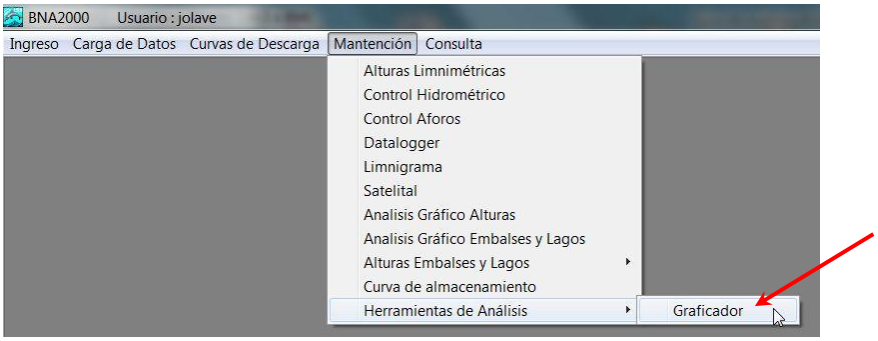
Se dispone de sistemas de *Gráficos seleccionados por el Operador* (para BNA2000 y Satelital) y de 2 sistemas de *Gráficos Automáticos* (sólo para mediciones Satelitales)

Gráficos Seleccionados por el Operador

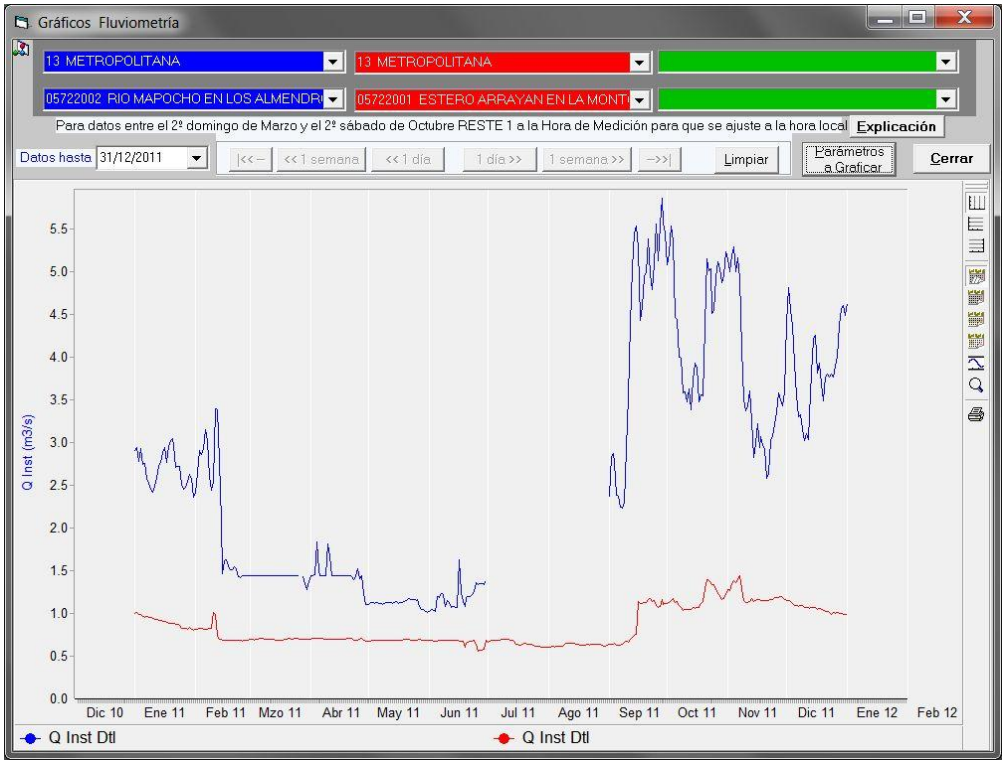
En ellos el operador selecciona las estaciones y la fecha final del período a analizar. Están disponibles para el sistema Satelital y el BNA2000, pueden abarcar diferentes parámetros, y se puede modificar escala de presentación (anual, mensual, semanal o diaria). La siguiente nómina resume la forma de utilizarlos, con imágenes de presentaciones típicas

- Sistema Satelital: *Gráficos de Mediciones*
  Se obtienen con el programa **DCPUsStgo.exe** para usuarios de Santiago y **DCPUsReg.exe** para regiones, clicando el botón "*Gráficos*". En la pantalla principal se seleccionan entre 1 y 3 estaciones, se indica la fecha final del período a analizar y se seleccionan los parámetros en una pantalla secundaria. Se presenta un año de mediciones desde la fecha final hacia atrás, con colores azul, rojo y verde para cada estación:

- Sistema BNA2000 : *Gráficos de Mediciones*
  A esta función se accede en el menú de *Mantención* del módulo de Fluviometría del BNA2000 :



La operación es similar al sistema Satelital: en la pantalla principal se seleccionan entre 1 y 3 estaciones, la fecha final y se indican los parámetros en una pantalla secundaria. Se presenta un año de mediciones desde la fecha final hacia atrás, con colores azul, rojo y verde para cada estación :



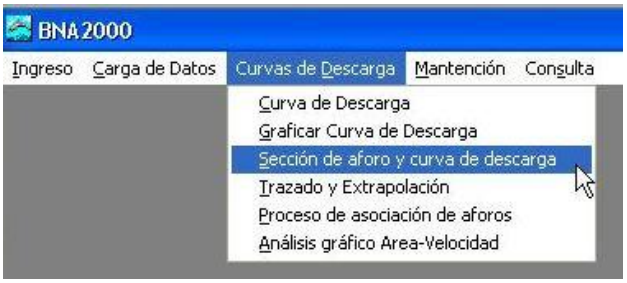
Sistemas de Gráficos Rotativos

Son gráficos en que las Estaciones y Parámetros a representar son predefinidos por especialistas de la Of.Central, a petición de los analistas hidrológicos o de usuarios de las Of.Regionales. Los gráficos son difundidos a través de la red MOP o de Internet, quedando así a disposición de quienes los soliciten, y tienen la característica de cambiar automáticamente al gráfico siguiente de la serie después de un cierto intervalo (de ahí su denominación de "rotativos"). Están disponibles sólo para el sistema Satelital, pues aprovechan su disponibilidad de mediciones en tiempo real :

- sistema de *Pantallas Rotativas* se detalla en el capítulo 5.a) Pantallas Rotativas
- sistema de *Presentaciones Rotativas* se describe en 5.b) Presentaciones Rotativas

Sistema para análisis de Aforos

Es una parte del sistema de Fluviometría del BNA2000 que permite analizar gráficamente la forma de la Sección de Aforo. Se accede mediante la opción *Curvas de Descarga* del menú principal :



Lo más interesante es que se pueden representar aforos consecutivos y con ello apreciar la evolución de la sección a lo largo del tiempo, como se ilustra en el ejemplo del capítulo 4b) Mediciones Erróneas – Detección por Simple Análisis de Gráficos.

2.d) Google Earth

Lo básico

Google Earth es una aplicación gratuita que representa la superficie terrestre en 3D, y para la cual la División de Hidrología ha dispuesto un enlace con la Base de Datos BNA2000 que permite mostrar sus estaciones de medición, seleccionándolas por Región y Tipo en un panel a la izquierda, semejante al Explorador de Windows :

En este ejemplo de Google Earth se han marcado estaciones cercanas al embalse Lautaro (III Región) y se aprecian claramente los afluentes (o quebradas) donde no hay mediciones de caudales, las zonas cultivadas y el embalse.

Cómo sacar provecho de Google Earth

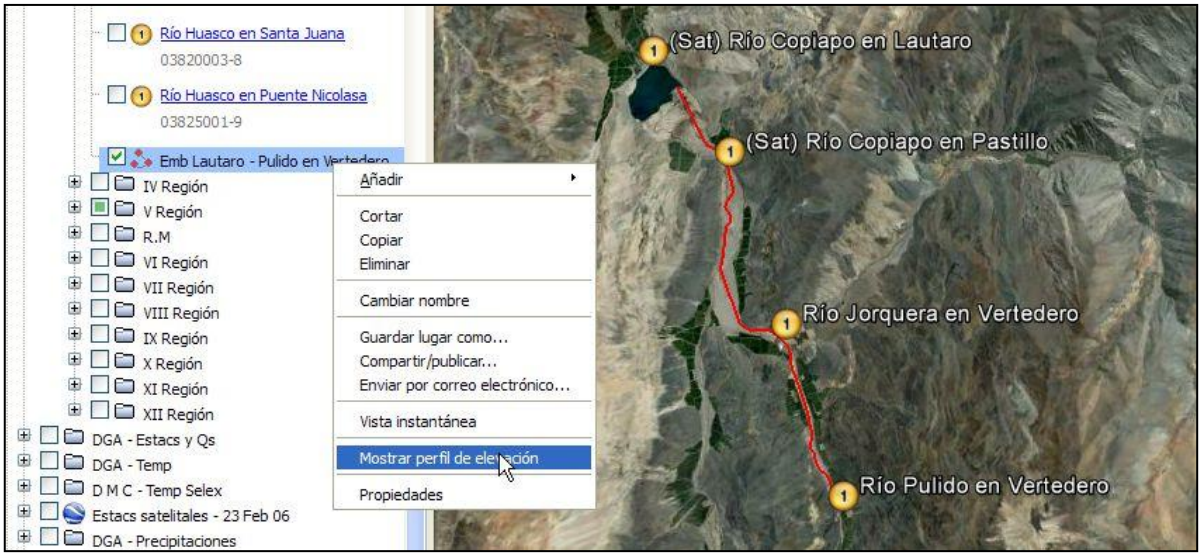
Adicionalmente, Google Earth (**GE**) posee 2 valiosas herramientas para un análisis hídrico básico: la *medición de altitudes (o "elevación")* y el *historial de imágenes*.

ALTITUD y PERFIL DE ELEVACIÓN

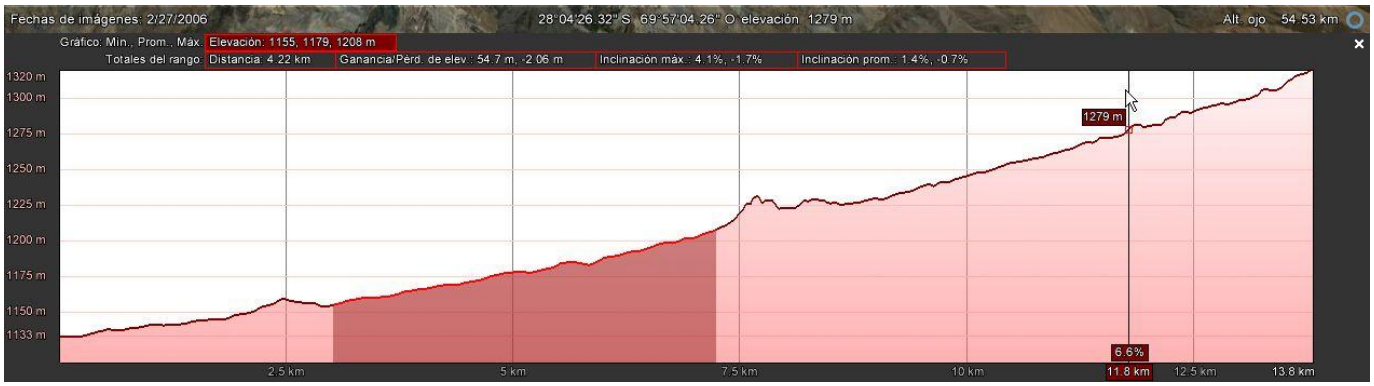
Al mover el cursor sobre el mapa, GE va indicando la altitud ("elevación") del punto en la base de la pantalla. Basta poner el cursor en la ubicación de una estación para conocer su altitud, si no se tuviera a mano ese dato de los Informes de Caudales del sistema BNA2000. En GE el valor de la altitud de una estación es aproximado debido a que su posición se toma de las coordenadas almacenadas en la Base de Datos BNA2000, las que históricamente no fueron registradas con instrumentos tan precisos como los actuales GPS. A ello se suma el error propio del cálculo que GE hace de la

altitud, pero éste es muy inferior al error por posición de la estación. En todo caso, el valor proporcionado es más que suficiente para los efectos de un análisis básico.

Con *Herramientas* > *Regla* > *Ruta* se puede trazar una ruta poligonal que siga el cauce de un río (línea **roja**), y obtener su "*Perfil de Elevación*" clicando el nombre de la ruta con el botón derecho :



En el perfil se pueden definir *Tramos* y visualizar sus % de pendiente, los que pueden usarse para explicar las diferentes velocidades de escurrimiento y fenómenos asociados:



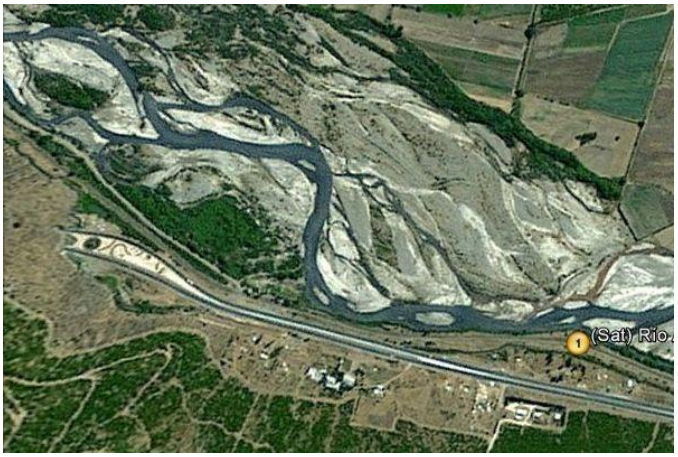
En este caso GE informa que la *Ruta* es de 13.8 Km (ver sus *Propiedades*), abarca desde los 1.133 msnm hasta 1.320 msnm (ver escala a la izquierda), y se aprecia que la pendiente es muy uniforme. Los altibajos de la pendiente se deben a que el trazado fue imperfecto y "trepó" por algunas laderas del cauce. Al marcar un tramo específico de la ruta en su Perfil de Elevación (zona oscura), GE marca la ruta con una línea más gruesa y en el perfil indica las mismas características anteriores: longitud, diferencia de altitudes y pendiente promedio.

HISTORIAL DE IMÁGENES

GE permite revisar imágenes satelitales pasadas, aprovechando que las actualiza cada cierto tiempo. Las fechas de actualización son irregulares, pero pueden aportar información interesante, como por ejemplo las variaciones o embanques de un cauce. Para ello basta marcar *Ver > Imágenes históricas* y clicar el reloj en la barra de herramientas: aparecerá una barra deslizante con fechas, que se puede recorrer para hacer aparecer las imágenes históricas.

En el siguiente ejemplo de *Aconcagua en Romeral* se aprecia cómo cambió el cauce en 4 años para escurrimientos del mismo orden de magnitud :

28 Abril 2007, 12 m3/seg



03 Abril 2010, 21 m3/seg

3. Análisis Básico

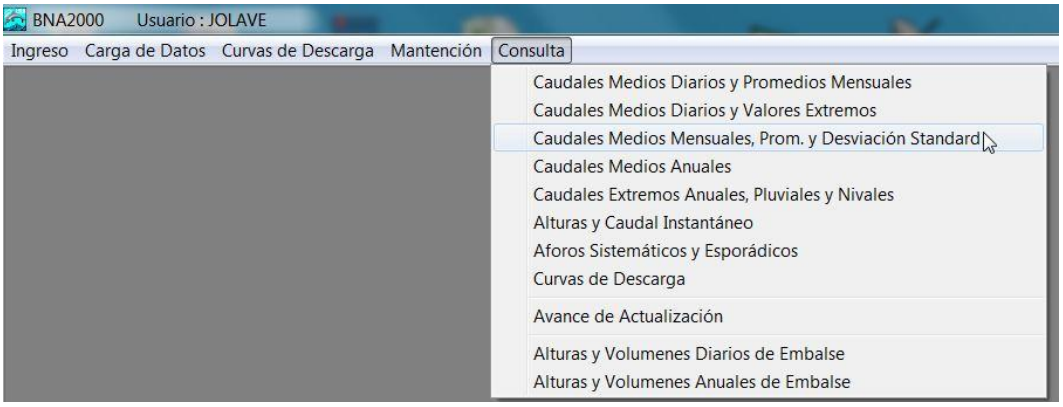
3.a) Características Hidrológicas Básicas de la Estación

Los antecedentes más básicos que deben manejarse de una cuenca asociada a una estación fluviométrica son: *Caudales Medios Mensuales, Altitud de la Estación, Area de Drenaje* y *Régimen Estacional*

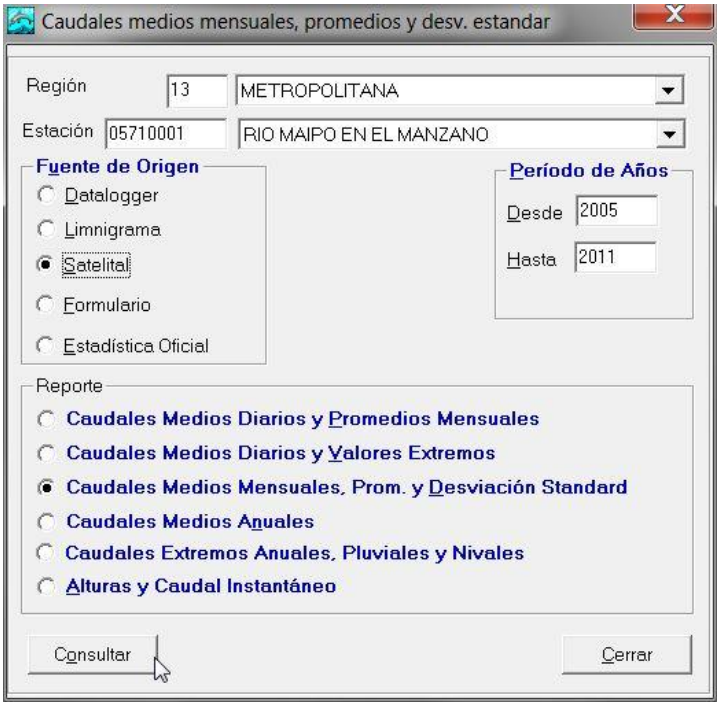
Caudales Medios Mensuales

Se obtienen del sistema de *Fluviometría* del BNA200, que en la opción de *Consulta* emite informes con diferentes niveles de resumen, a los que se accede en la siguiente secuencia :

1) Sistema *Fluviometría* > *Consulta* > … seleccionar alguna consulta de Caudal Medio:



2) Seleccionar estación, Fuente de Origen de las mediciones, Período y tipo de Reporte:



3) Reporte – en este caso se incluyen Caudales Medios Mensuales de cada año y de todo el período seleccionado, y Promedio Anual :

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS

PAGINA : 1
FECHA : 28/08/2012
Periodo : 2005 - 2011

CAUDALES MEDIOS MENSUALES, PROMEDIOS Y DESV. ESTANDAR

FUENTE DE ORIGEN Satelital

Estación	RIO MAIPO EN EL MANZANO				
Código BNA	05710001 - K	Latitud S	: 033° 35' 38	UTM Norte	: 6,281,962 mts
Altitud	: 850	Longitud W	: 070° 22' 45	UTM Este	: 372,023 mts
Cuenca	: RIO MAIPO	SubCuenca	Rio Maipo Medio (Despues Color	Area de Drenaje	4,968.00 km

(m3/Seg.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2005	136.48	102.36 %	74.36	55.25	50.05	105.19	86.89	113.03	123.33	157.13	246.67	401.48	137.68
2006	457.58	306.14	166.52	106.44	79.04	73.81	111.89	89.32	94.51	153.90	232.20	259.19	177.54
2007	236.32	141.33 %	107.75	74.55	65.53	63.29	58.98	54.03	61.24%	95.90 @	121.91	126.76 %	100.63
2008	125.16	97.98	70.30	57.69	94.36	92.52	61.86	80.05	80.79	116.48	244.07	268.06	115.78
2009	185.35	140.04	106.56	81.68	64.78	60.10	55.99	64.61	86.32	85.25	124.11	199.10	104.49
2010	196.48	150.89	119.81	83.04	63.45	60.79	50.28	51.17	55.13	76.90	101.78 %	99.85	92.46
2011	94.31	87.93	69.30	51.38	41.58	35.34	31.78	32.52	44.02	64.88 %	89.74 %	102.23	62.08
PROM.	204.53	146.67	102.08	72.86	65.54	70.15	65.38	69.24	77.91	107.21	165.78	208.10	112.95
DESV. EST.	121.49	74.51	35.05	19.63	17.47	23.06	26.22	26.97	26.97	36.69	71.44	110.47	36.57

Altitud de la Estación y Area de Drenaje

La *Altitud* (en m.s.n.m.) y el *Área de Drenaje* (en km^2) se muestran para cada estación en el encabezado de los informes de Caudales Medios descritos en el punto anterior, junto con otros datos generales de la estación :

Estación	RIO MAIPO EN EL MANZANO				
Código BNA	05710001 - K	Latitud S	: 033° 35' 38	UTM Norte	: 6,281,962 mts
Altitud	: 850	Longitud W	: 070° 22' 45	UTM Este	: 372,023 mts
Cuenca	: RIO MAIPO	SubCuenca	Rio Maipo Medio (Despues Colo	Area de Drenaje	4,968.00 km

La altitud podrá ser usada para determinar el efecto de las lluvias sobre la escorrentía, en comparación con estaciones vecinas.
El área de drenaje se podrá usar para relacionar los caudales de estaciones vecinas, de la misma o diferentes cuencas, durante un mismo episodio de lluvia.

Régimen Estacional

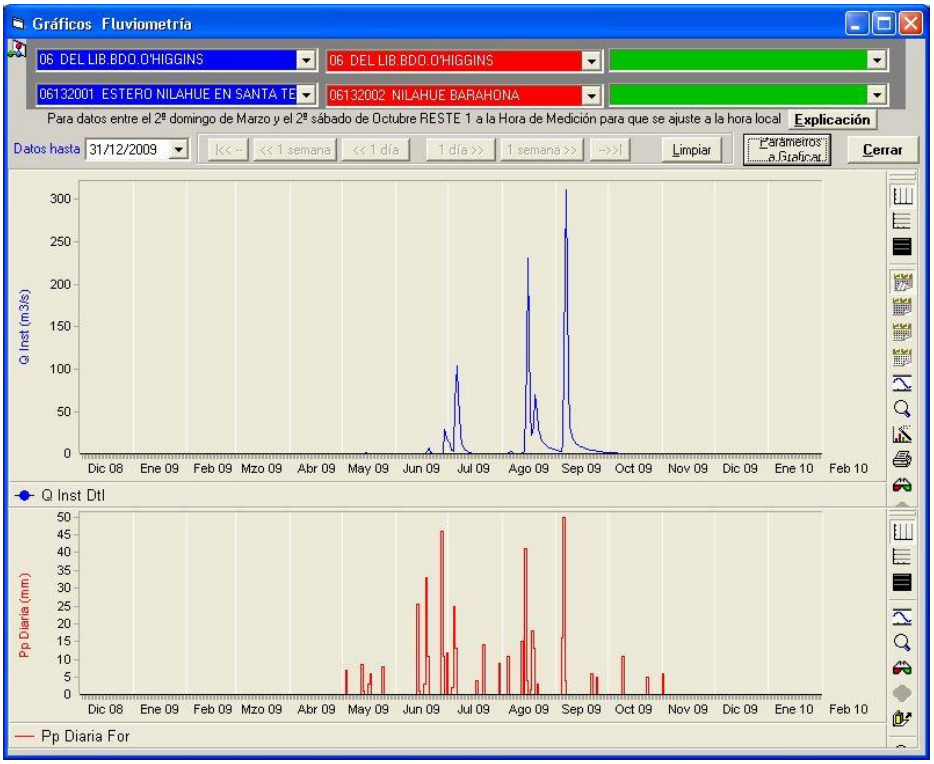
Las fluctuaciones de caudal causadas por períodos de precipitaciones-estiaje-deshielo se distinguen más claramente en estaciones de medición cercanas a la cordillera y no afectadas por lagos, embalses, extracciones por riego ni canalizaciones aguas arriba, es decir, en estaciones donde se mida su **Régimen Natural**. Los antecedentes se pueden

obtener en forma numérica analizando los Caudales Medios Mensuales de la estación (ver arriba) o en forma gráfica revisando algunos años de Caudal Medio Diario, donde las características resultan visualmente más evidentes. En el gráfico se pueden mostrar opcionalmente las Precipitaciones o Temperaturas Diarias de la misma estación o de estaciones meteorológicas cercanas, para apreciar la relación causa-efecto entre estos parámetros y el Caudal. Los ejemplos se presentan todos en forma gráfica :

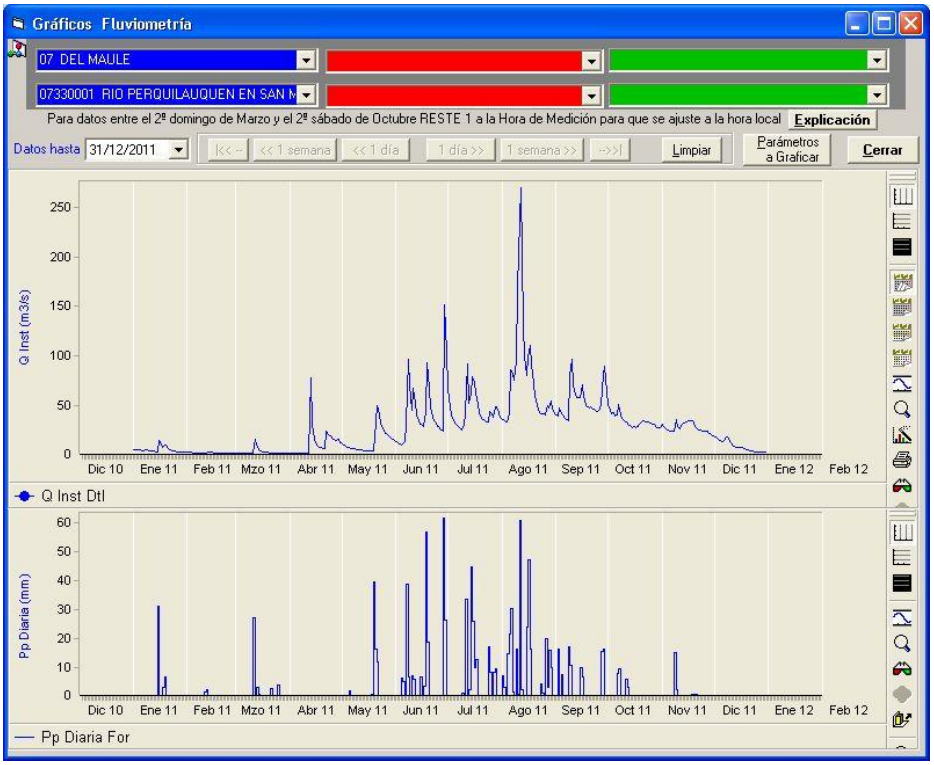
Para análisis gráfico del Régimen Fluvial de estaciones no satelitaltes (mediciones con Datalogger, Banda Gráfica o Formulario con Observador) se usa la opción *Herramientas de Análisis* > *Graficador* del menú de *Mantención* del módulo de Fluviometría del BNA2000 (ver Sistema BNA2000 : *Gráficos de Mediciones*):

Ejemplo 1: la estación *Río Colorado antes Junta Río Maipo* tiene notoriamente un caudal dependiente de los deshielos y no de las lluvias (en rojo, en gráfico inferior), las que fueron medidas en la estación vecina *San José de Maipo Retén*, distante a 5.5 Kms según las coordenadas en la Base de Datos :

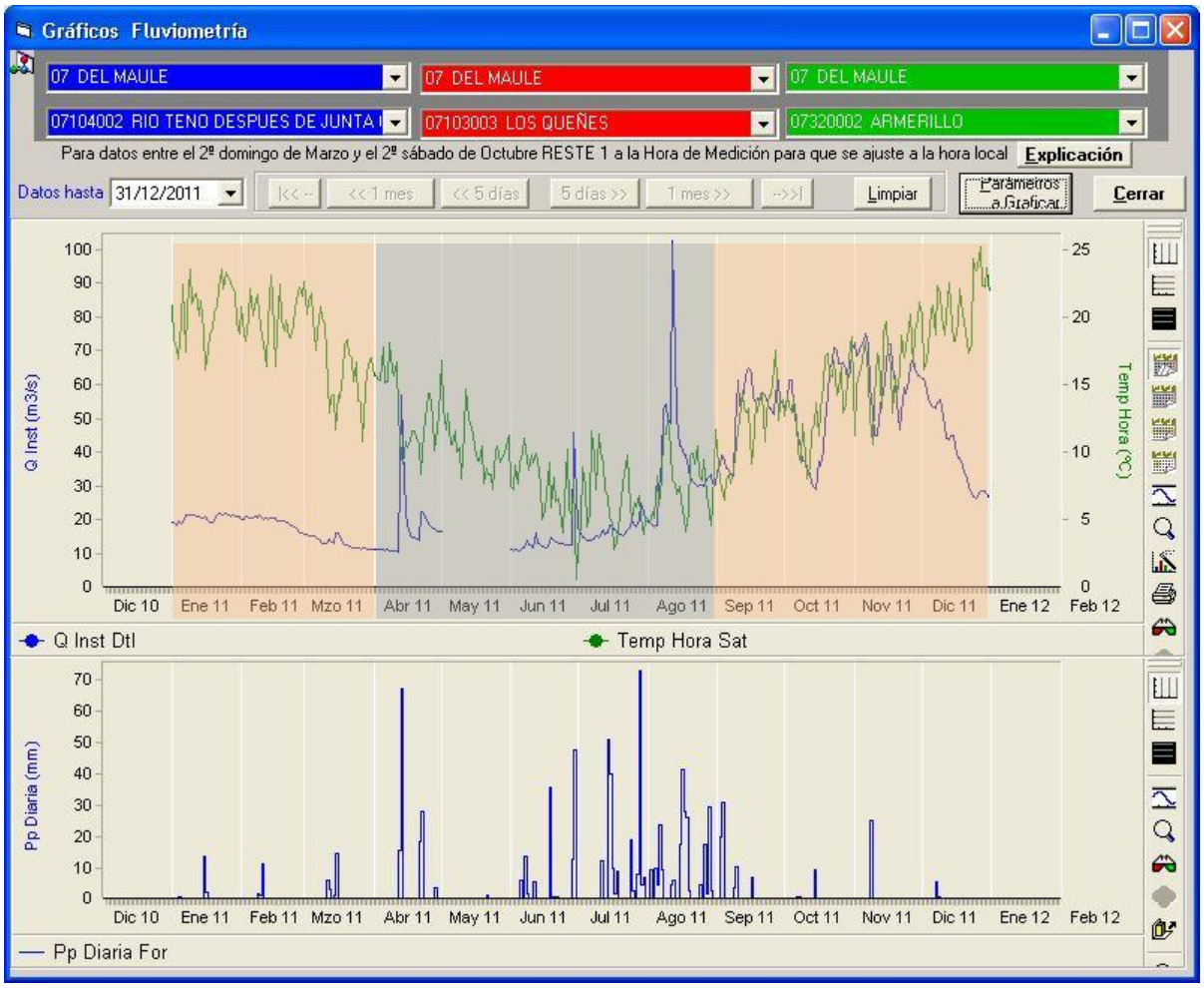
Ejemplo 2: la estación *Estero Nilahue en Santa Teresa* pertenece a una cuenca costera y tiene un hidrograma típico, totalmente dependiente de las lluvias, las que fueron medidas en la estación vecina *Nilahue Barahona* (distante a 4 Kms). Nótense los caudales imperceptibles en los períodos sin lluvia :



Ejemplo 3: la estación *Río Perquilauquén en San Manuel* muestra un marcado régimen pluvial (las precipitaciones de otoño-invierno inciden más en el caudal que los deshielos). En este caso se muestran las precipitaciones medidas en la misma estación:

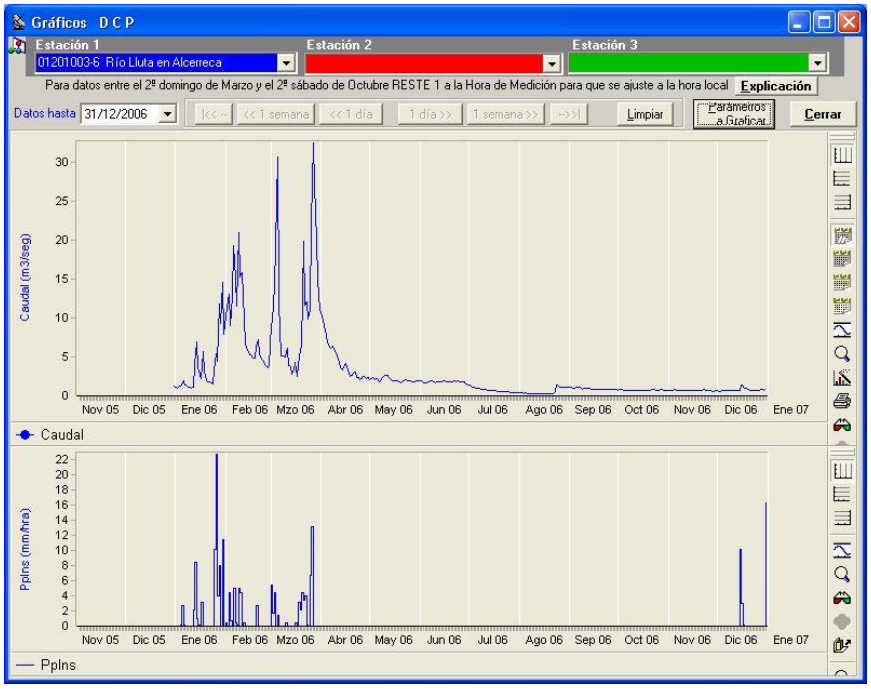


Ejemplo 4: la estación *Río Teno Después de Junta con Claro* muestra un régimen mixto (pluvial y nival). En el gráfico superior (caudales en azul, temperaturas de una estación vecina en verde) se aprecia que las precipitaciones son la principal componente del caudal en el período Abril-Agosto, cuando no hay aporte sino acumulación de nieve y las temperaturas son bajas (zona gris). En cambio, de Septiembre en adelante el aumento de temperatura causa un mayor aporte nival y el caudal aumenta a pesar de las escasas lluvias (zonas naranja):

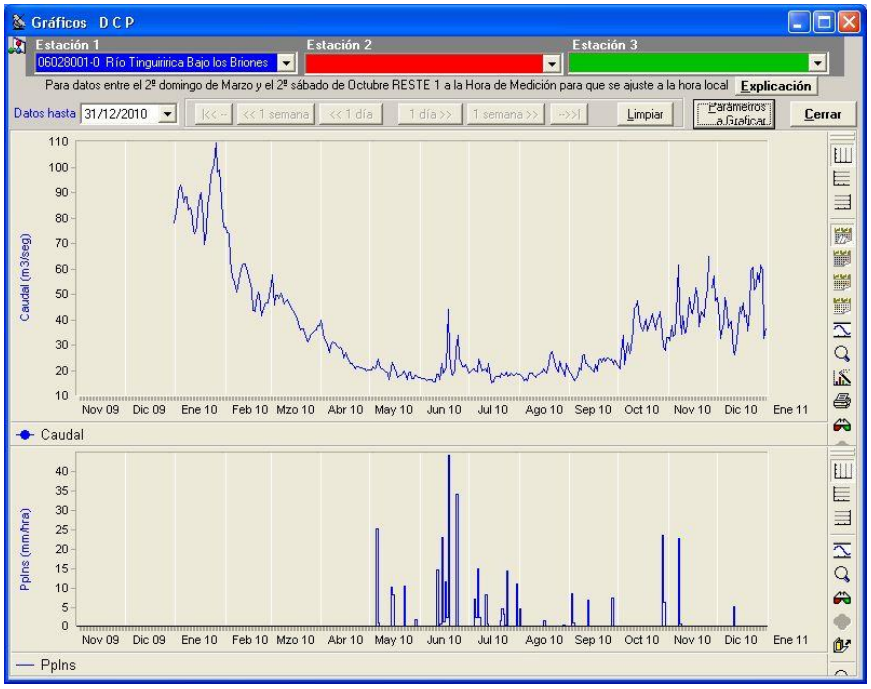


Para analizar en gráficos el Régimen Fluvial de estaciones satelitales se utilizan los programas ***DCP_UsReg.exe*** o ***DCP_UsStgo.exe*** :

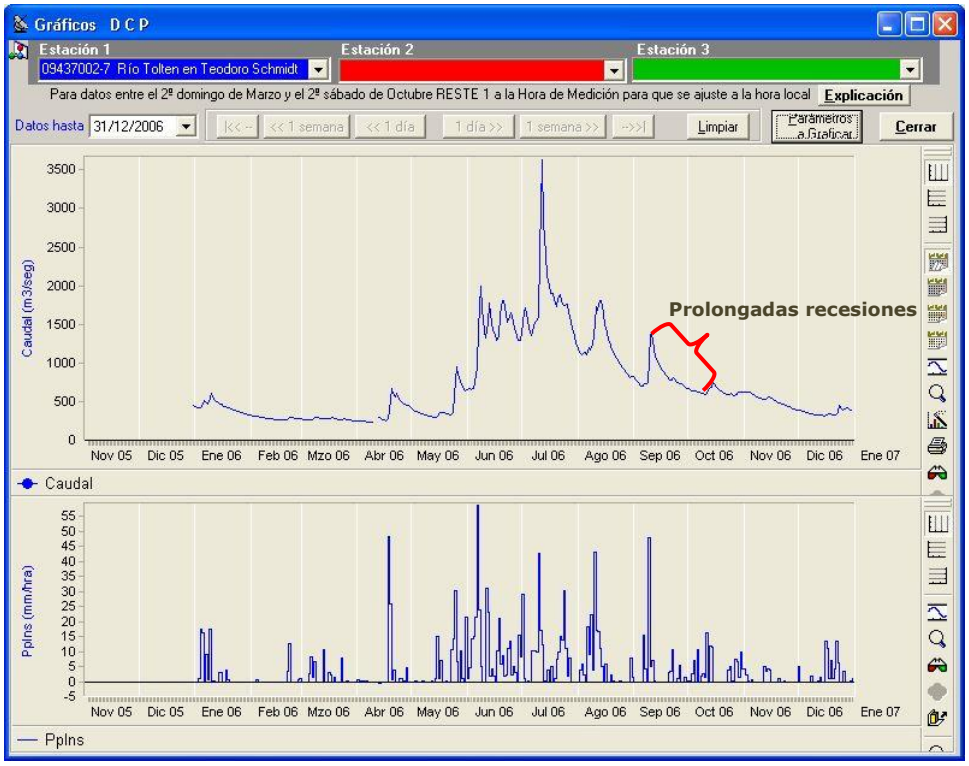
Ejemplo 1: la estación *Río Lluta en Alcérreca* , típica de la zona norte, muestra un régimen pluvial con caudales bajísimos durante todo el año, con dependencia de las lluvias locales preferentemente en verano (y que en este caso fueron medidas en la misma estación):



Ejemplo 2: la estación *Río Tinguiririca Bajo Los Briones* muestra un acentuado régimen nival (los deshielos de primavera-verano inciden más en el caudal que las precipitaciones), las que fueron medidas en la misma estación:



Ejemplo 3: la estación *Río Toltén en Teodoro Schmidt* también muestra un régimen pluvial, pero con una zona de recesión más prolongada en el hidrograma, por estar aguas abajo del lago Villarrica, que actúa como amortiguador. Las precipitaciones graficadas son medidas en la misma estación:



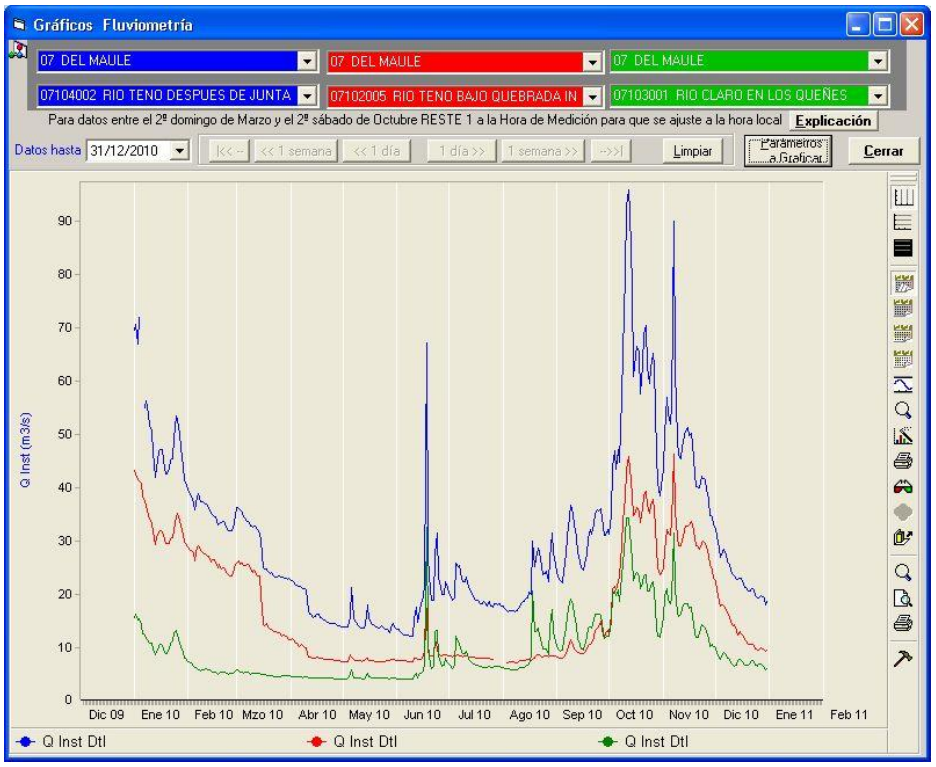
3.b) Relaciones Simples entre Caudales de la Misma Cuenca

Una vez establecido el régimen estacional de una cuenca, el análisis conjunto de caudales en 2 o más estaciones sucesivas permite determinar en forma preliminar las causas de algunas situaciones que pueden llamar la atención a primera vista al revisar los gráficos respectivos.

Situación sin Alteraciones

Al relacionar una estación aguas abajo con una o más aguas arriba, en el mismo cauce o en sus afluentes, el caso más simple se produce cuando no hay extracciones ni afluentes importantes entre ellas, de modo que en todas se está midiendo el **caudal natural**. Un caso típico – de los cuales no hay muchos – se produce en las estaciones *Río Teno después de Junta con Claro* ( ), *Río Claro en Los Queñes* ( ) y *Río Teno Bajo Quebrada Infiernillo* ( ) en la VII Región (se han coloreado los cauces pertinentes):

En el gráfico que sigue se ve que los caudales de 2010 de las 3 estaciones guardan una relación directa y lógica: la suma de Qs aguas arriba (líneas **roja** y **verde**) es igual al Q medido aguas abajo (línea **azul**), en *Teno después de Junta con Claro*. En las imágenes Google Earth se aprecia que en en el tramo *Teno después de Junta con Claro - Teno Bajo Quebrada Infiernillo* no hay zonas de cultivo, por lo que no hay extracciones para riego, y aparentemente los afluentes no medidos que confluyen desde el norte y el sur no inciden mayormente en la relación :



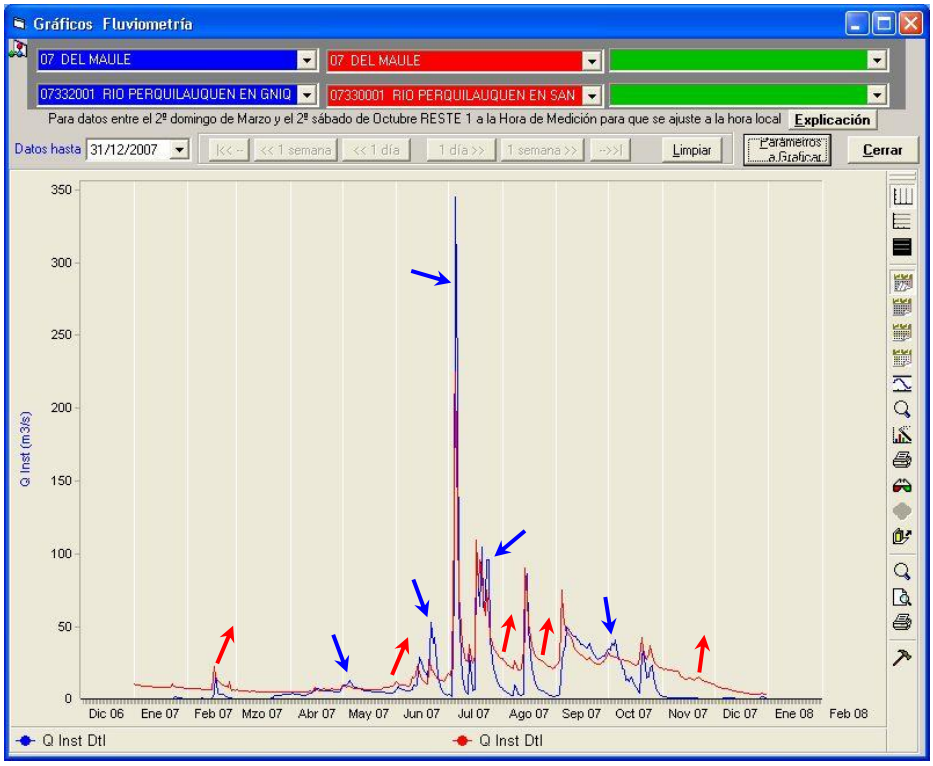
Sin embargo, este caso ideal es poco frecuente y usualmente hay varias situaciones de análisis gráfico en que se hace menos evidente la relación entre caudales.

Efecto de Extracciones por Riego

Constituyen la fuente más frecuente de alteraciones al caudal natural en una estación, especialmente en períodos de estiaje. Con fines de control o para detectar anomalías en las mediciones, es importante reconocerlas en los gráficos y ojalá estimar las cantidades extraídas.

Ejemplo 1: dentro del complejo de obras de regadío en la hoya del río Itata, la estación *Río Perquilauquén en San Manuel* (mide el caudal antes de las extracciones en los canales Perquilauquén–Cato y Perquilauquén–Ñiquen, y antes de una restitución del río Cato. La estación *Río Perquilauquén en Ñiquen* ( ) mide el caudal después de ellas :

El gráfico de caudales de *Perquilauquén en San Manuel* (**rojo**) y *Perquilauquén en Ñiquen* (**azul**) para el año 2007 es :

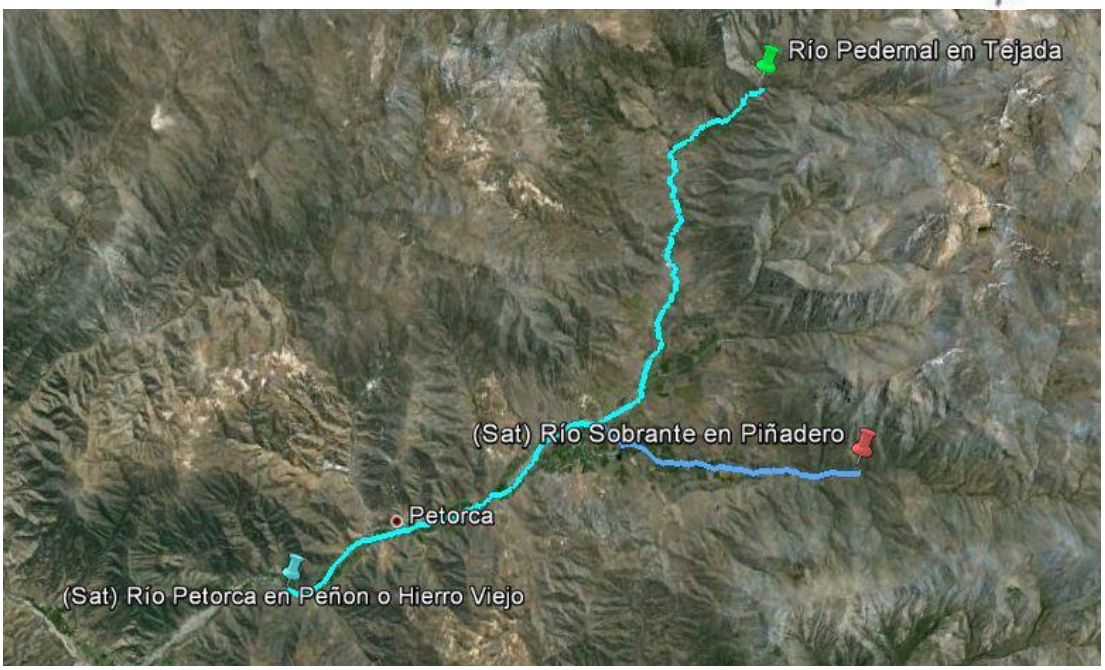


En un régimen natural los caudales medidos aguas arriba son usualmente menores que aguas abajo. Pero en este caso se aprecia claramente que en los períodos de extracción neta (marcados con ↑) en los canales mencionados, el caudal de *Perquilauquén en San Manuel* (**rojo**) es mayor que en *Perquilauquén en Ñiquen* (**azul**). Cuando no hay extracción neta o ésta es pequeña, la situación es inversa (períodos marcados con ↓).

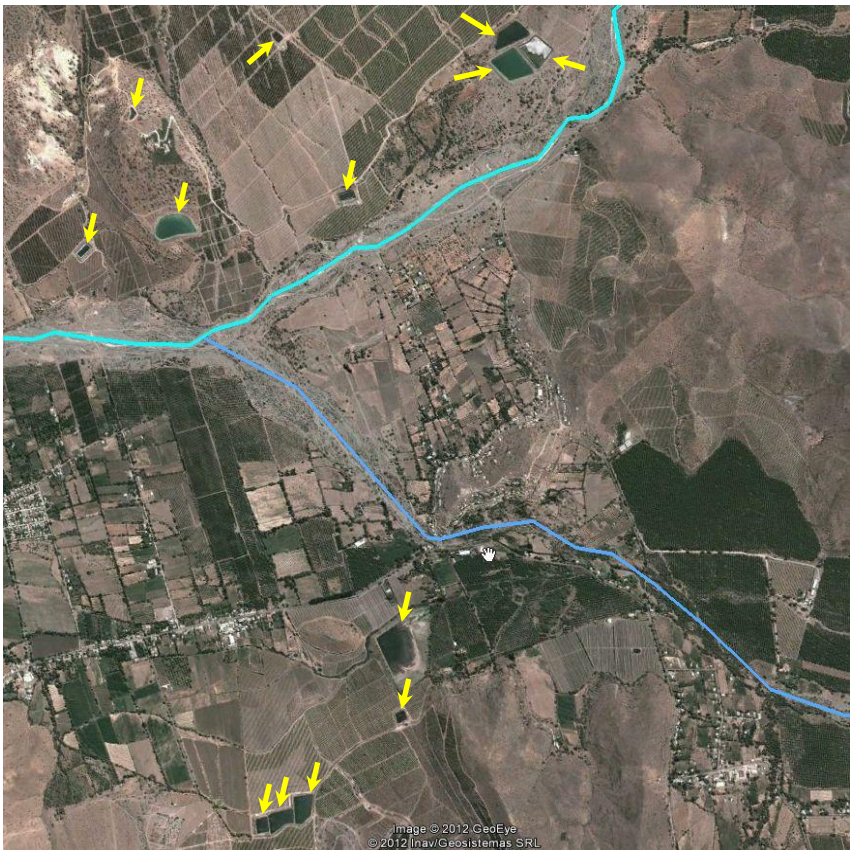
Como en este caso se considera solo una estación aguas arriba, la extracción neta diaria en m3/seg puede calcularse en el gráfico por simple diferencia entre la línea roja (*Perq.en Sn Manuel* - aguas arriba) menos la línea azul (*Perq.en Ñiquen* - aguas abajo). Naturalmente, esta diferencia también puede obtenerse numéricamente de un informe para el período.

Este sencillo método permite determinar los caudales extraídos en un tramo del cauce entre 2 estaciones prácticamente de un vistazo, siempre que se cuente con los gráficos adecuados y una buena interpretación.

Ejemplo 2: las estaciones *Río Sobrante en Piñadero* ( ) y *Río Pedernal en Tejada* ( ) miden el caudal en el nacimiento de los 2 más importantes afluentes del río Petorca, el que a su vez se mide en la estación *Río Petorca en Peñón o Hierro Viejo* ( ) :

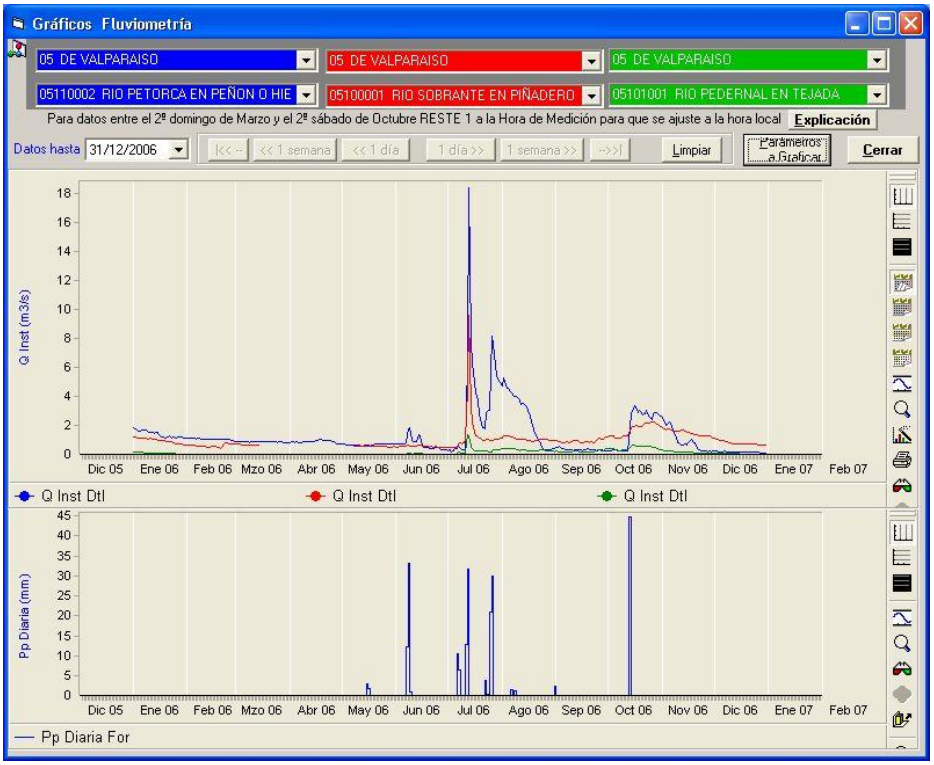


En un régimen natural, la suma de los caudales de las 2 primeras debiera ser mayor o igual que el de *Petorca en Peñón*, pero importantes extracciones para varios embalses alteran esa relación. Usando Google Earth con más ampliación en la zona de la confluencia, se reconocen de inmediato varios embalses, marcados con flechas amarillas:



Para profundizar en el manejo de esta y otras cuencas se puede recurrir a los estudios disponibles en el sitio de la DGA, buscando por palabras clave en la página de inicio del *Catálogo Bibliográfico*, en la dirección http://sad.dga.cl/

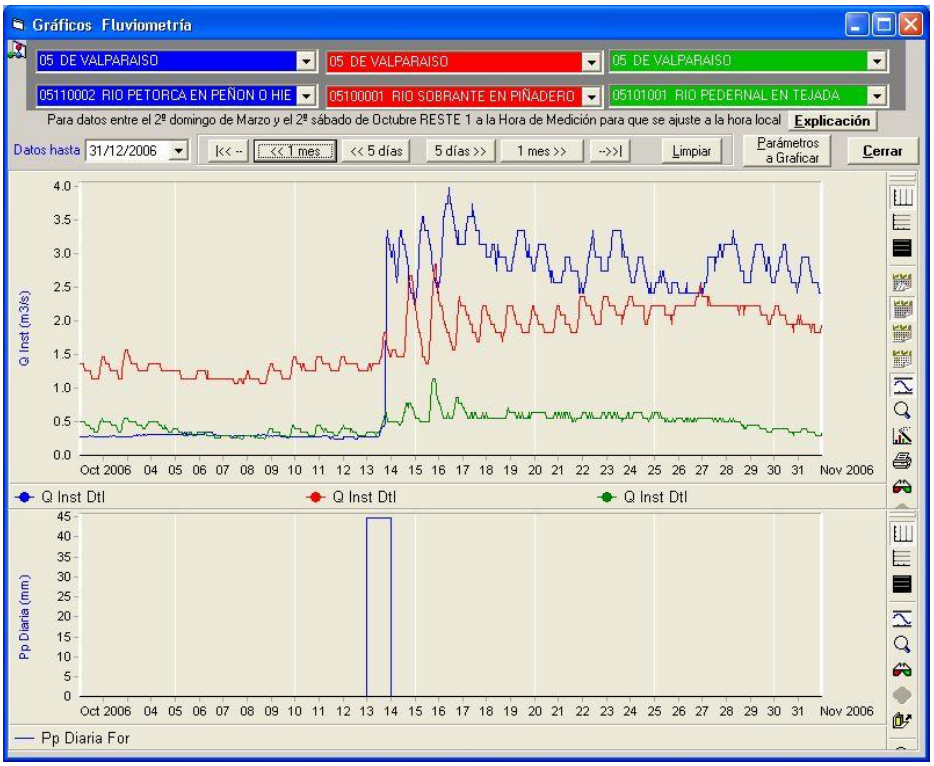
Un gráfico de 2006 muestra una situación típica con las estaciones *Río Petorca en Peñón o Hierro Viejo* (aguas abajo en **azul**), *Río Sobrante en Piñadero* (**rojo**) y *Río Pedernal en Tejada* (**verde**):



En los períodos que siguen inmediatamente después de las lluvias de Junio-Agosto y Octubre-Noviembre, la retención por infiltración en la cuenca es suficiente para el riego y además para llenar los numerosos embalses, quedando incluso un excedente: el caudal medido en la estación *Petorca en Peñón o Hierro Viejo* (aguas abajo en **azul**) es superior a la suma del caudal de las otras 2 estaciones (líneas **roja** y **verde**).

Una vez agotada la retención, las necesidades de agua se traducen en la extracción del todo el caudal del río y sus afluentes; sólo unas mínimas restituciones permiten que en la estación *Petorca* se mida algún caudal en los períodos de Septiembre, Diciembre y posteriores.

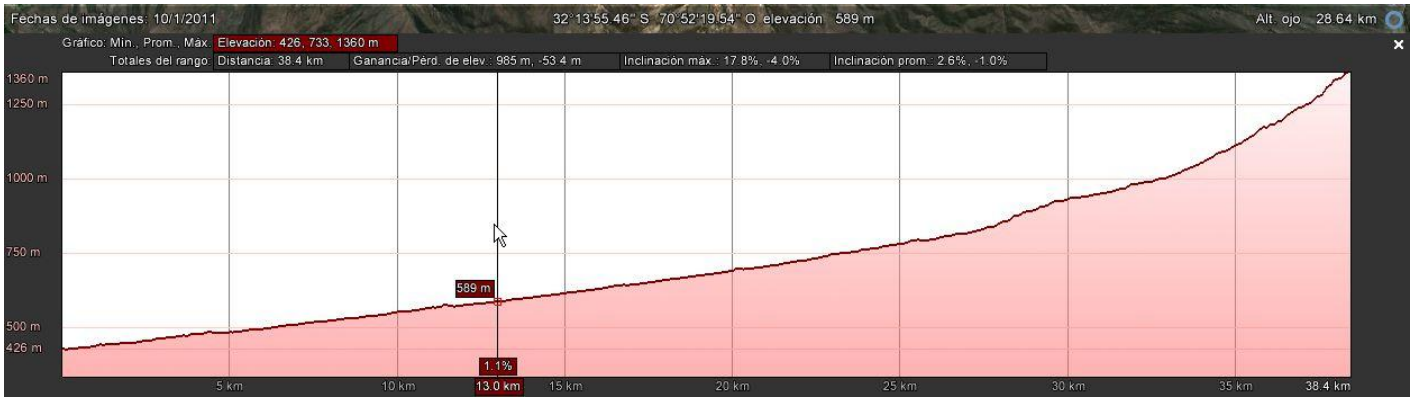
La siguiente imagen muestra el detalle de lo sucedido a inicios de Octubre de 2006:



Antes del día 13, la medición en *Petorca en Peñón …* (aguas abajo en **azul**) es muy inferior a la suma de *Sobrante …* (**rojo**) más *Pedernal …* (**verde**). La diferencia es la extracción neta para riego, de unos 1.6 m3/seg, desde las numerosas bocatomas que existen en la cuenca. Después de la importante lluvia el día 13, la extracción disminuye o bien no es tan perceptible. Las razones para que los caudales en el nacimiento de los afluentes no aumentaran en forma tan marcada pueden ser

- la precipitación (medida en la estación *Petorca…)* no fue tan intensa en esos puntos
- las áreas de drenaje son menores
- están a mucho mayor altitud y quizás sobre la línea de nieve. Esto explicaría por qué el caudal en esas fuentes (en **rojo** y **verde**) muestran notorias fluctuaciones diarias, acordes con el derretimiento en horas de mayor temperatura. También sería la causa de que, a diferencia de las precipitaciones de Julio-Agosto, en las semanas posteriores a Octubre ellas siguen aportando a pesar de su menor área de drenaje y de no haber precipitaciones, según se aprecia en el gráfico anual anterior.

Por otra parte, el *Perfil de Elevación* para la ruta *Río Petorca en Peñón o Hierro Viejo - Río Pedernal en Tejada* muestra la particularidad de una diferencia de altitud 934 m entre ambas estaciones, distantes a solo 38.4 Km una de otra. Este perfil puede ayudar a explicar otros fenómenos más locales al conocedor de la zona (inundaciones, derrumbes, etc.)

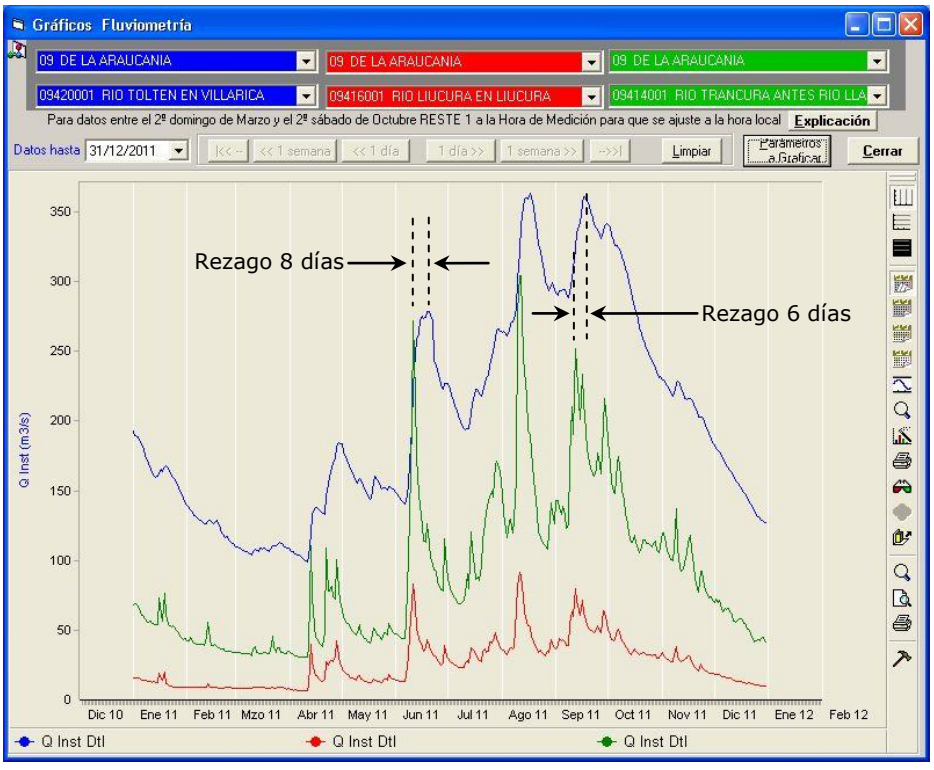


Un análisis de este tipo, realizado con la información disponible en la oficina, permite al analista hidrológico asignado a una cuenca y conocedor de la zona encontrar la interpretación correcta de lo que ha sucedido en ella.

Efecto de Lagos

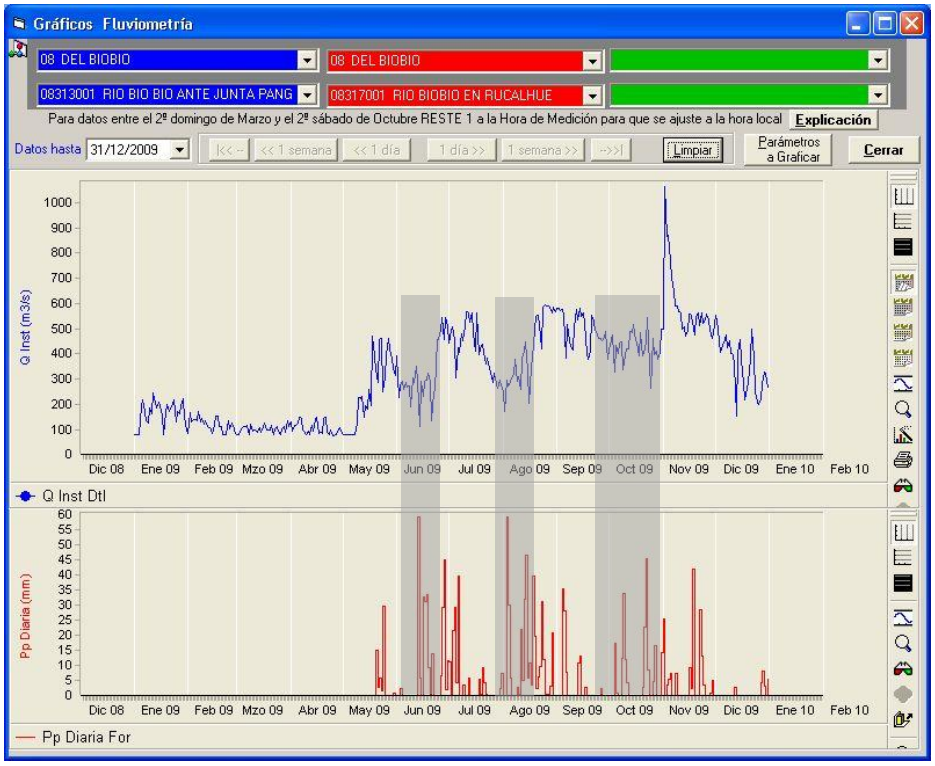
Respecto de los caudales que entran, un lago produce aguas abajo una amortiguación natural (no regulada), lo que se visualiza claramente en las estaciones en torno al lago Villarrica :

La estación *Toltén en Villarrica* (**azul**), a la salida del lago, muestra variaciones de caudales según el régimen pluvial de la cuenca, pero notoriamente suavizadas y rezagadas respecto de los caudales en *Liucura en Liucura* (**rojo**) y *Trancura antes Río Llafenco* (**verde**) :



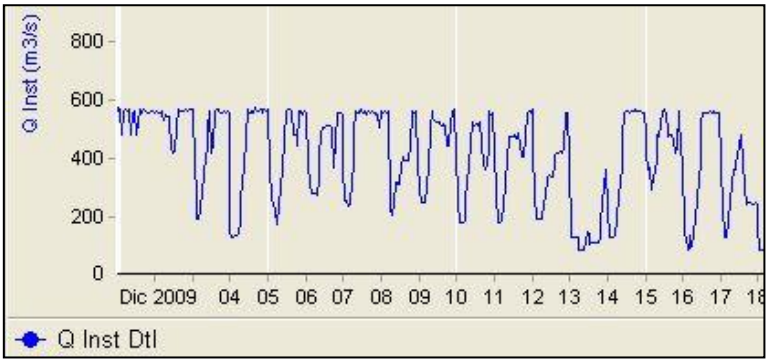
Efecto de Embalses para Generación Eléctrica

En estos casos el caudal aguas abajo depende enteramente de la forma en que se opera el embalse para atender las necesidades de acumulación-generación y la ley de regulación para crecidas. El resultado es un caudal desvinculado del régimen de precipitaciones, como se aprecia en el gráfico de la estación *Río Bío Bío ante Junta Pangue* (inmediatamente aguas abajo de la central Pangue) en 2009, con la lluvia medida en la estación *Bío Bío en Rucalhue*, distante unos 35 Km :



Se han destacado en tonos grises los períodos en que pese a las lluvias, el caudal disminuye, supuestamente porque el embalse ha entrado en etapas de acumulación.

La Norma de Operación del embalse indica que la generación de la central obedece a un programa diario y horario entregado por el CDEC (Centro de Despacho Económico de Carga), que considera limitaciones técnicas, hidrológicas, ambientales, de riego y las propias del sistema eléctrico, además de la abundancia o estrechez de oferta en el sistema eléctrico. Esto se manifiesta en variaciones horarias en la generación, en escalones controlados, evitando efectos sobre los usuarios del río, lo que se aprecia claramente en el caudal aguas abajo, en una ampliación a escala mensual de Diciembre de 2009 del mismo gráfico anterior :



Efecto de Embalses para Regadío

En estos casos el caudal aguas abajo está regido por los períodos de acumulación-aporte determinados por el programa de regulación del embalse. El caso del *Embalse Lautaro* en la III Región es ilustrativo pues cuenta con la estación *Río Copiapó en Pastillo* (en **rojo**) a la entrada del embalse, y *Río Copiapó en Lautaro* inmediatamente aguas abajo (en **azul**). El gráfico de caudales de 2010 se repite en otros años :

Entre mediados de Mayo y mediados de agosto hubo una acumulación de casi todo el caudal de entrada (línea **roja**), con una liberación en Octubre–Noviembre (línea **azul**). Las escasas precipitaciones locales medidas en la estación *Lautaro Embalse* (en **verde**) influyen sólo de manera indirecta en estos caudales por la vía de su incidencia en el programa de regulación según las necesidades agrícolas aguas abajo.

4. Detección de Anomalías en las Mediciones

Para lograr el objetivo de *continuidad* y *calidad* de las mediciones es imprescindible utilizar las herramientas mencionadas arriba para detectar situaciones fuera de lo común. Hay casos anormales que afectan a todas las técnicas de medición (Ej.: un embancamiento de la sección de aforo), pero hay otros que son específicos de cada técnica (Ej.: agotamiento de la batería en datalogger).

4.a) Falta de Continuidad de las Mediciones

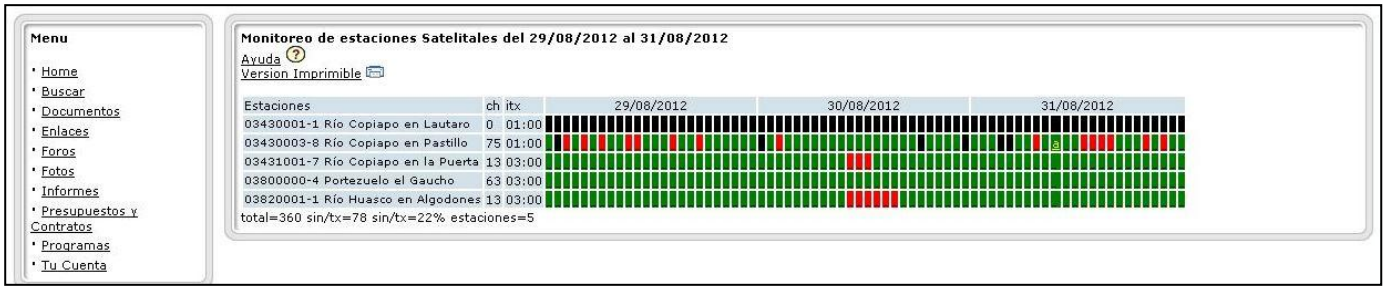
Sin duda este es el principal problema en el registro de mediciones fluviométricas y debe ser objeto de la mayor atención.

La detección de interrupciones en las mediciones es sencilla pues hay herramientas que permiten ponerlas en evidencia. Lo que no es tan simple es la adopción rápida de las medidas correctivas para reponer el registro normal y procurar que no se repitan los errores.

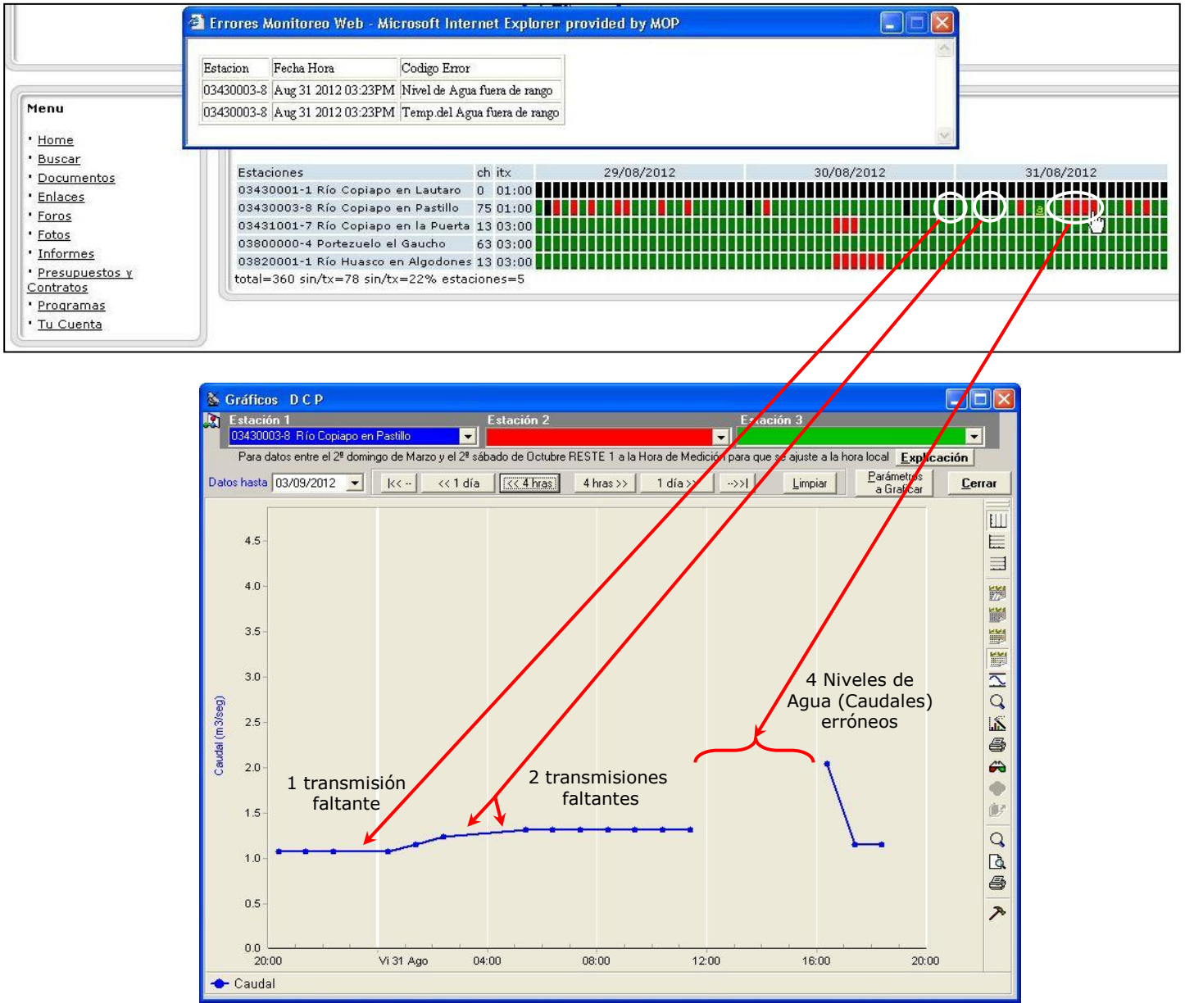
En el caso de mediciones Satelitales, la continuidad de las mediciones debe verificarse diariamente en la Pantalla de Monitoreo de Mediciones Satelitales disponible para cada Región (ver en Cap. 2.a) el acceso a opción *Informes*). En ella se presenta la evolución hora a hora de las transmisiones satelitales, con colores y símbolos para identificar las diferentes situaciones.

Para obtenerla se ingresa al menú principal de la Intranet de la División de Hidrología, donde se debe indicar el período y la Región a analizar:

La pantalla resultante muestra el monitoreo hora por hora de la calidad de las transmisiones satelitales:



Una pantalla anexa explica el significado de los colores: la marca **negra** significa que no se recibió la transmisión; la marca **roja** significa que el sistema satelital recibió una transmisión pero detectó un error en sus datos. Al poner el cursor sobre esta última marca aparece una explicación de la causa del error :



En este caso hay 2 errores: "*Nivel de Agua fuera de rango*" y "*Temp del Agua fuera de rango*", indicando que ambos parámetros exceden los valores extremos fijados para los respectivos sensores.

En el gráfico inferior se aprecia la relación entre las marcas del informe de monitoreo y los vacíos de datos que resultan de estos errores.

En el caso de mediciones no satelitales (con Datalogger, Banda Gráfica o Registros en Formulario), la continuidad de mediciones sólo se podrá verificar durante las inspecciones programadas en terreno o bien posteriormente, al analizar la secuencia de mediciones una vez que éstas se hayan ingresado a la Base de Datos BNA2000.

La inspección en terreno se traduce en el llenado del formulario "*Control Hidrométrico*", en el cual los siguientes puntos son determinantes para establecer si hay o no continuidad de las mediciones:

- pozo o tubería del instrumento embancados
- estado del limnímetro: inclinado, ilegible, destruído, etc.
- en estaciones de registro manual (con observador): comprobar que se hayan llenado los formularios
- en estaciones con datalogger: estado de registros en la memoria; estado de la batería
- consistencia entre el registro en el instrumento electrónico y la regla limnimétrica

Una vez ingresadas las mediciones a la Base de Datos, la discontinuidad de las mediciones se aprecian gráficamente en forma evidente como en el siguiente ejemplo de los registros para 2011 en la estación de la 4ta Región *Río Grande en Puntilla San Juan* (los períodos faltantes están enmarcados en rojo):

4.b) Mediciones Erróneas

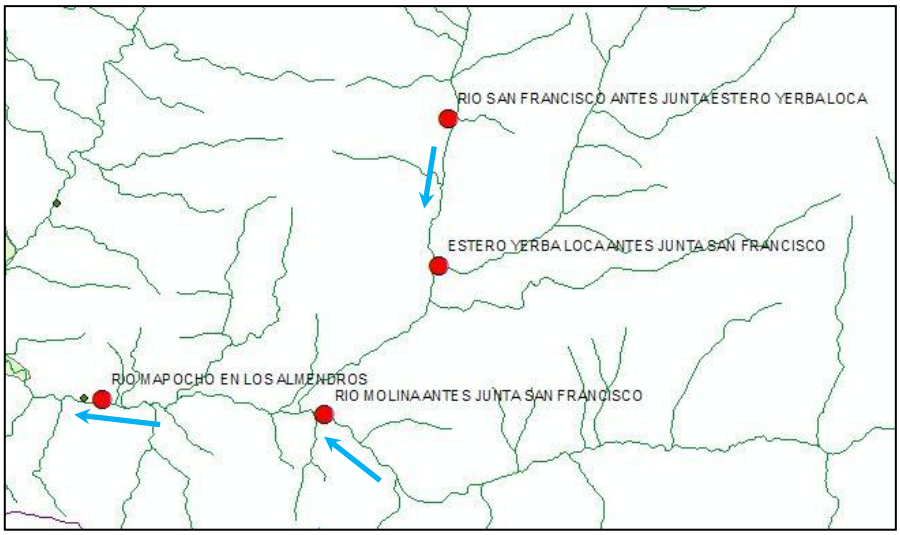
En los ejemplos que siguen se muestran errores detectados hace algún tiempo en los sistemas; es muy probable que ellos ya hayan sido corregidos, de modo que pueden no aparecer al hacer las mismas consultas en la actualidad.

Detección por simple Análisis de Gráficos

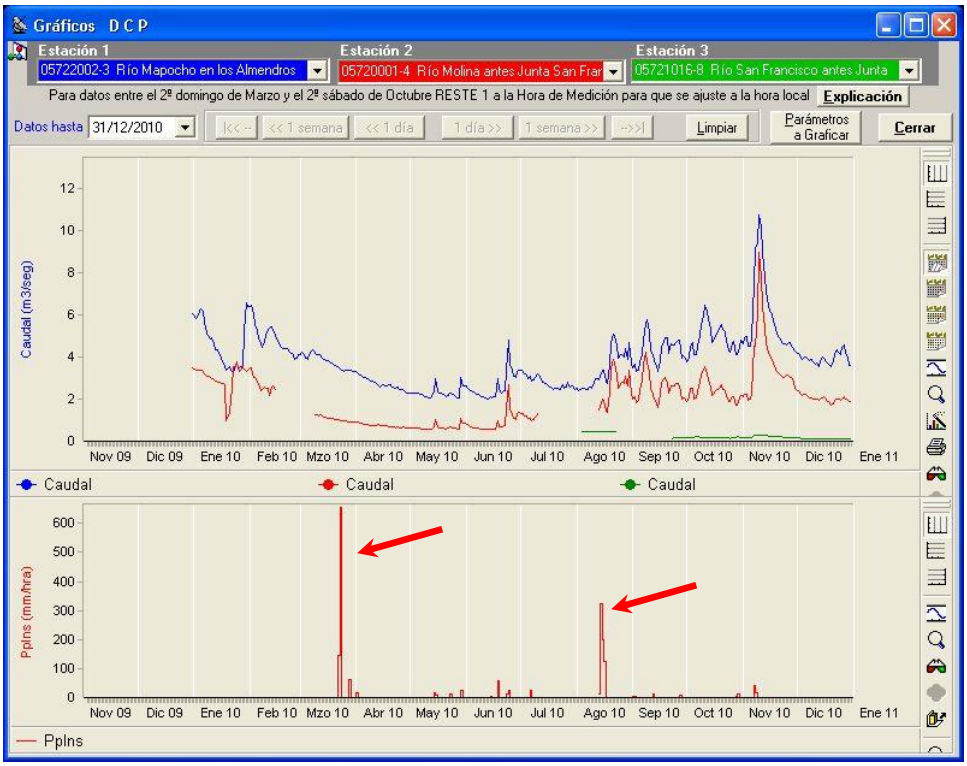
La mera observación de un gráfico de caudales de una estación aislada o acompañada de sus vecinas es el método más sencillo para identificar anormalidades en las mediciones.

Ejemplo 1 – Precipitaciones

Se verán mediciones en estaciones de la cuenca del Mapocho: *Río Mapocho en Los Almendros*, *Río Molina Antes Junta San Francisco*, *Estero Yerba Loca Antes Junta San Francisco* y *Río San Francisco Antes Junta Estero Yerba Loca*, cuyas ubicaciones en un mapa de ARCGIS son



Un gráfico de 2010 con caudales de *Mapocho en Los Almendros* (línea **azul**), *Molina Antes Junta San Francisco* (línea **roja**) y *Río San Francisco Antes Junta Estero Yerba Loca* (línea **verde**) al que se agregaron Precipitaciones en *Molina…* para analizar las relaciones, acusa a simple vista una lluvia de más de 600 mm/hora en Marzo y otras superiores a 300 mm en Agosto :



El error de medición es evidente. Para comprobar que no se trata de un problema del software de graficación, se emitieron sendos Informes para esos períodos y se examinó la Base de Datos (esto último es una tarea especializada, que se incluye aquí sólo con fines ilustrativos) :

Informe Marzo 2010
(Precip Instantánea)

Nro.	Fecha-Hora de Medición	Río Molina ante Pplns (mm)
561	09:00	0.000
562	10:00	0.000
563	11:00	655.360
564	12:00	0.000
565	13:00	0.000

Registros en la Base de Datos Marzo 2010
(Precip Acumulada)

CodEst	FecMed	Medici	MediRe
05720001-4	23/03/2010 9:43:0	0	0
05720001-4	23/03/2010 10:43:	0	0
05720001-4	23/03/2010 11:43:	655.36	655.36
05720001-4	23/03/2010 12:43:	0	0
05720001-4	23/03/2010 13:43:	0	0

Informe Agosto 2010
(Precip Instantánea)

Nro.	Fecha-Hora de Medición	Río Molina ante Pplns (mm)
342	15:00	5.900
343	16:00	8.900
344	17:00	9.700
345	18:00	6.200
346	19:00	10.600
347	20:00	12.100
348	21:00	20.100
349	22:00	58.300
350	23:00	89.500
351	15/08/10	
352	00:00	97.300
353	01:00	32.700

Registros en la Base de Datos Agosto 2010
(Precip Acumulada)

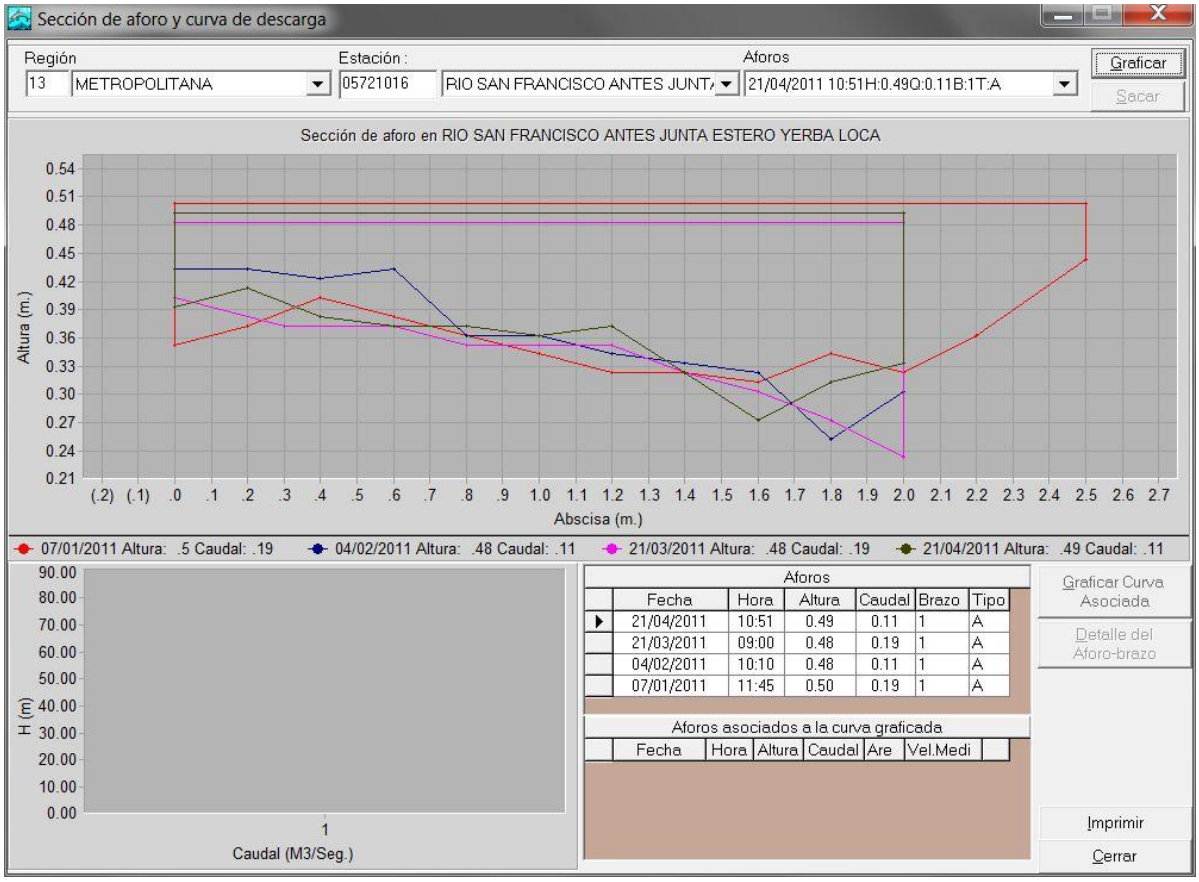
CodEst	FecMed	Medici	MediRe
05720001-4	14/08/2010 14:43:	136.5	136.5
05720001-4	14/08/2010 15:43:	142.4	142.4
05720001-4	14/08/2010 16:43:	151.3	151.3
05720001-4	14/08/2010 17:43:	161	161
05720001-4	14/08/2010 18:43:	167.2	167.2
05720001-4	14/08/2010 19:43:	177.8	177.8
05720001-4	14/08/2010 20:43:	189.9	189.9
05720001-4	14/08/2010 21:43:	210	210
05720001-4	14/08/2010 22:43:	268.3	268.3
05720001-4	14/08/2010 23:43:	357.8	357.8
05720001-4	15/08/2010 0:43:0	455.1	455.1
05720001-4	15/08/2010 1:43:0	487.8	487.8

Estos cuadros confirman que efectivamente hay un problema en el registro básico del dato en terreno. Lo más probable es que la causa sea un error en la transmisión satelital o el mal funcionamiento del sensor de lluvia, que cuenta con un dispositivo mecánico muy sensible se vacía cada vez que se acumula cierta cantidad de mm de precipitación. Hay casos en que este dispositivo ha marcado precipitaciones exorbitantes debido a que vientos fuertes o sismos han hecho vibrar el poste en que está instalado.

Ejemplo 2 – Caudales

Continuando con el análisis de las mismas 3 estaciones, el gráfico de caudales para los meses iniciales de 2011 es :

La estación *San Francisco Antes Junta Estero Yerba Loca* (línea **verde**) es la que está más aguas arriba, y salta a la vista que su crecida de más de 6 m^3/seg debía también reflejarse en las estaciones aguas abajo (líneas **azul** y **roja**) . Ello no sucede, indicando un problema en la medición, que en este caso se debió a un embancamiento en su sección de medición, que es muy estrecha, causado por la crecida de inicios de Febrero, la que sí aparece reflejada en las otras estaciones. La figura siguiente muestra la secuencia de secciones tomadas de los aforos de la estación entre el 07 de Enero y el 21 de Abril de 2011 :



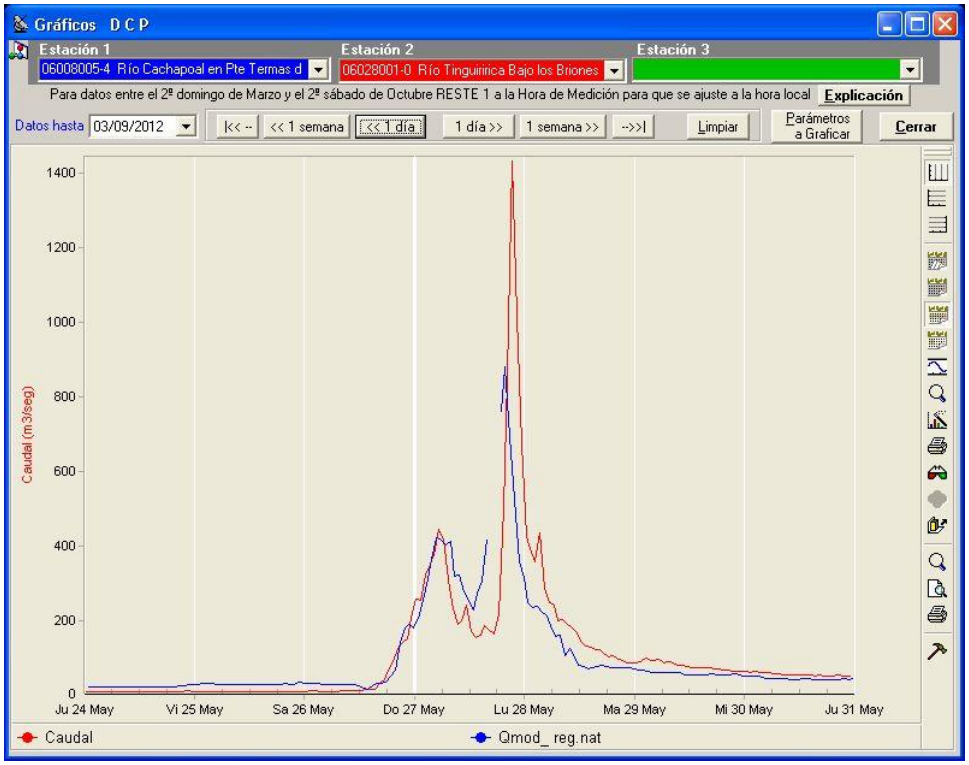
No se aprecia a primera vista ninguna anomalía en los perfiles de aforos que muestren el supuesto embanque. Esto es extraño, por lo que debiera revisarse en detalle el procedimiento de aforo y lo sucedido en la estación.

En definitiva, el gráfico de caudales también muestra que la situación fue solucionada, por lo que las mediciones recobraron bruscamente su nivel normal hacia fines de Marzo.

Detección usando Antecedentes Complementarios

Los atributos básicos de una estación pueden usarse como elemento adicional a las mediciones de caudal para verificar su validez, como es el caso del *Área de Drenaje*. En el siguiente ejemplo de Mayo de 2012 se analizan las estaciones *Río Cachapoal en Puente Termas de Cauquenes* ( ) y *Río Tinguiririca en Bajo Los Briones* ( ), pertenecientes a 2 cuencas diferentes pero cercanas :

Las respectivas áreas de drenaje obtenidas de los Informes de Caudales Medios son de 2.522 Km^2 para la primera y de 1.449 Km^2 para la segunda. Para un mismo evento con precipitaciones semejantes en ambas zonas, la conclusión básica inicial es que, debido a su mayor área de drenaje, *Cachapoal en Puente Termas* debiera mostrar un caudal superior al de *Tinguiririca Bajo Los Briones*.



Sin embargo, en Mayo de 2012 y en otros años anteriores, ello no ha sido así, como se muestra en el gráfico anterior con *Cachapoal en Puente Termas* en **azul** y *Tinguiririca Bajo Los Briones* en **rojo**.

Se aprecia que con caudales bajos se mantiene entre ellos la proporcionalidad esperada según las áreas de drenaje; con caudales medios ellos tienden a igualarse, y en crecidas los caudales aparecen en proporción inversa a las áreas de drenaje. Esta situación debió ser analizada y explicada, ya que podía obedecer a algunas de las siguientes razones

- faltaba actualizar o había un error en el trazado de las respectivas curvas de descarga
- no correspondía aplicar el supuesto de que las precipitaciones fueran similares en ambas cuencas y había que buscar estaciones que las midieran por separado en cada zona, para poder hace una comparación con una buena base
- la escorrentía en crecidas podría obedecer a características particulares de cada cuenca (tipo de suelo e infiltración, cobertura vegetal, altitud media de la cuenca e incidencia de la temperatura en la línea de nieve, etc.)

En definitiva, se detectó que las Curvas de Descargas no estaban debidamente actualizadas. A la fecha de editarse la presente *Guía de Análisis Hidrométrico*, el proceso de ajuste se encuentra en desarrollo.

Detección mediante Gráficos de Fórmulas de Validación

Estas son fórmulas simples desarrolladas en base a regresiones lineales en que se calcula el caudal en una *Estación Base* aguas abajo en base a mediciones del caudal en *Estaciones de Referencia* ubicadas aguas arriba, en el mismo cauce o en sus afluentes. El objetivo es poder comparar, con fines de validación, el caudal en la *Estación Base* resultante de la fórmula con el realmente medido. Existen unas 50 fórmulas para grupos de estaciones en la III, IV, VII, VIII, IX y X regiones y Región Metropolitana. Herramientas computacionales especiales facilitan la preparación de los modelos de regresión lineal y la construcción de nuevas fórmulas. Como resultado final queda el nombre de la fórmula incorporado como un parámetro más de la *Estación Base* en la pantallas de Parámetros para Informes y Gráficos, donde puede ser seleccionado: el valor de la fórmula aparecerá en el informe o gráfico combinado con los otros parámetros seleccionados.

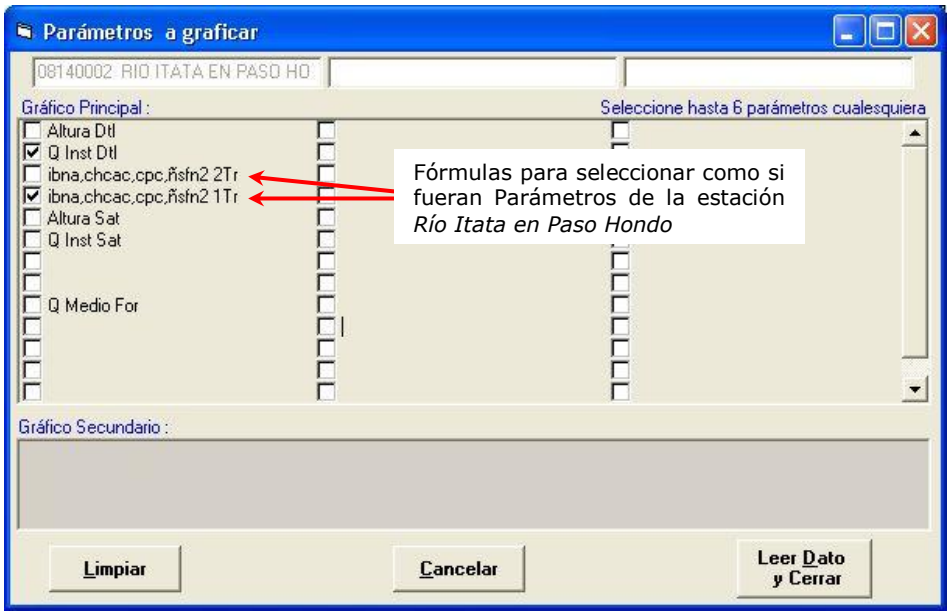
Ejemplo:
Estación Base **08140002-4 Río Itata en Paso Hondo**
Nombre de fórmula **ibna,chcac,cpc,ñsfn 1Tr**

A modo de referencia se indica que el nombre de las fórmulas ha sido estandarizado a una secuencia con las primeras letras de los nombres de las *Estaciones de Referencia* que en este caso son
08135002-7 Río **I**tata en **B**alsa **N**ueva **A**ldea
08117005-3 Río **Ch**illan en **C**amino **a C**onfluencia
08114001-4 Río **C**ato en **P**uente **C**ato
08106002-9 Río **Ñ**uble en **S**an **F**abian N 2
El término "**1Tr**" se refiere a que el modelo lineal es de 1 solo Tramo. Hay también modelos de 2 y 3 Tramos, con fórmulas diferenciadas para 2 ó 3 niveles de caudales.

La ecuación de la regresión multiple correspondiente a este caso es
Qiph(t) = 2.3432 **Q**ibna(t-2) -0.7679 **Q**chcac(t-17) +0.1999 **Q**cpc(t-15) +0.5111 **Q**ñsfn2(t-21) -8.1415
Cada caudal **Q** en la ecuación va acompañado de las siglas del nombre de la estación y una indicación del *Tiempo de Tránsito* en horas.

Los antecedentes dentro de este recuadro NUNCA son usados por el usuario final de los sistemas de consulta; sólo se proporcionan aquí para explicar el origen del nombre y la estructura lineal de la ecuación.

En el panel para seleccionar los Parámetros para un Informe o Gráfico, aparece el nombre de la fórmula como un elemento más para seleccionar :



Los especialistas de la Of.Central de la DH están capacitados para construir nuevas fórmulas, de modo que si en una región se identifican relaciones interesantes entre un grupo de estaciones de una cuenca, se podría solicitar la preparación de la ecuación correspondiente.

En el caso de estaciones satelitales, cuyos datos llegan cada hora, si hay un tiempo de tránsito importante entre las estaciones aguas arriba y la *Estación Base*, las fórmulas podrían incluso ser usadas para pronosticar el caudal de la *Estación Base*: como el cálculo es automático a medida que van llegando los datos satelitales, el sistema puede calcular la fórmula apenas llegan todos los valores de las *Estaciones de Referencia*, es decir, algunas horas antes de que llegue la medición real de la *Estación Base*.

Por tratarse de modelos lineales simples, las *Fórmulas de Validación* funcionan mejor cuando los caudales de las estaciones participantes son cercanos a los caudales naturales, en otras palabras, cuando no hay anomalías (como las analizadas en capítulos anteriores) causadas por extracciones por riego o por influencia de embalses o lagos.

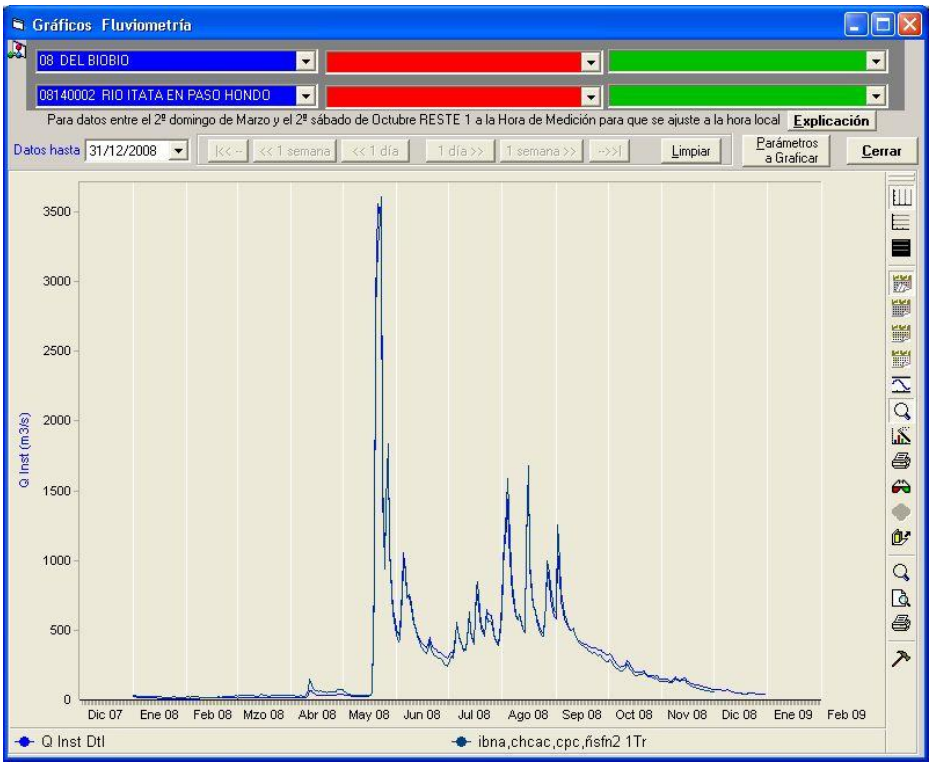
Cómo usar las Fórmulas de Validación

La forma de uso dependerá de la calidad de la fórmula, la que se puede determinar por simple comparación en un gráfico entre su valor y el del valor medido.

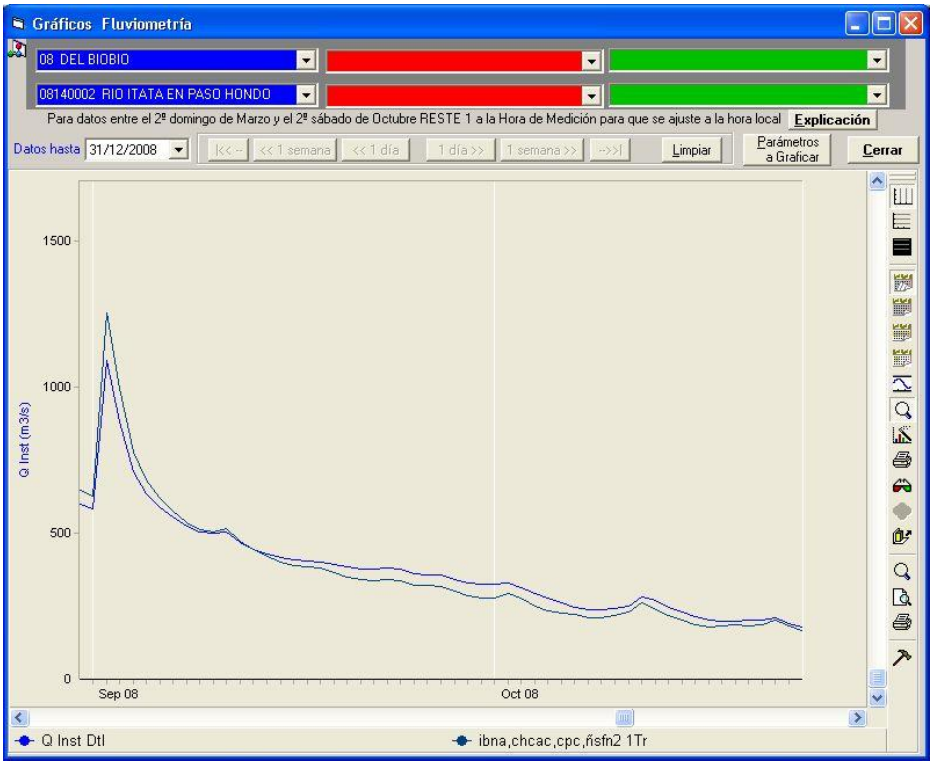
Caso 1: fórmula de buena calidad

Estación Base **08140002-4 Río Itata en Paso Hondo**

La línea **azul brillante** es la medición real, la **azul oscuro** es la fórmula de validación



En este caso la calidad de la fórmula es tan buena que en esta escala anual resulta difícil distinguir el caudal calculado del caudal real. Un zoom para Septiembre-Octubre permite diferenciar ambas líneas :



En una fórmula de buena calidad una diferencia importante entre el valor de la fórmula y el valor medido debe ser motivo de análisis.

Cuando la fórmula es muy buena se cuenta con la opción de enviar eMails automáticos de alerta a los responsables de la estación si la diferencia de valores supera un cierto % de tolerancia fijado por el analista hidrológico que la preparó.

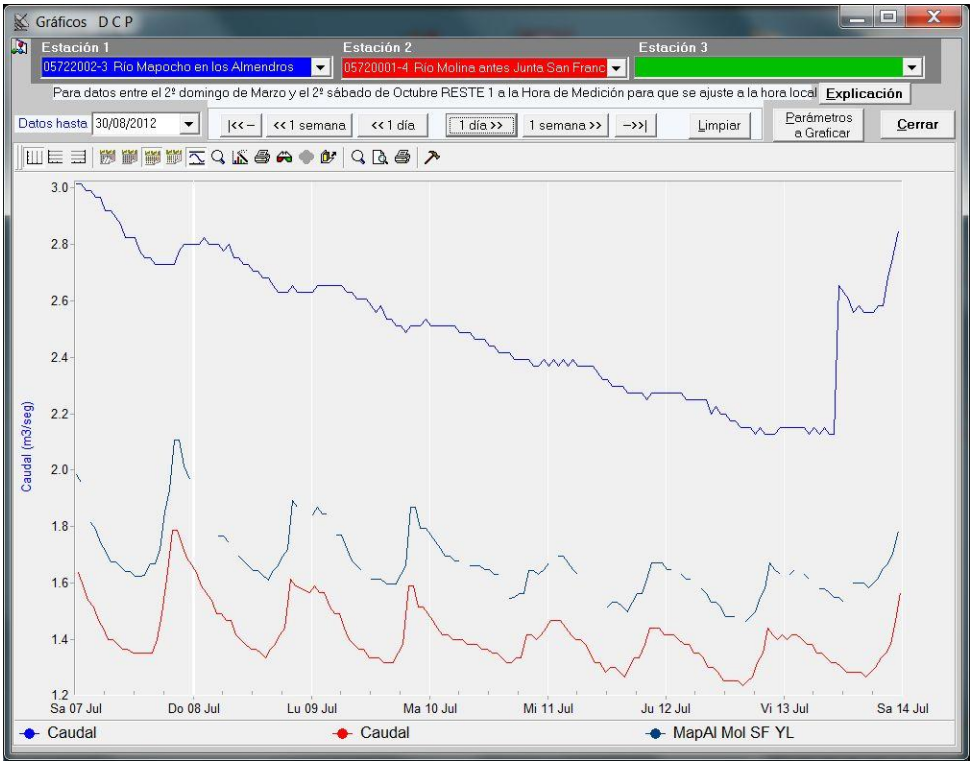
Caso 2: fórmula de menor calidad
Estación Base **05722002-3 Río Mapocho en Los Almendros**
Nombre de fórmula **MapAl Mol SF YL** (esta fórmula es más antigua y por eso su nombre no sigue la pauta indicada arriba)

La fórmula usada corresponde a una sumatoria simple de caudales con algún *Tiempo de Tránsito*:

$$\mathbf{Q}ma(t) = \mathbf{Q}mjsf(t-1) + \mathbf{Q}yl(t-1) + \mathbf{Q}yljsf(t-1)$$

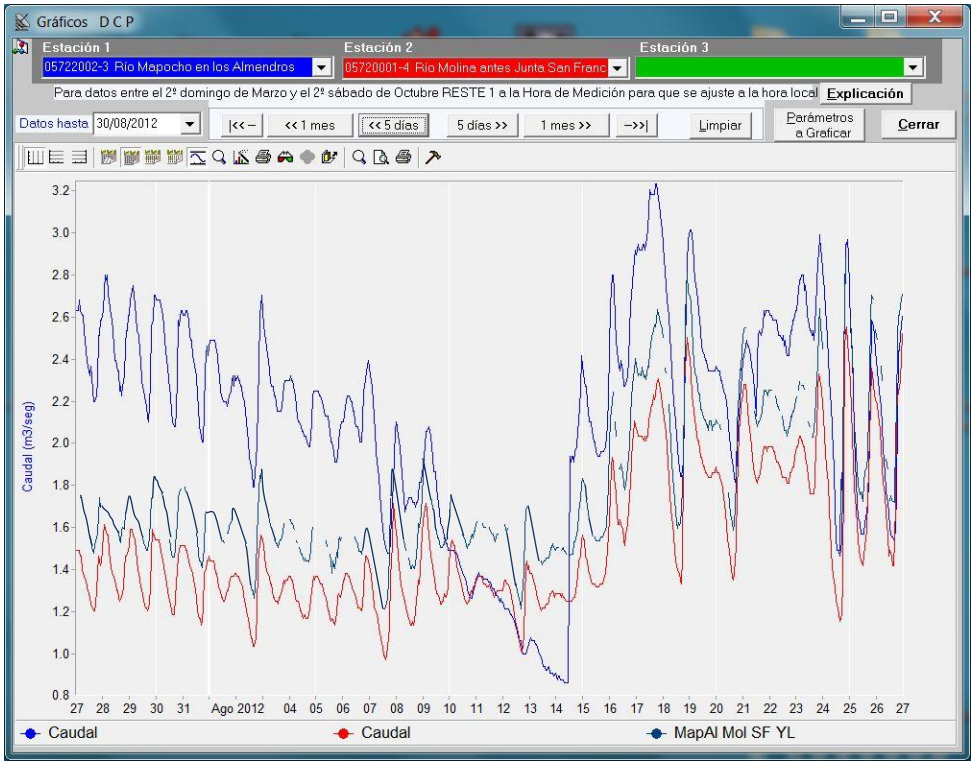
Fue ideada por un analista hidrológico obedeciendo al balance hídrico de la cuenca y no a un estudio formal con regresión lineal.

En un gráfico para un breve período de de 2012 se muestra la medición real del caudal en *Río Mapocho en Los Almendros* (línea **azul brillante**), la fórmula de validación (**azul oscuro**), y el caudal en *Río Molina Antes Junta San Francisco*, usado como referencia (línea **roja**) :



El caudal de la fórmula no entrega un valor muy cercano al valor real, pero replica sus fluctuaciones diarias y da una idea de cómo éste debiera ir variando. Basta esta aproximación gruesa para identificar una anomalía de la medición en *Mapocho en Los Almendros* que se inicia alrededor del 06 de Julio: tanto la fórmula como la medición en *Molina…* permanencen estables, mientras que *Mapocho en Los Almendros* inicia un brusco descenso. Este es un indicio de error en la medición, que fue corregido el día 13, retomando la analogía de forma con la fórmula.

Aparentemente en esa oportunidad la causa del error no fue resuelta de raíz, porque en las mediciones de Agosto volvió a aparecer la misma situación con mayor intensidad, aunque también fue corregida :



En una fórmula de menor calidad el énfasis debe estar en la forma de la curva de caudal: una diferencia importante entre la forma de la fórmula y la forma del valor medido debe ser motivo de análisis.

5. Gráficos Automáticos en el Sistema Satelital

Para facilitar a los analistas hidrológicos la revisión frecuente de las relaciones entre caudales de estaciones vecinas, el sistema Satelital dispone de 2 herramientas que pueden emitir gráficos de forma automática:

- *Pantallas Rotativas* y
- *Presentaciones Rotativas*

5.a) Pantallas Rotativas

Es una aplicación que tiene por finalidad desplegar en forma automática gráficos similares a los de la consulta del sistema satelital, los cuales han sido especificados previamente, y que se van presentando en forma secuencial y rotativa en una pantalla. Tiene las siguientes características :

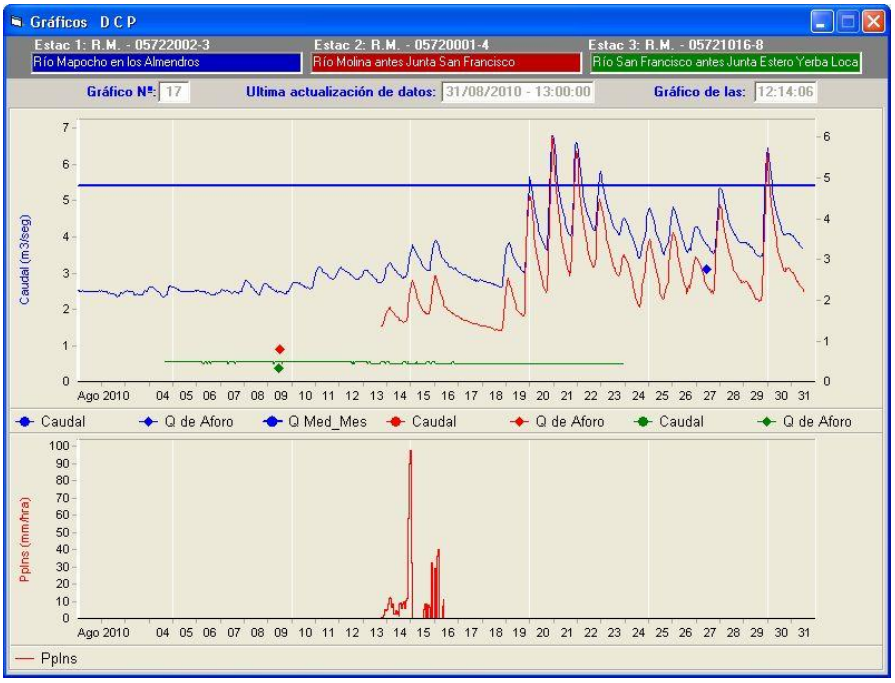
- los gráficos son en tiempo real, salvo por el rezago inherente a transmisiones cada 3 horas desde la estación en terreno
- las estaciones y parámetros a presentar son definidos en la Oficina Central de la Div.de Hidrología, quedando disponibles para todos los usuarios de la red MOP que instalen esta aplicación, incluyendo PCs conectados a pantallas de TV con fines de difusión
- La escala de los gráficos puede ser semanal o mensual
- Si se especifica graficar caudales o alturas limnimétricas, también se graficarán los caudales y alturas de los aforos de las estaciones como puntos con forma de triángulos invertidos o rombos respectivamente. Eso sí, la condición es que dichos aforos se hayan ingresado a la Base de Datos BNA200 dentro del período abarcado por el gráfico
- entre los parámetros a graficar no puede haber caudales derivados de *Fórmulas de Validación*, ya que ellas son para un análisis especializado y no para divulgación a través de la red MOP
- para ser utilizado, en el equipo del usuario debe instalarse una aplicación especial, después de lo cual se puede iniciar la muestra de las *Pantallas Rotativas*
- los datos se despliegan en la pantalla del usuario a medida que el sistema satelital va recibiendo la información, de modo que deben considerarse como provisorios por no haber sido verificados en cuanto a posibles errores por embanques, problemas en los sensores, en las curvas de descarga u otros.

Ejemplo 1: caudales sin anomalías de las estaciones *Itata en Coelemu* e *Itata en Paso Hondo*; escala semanal

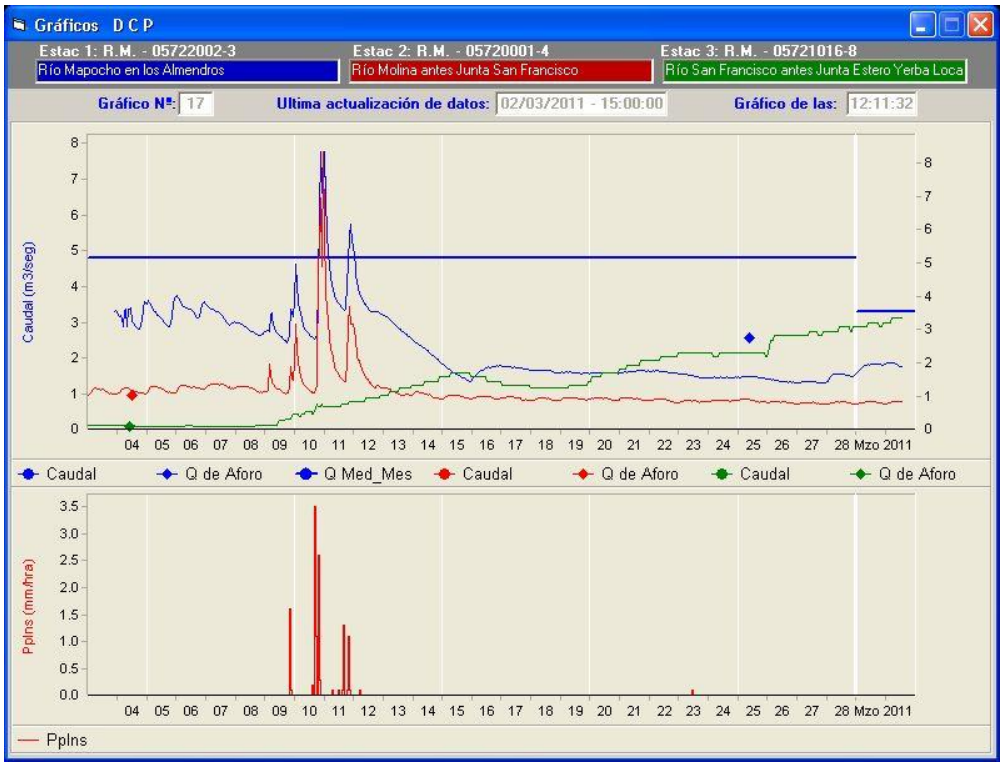
El rombo azul del *Vi 10 Jun* corresponde a un aforo tomado en *Itata en Coelemu*, lo que permitiría verificarlo con el caudal medido apenas el aforo quede ingresado a la Base de Datos BNA2000.

Ejemplo 2:

Gráfico de pantallas rotativas similar al del Cap. 4.b) Mediciones Erróneas – Detección por Simple Análisis de Gráficos - Ejemplo 2 que muestra la precipitación medida erróneamente en Agosto de 2010 en la estación *Molina Antes Junta San Francisco* (gráfico inferior, en **rojo**). Escala mensual, incluye Caudal Medio Mensual en *Mapocho en Los Almendros* (línea horizontal **azul**). Hay aforos en las 3 estaciones (rombos **azul**, **rojo** y **verde**)



Ejemplo 3:
Gráfico de pantallas rotativas similar al mostrado en Cap. 4.b) Mediciones Erróneas – Detección por Simple Análisis de Gráficos - Ejemplo 1 que muestra el inicio del error en la medición de caudal en Febrero de 2011 en la estación *Estero Yerba Loca Antes Junta San Francisco* (línea escalonada **verde**). Escala mensual, incluye Caudal Medio Mensual en *Mapocho en Los Almendros* (líneas horizontales en **azul**). Hay aforos en las 3 estaciones (rombos **azul**, **rojo** y **verde**)



5.b) Presentaciones Rotativas

Tienen por finalidad proporcionar a usuarios remotos y a través de Internet, un sistema de gráficos que muestre la evolución en el tiempo de parámetros medidos en la red de estaciones satelitales. El sistema está destinado a ser usado en oficinas regionales de la DGA y del MOP, Intendencias, Alcaldías, ONEMI, Asociaciones de Canalistas, etc. Las características de estas presentaciones son:

- los gráficos son en tiempo real, salvo por el rezago inherente a transmisiones cada 3 horas desde la estación en terreno, y se muestran sobre imágenes de fondo que pueden ser mapas o diagramas de la zona, lo que los hace más atractivos
- las estaciones y parámetros a presentar son definidos en la Oficina Central de la Div.de Hidrología, al igual que la diagramación de las pantallas, lo que considera: las imágenes y mapas de fondo, escala de tiempo y tamaño de los gráficos, y disposición de los gráficos sobre el fondo
- entre los parámetros no puede haber caudales derivados de *Fórmulas de Validación*, ya que ellas son para un análisis especializado y no para difusión a través de internet
- con las definiciones anteriores se ha formado un *Catálogo de Presentaciones*, desde el cual el usuario remoto elige aquellas que desea ver en su equipo, accediendo a través de la página web de la DH.
- en el equipo del usuario se instala fácilmente una aplicación especial, después de lo cual se puede iniciar la muestra rotativa de las presentaciones elegidas, a intervalos que también él puede definir
- los elementos a desplegar en las pantallas del usuario se controlan, hasta cierto grado, en la Oficina Satelital del Departamento de Hidrología, para evitar la difusión ocasional de datos erróneos

Para la instalación y puesta en marcha de las *Presentaciones Rotativas* debe contarse con el apoyo de los especialistas de la *Oficina Satelital* de la DH, quienes autorizarán las claves de acceso para acceder al sistema. Es conveniente contar con un PC exclusivo para esta aplicación, que tenga una resolución mínima de pantalla y una buena conexión a internet. El sistema se adapta automáticamente a la resolución y relación ancho/alto de la pantalla para no deformar las imágenes.

Los usuarios de las *Presentaciones Rotativas* incluso pueden solicitar la preparación de gráficos específicos para cubrir sus necesidades, los que serán evaluados e implementados por la Oficina Central de la DH, para después ser incorporados al catálogo.

El sistema se presta especialmente para tener una supervisión visual y permanente de la calidad de las mediciones en estaciones críticas de una cuenca o región, y con fines de difusión en pantallas de TV.

La pantalla de acceso al *Catálogo de Presentaciones* para los usuarios autorizados es

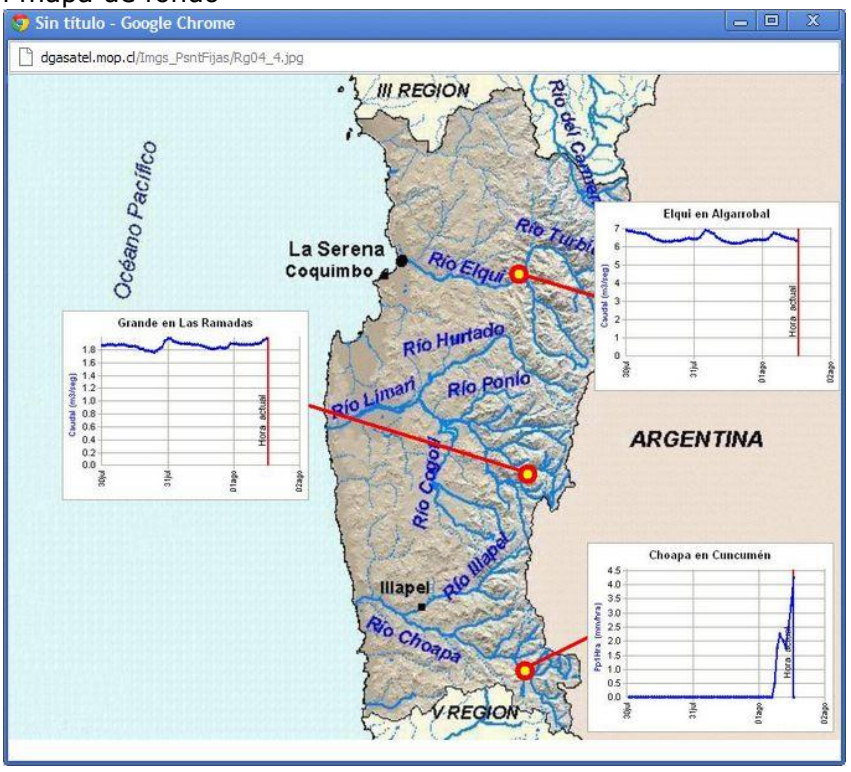
Botón de acceso al
Catálogo de Presentaciones

En la actualidad el catálogo contiene más de 80 presentaciones predefinidas, de las que el usuario puede elegir las de su interés marcándolas en las casillas de la izquierda :

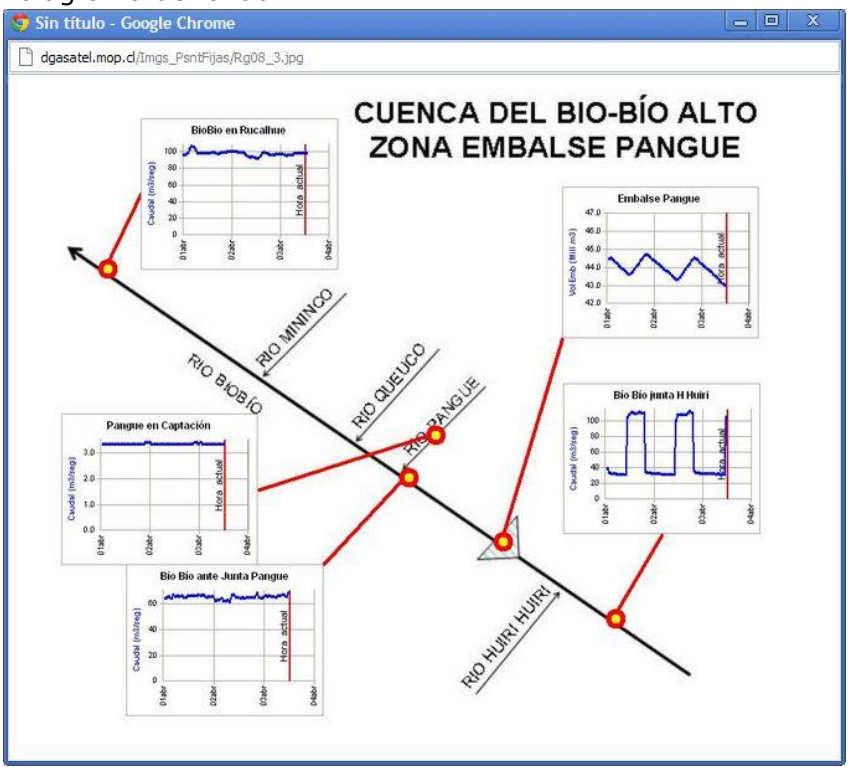
Las descripciones en el catálogo contienen la identificación de las estaciones y parámetros considerados en los gráficos, y otras características generales.

Clicando el icono de la derecha éste se amplía para mostrar el aspecto que tendrá la pantalla en el equipo del usuario :

Ejemplo 1 : con mapa de fondo



Ejemplo 2 : con diagrama de fondo



6. Lista de Chequeo para Revisiones

Se numeran los trabajos cotidianos que deben realizar los analistas hidrológicos de la DH para detectar las mediciones fuera de lo normal, y así poder analizar sus causas y adoptar oportunamente las correspondientes medidas de corrección.

1. Verificar continuidad de transmisiones Satelitales. Usar
   Pantalla de monitoreo en intranet …… □
2. Generar reporte en SAPES en caso de anomalía continua …… □
3. Verificar continuidad y calidad de mediciones Satelitales recibidas. Usar
   Pantallas gráficas de estaciones de interés …… □
   Pantallas Rotativas o Presentaciones Rotativas …… □
4. Verificar continuidad y calidad de mediciones registradas en el BNA2000. Usar
   Pantallas gráficas de estaciones de interés …… □
5. Verificar relaciones directas entre caudales de estaciones cercanas. Usar
   Sist.Satelital y Sist.BNA2000: Pantallas gráficas de estaciones de interés …… □
   Sist.Satelital: Pantallas Rotativas o Presentaciones Rotativas …… □
6. Verificar comportamiento relacionado entre caudales de estaciones cercanas. Usar en Sist.Satelital y Sist.BNA2000: Pantallas gráficas de estaciones de interés que incluyan caudales de Fórmulas de Validación …… □
7. Alerta permanente ante mediciones que no obedezcan a una lógica hidrológica, ya sea en una estación independiente o en relación con otras