

# Hydrologic Risk

<b>Part I</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1	Hydrologic Risk .....	1
2	Riesgo hidráulico .....	2
3	Definiciones .....	3
4	Notas importantes .....	6
<b>Part II</b>	<b>Menú</b>	<b>6</b>
1	Menú .....	6
2	Menú Archivo .....	7
	Vista preliminar .....	7
3	Menú Modificar .....	8
4	Menú Ver .....	9
5	Menú Herramientas .....	10
6	Menú Input Datos .....	11
	Datos generales .....	13
7	Menú Cálculo .....	15
8	Menú Exportar .....	19
9	Menú Preferencias .....	19
<b>Part III</b>	<b>Input</b>	<b>21</b>
1	Input Datos .....	21
	Propiedad morfométrica del embalse .....	22
2	Convenciones .....	23
3	Input Numérico .....	24
4	Input Gráfico .....	27
5	Importar Imagen .....	29
<b>Part IV</b>	<b>Output</b>	<b>30</b>
1	Análisis Hidrográfico y Morfométrico .....	30
2	Coefficiente de escorrentía Kennessey .....	32
3	Balance hidrológico .....	34
4	Ley de Lluvia .....	36
5	Caudal métodos Empíricos .....	37
6	Caudal método Analítico .....	39
7	Tcev .....	39
8	Hidrograma de crecida .....	41
9	Moto uniforme .....	43
10	Moto permanente .....	44
11	Mapa desbordes .....	46
<b>Part V</b>	<b>Geoapp</b>	<b>50</b>

1 Seccìon Geoapp .....	51
<b>Part VI Bibliografía</b>	<b>51</b>
<b>Index</b>	<b>0</b>

# 1 Introduzione

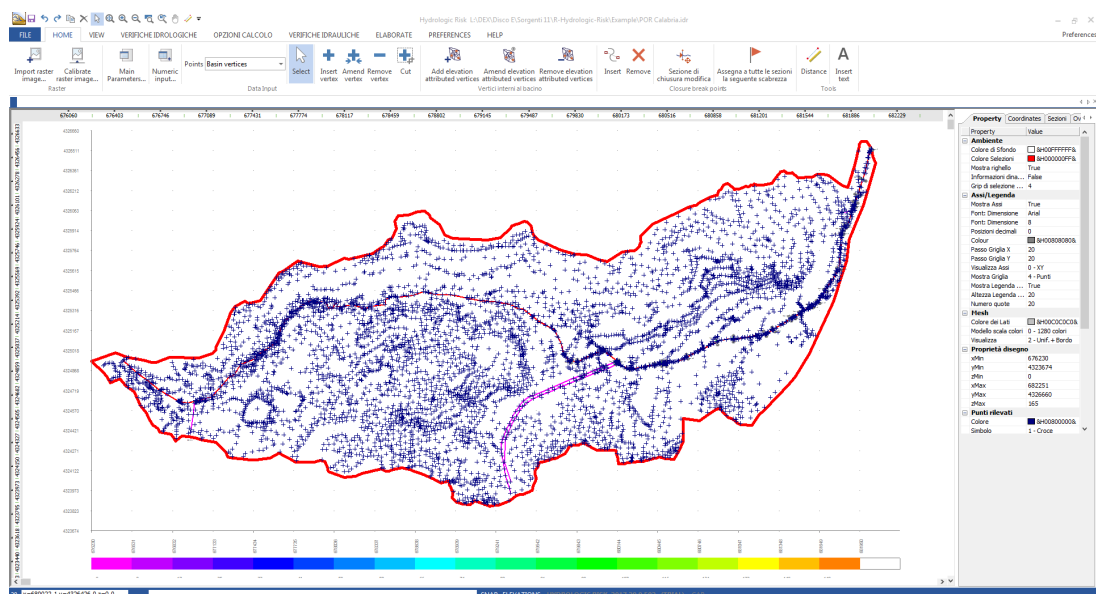
## 1.1 Hydrologic Risk

El programa se propone como un auxilio a todos aquellos que deban afrontar problemáticas relativas a fenómenos de desbordamientos. A partir de la modelación de eventos de lluvia, para llegar a individualizar el caudal de mayor crecida y su respectiva evolución.

El estudio hidrológico que lleva a la definición del caudal de mayor crecida con determinadas probabilidades de superación (tiempo de regreso), parte de análisis y estadísticas de las lluvias, a los cuales se asocia un modelo que define la unión caudal afluente-escorrentía. Éste último, para tener cuenta en manera apropiada las características de un embalse, es caracterizado por numerosos parámetros: tiempo de confluencia, cobertura vegetal, permeabilidad, pendencia etc.

La verificación hidráulica del programa, permite definir, del dato del caudal, el nivel alcanzado por el agua en una o más secciones a través del cauce.

El modelo de cálculo adoptado, en régimen de moto permanente, llega a la definición de los niveles hídricos a partir de la geometría de las secciones y de las características de los materiales que la componen. Éste último aspecto, si se considera la velocidad de aumento del nivel hídrico en la sección representa, quizás el punto de vista más interesante del riesgo de desborde ya que permite de individualizar las áreas en riesgo y los tiempos de alerta.



## 1.2 Riesgo hidráulico

El **riesgo hidráulico** representa en el territorio el resultado de los factores naturales y antrópicos, en el ambiente de interés constituido por las redes de drenaje superficiales, naturales, y de dinámicas hidrológicas e hidráulicas, que caracterizan las relaciones entre caudales afluentes y escorrentías en el ambiente del embalse hidrográfico; esto se identifica con la nota relación:

$$R = H \times V \times E = H \times D$$

En los cuales :

**R** = Riesgo, entidad de daño esperado en un área en un cierto intervalo de tiempo, verificando si será un evento calamitoso.

**H** = Peligrosidad, o bien la probabilidad de un evento calamitoso en un cierto intervalo de tiempo en una zona; tal elemento, entendido como valor complementario al factor de seguridad, estrictamente unido al tiempo de regreso (tiempo en el cual la intensidad *I* es superada medianamente una sola vez – en el caso de las crecidas *I* es el caudal a colmo):

$$H = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^2$$

**V** = Vulnerabilidad, o bien el grado de pérdida producido sobre un cierto elemento expuesto al riesgo evento calamitoso.

**E** = Valor elemento de riesgo o bien en términos monetarios de la propiedad y de las actividades económicas a riesgo en un área.

Con respecto a las definiciones mencionadas arriba, establecidos los valores de riesgo específico (hidráulico de desborde), es necesario definir una reducción-mitigación del riesgo, actuando sobre el factor

vulnerabilidad–peligrosidad del sitio con una serie de intervenciones, por ejemplo estructurales.

### Cuantitativo del riesgo hidráulico del sitio

En los fenómenos aluvionales, la estima de la peligrosidad "H" del evento de crecida se evalúa mediante el análisis estadístico – probable de los datos disponibles.

Estos son datos de caudal o de lluvia, que determinan la definición de las áreas vulnerables y mapas de desborde con tiempos de regreso establecidos.

La peligrosidad puede ser dividida en dos clases :

- **Media** : áreas con eventos aluvionales con tiempos de regreso comprendidos entre 10 y 100 años;
- **Baja** : áreas con eventos aluvionales con tiempos de regreso comprendidos entre 100 y 300 años.

## 1.3 Definiciones

### Tempo de regreso

Tiempo en el cual la intensidad I viene superada medianamente una sola vez (en el caso de las crecidas I es el caudal a colmo).

En la siguiente tabla se muestran los valores de tiempos de regreso para algunas tipologías de obras hidráulicas

Tipologías de obras	Tiempos de regreso [años]
Puentes y defensas fluviales	100÷150
Defensas de torrentes	20÷100
Dique	500÷1000
Saneamientos	15÷25
Alcantarillado urbano	5÷10
Alcantarillas y puentes para pequeños cursos de aguas	30÷50
Subpasajes de calles	50÷100

Cuñas y zanjas de guardia para calles importantes	10÷20
---	-------

### **Tiempos de confluencias**

Tempo máximo empleado por una gota de lluvia que cae en un embalse a recorrer la distancia para alcanzar la sección de cierre.

### **Altura de lluvia crítica**

Altura de lluvia obtenida por la ley de lluvia por un tiempo (duración) igual a  $t_c$  (tiempo de confluencia).

### **Coefficiente de escorrentía**

Relación, referida a una determinada sección de cierre, por la cantidad d de escorrentía y lluvia.

### **Curva hipsográfica**

Representación sobre los ejes cartesianos de las alturas medias  $h_i$  (eje Y) de un embalse referidos a dos curvas de nivel continuas y de las áreas parciales  $A_i$  (eje X), delimitadas por dos curvas de nivel, que se encuentran a una cota superior a  $h_i$ .

### **Ley de lluvia**

Para un asignado tempo de regreso, ésta representa la relación entre altura de lluvia  $h$  y el tempo  $t$  (duración).

### **Hidrograma de crecida**

Gráfico que visualiza el andar del caudal, en una sección de referencia, en función del tiempo para un tiempo de regreso asignado.

### **Corriente a nivel libre**

Corriente hídrica que recorre los cursos de aguas naturales o los canales artificiales.

### **Contorno mojado**

Perímetro de la sección líquida constituido por las paredes del cauce, a través de las cuales se desarrolla la resistencia de la corriente.

### **Radio Hidráulico**

Relación entre el área  $A$  de la sección líquida y su contorno mojado.

### **Moto uniforme**

Un caudal puede moverse en condiciones de moto uniforme en una sección, si la forma de la sección y su aspereza son tales que la pendiente del nivel libre, son iguales a la pendiente del cauce.

### **Cauce con pendiente débil**

Cause en el cual la corriente uniforme es una corriente lenta.

### **Cauce con pendiente fuerte**

Cause en el cual la corriente uniforme es una corriente veloz.

### **Altura crítica**

Altura de una corriente de nivel libre con caudal asignado  $Q$ , para la cual la energía específica resulta mínima  $E$  con respecto al fondo del cause.

### **Moto permanente**

El moto permanente gradualmente variado es aquel que se verifica en una corriente de nivel libre con variaciones graduales de las secciones. Naturalmente la condición de continuidad impone que el caudal quede constante, mientras velocidad y sección varían gradualmente a través de los ejes de la corriente.

### **Precipitaciones eficaces**

Cantidad de agua, provenientes de las precipitaciones, que quedan disponibles en superficie, luego de la sustracción de las pérdidas por evapotranspiración real.

### **Evapotranspiración potencial y total**

La evapotranspiración es la pérdida de agua que se realiza a través el proceso físico de la evapotranspiración y aquél biológico, de las plantas, de la transpiración. La cantidad de agua consumada por el poder evaporante de la atmósfera (evaporación potencial) y de la actividad de las plantas (transpiración), es indicada como evapotranspiración potencial (**ETP**). Cuando la pérdida de agua por evapotranspiración es inferior a RFU (reserva hídrica fácilmente utilizable) hablamos de **evapotranspiración real ETR**.

### **Precipitaciones eficientes**

Las precipitaciones eficientes, **PE**, son dadas por las diferencias entre las precipitaciones y la evapotranspiración real ETR.

### **Fluir**

El fluir, **R**, es la alícuota PE que alimenta la escorrentía superficial  $Q_S$ , que es conducido en la red hidrográfica.

### **Infiltración**

La infiltración, **I**, es la cantidad de agua que atraviesa la superficie del suelo y alimenta la escorrentía subterránea de las aguas. La cantidad de

agua infiltrada que alcanza la superficie del nivel freático, es dicha infiltración eficientes, **IE**.

## 1.4 Notas importantes

[Consultar la ficha de convenciones](#)<sup>[23]</sup>

## 2 Menú

### 2.1 Menú

#### [Menú File](#)<sup>[7]</sup>

Gestión archivos de trabajos.

#### [Menú Modificar](#)<sup>[8]</sup>

Gestión correcciones.

#### [Menú Ver](#)<sup>[9]</sup>

Gestión visualización área de trabajo.

#### [Menú Herramientas](#)<sup>[10]</sup>

Gestión herramientas de trabajos.

#### [Menú Input datos](#)<sup>[11]</sup>

Gestión datos de input.

#### [Menú](#)<sup>[15]</sup> [Cálculo](#)<sup>[15]</sup>

Análisis de datos de input y verificaciones.

#### [Menú Exportar](#)<sup>[19]</sup>

Gestión archivos de output.

#### [Menu Preferencias](#)<sup>[19]</sup>

Personalización elaborados de textos y gráficos.

#### **Menu Help**

Ayuda en línea.



## 2.2 Menú Archivo

El menú archivo comprende principalmente todas las funciones relativas al abrir y cerrar los proyectos, la gestión de archivos guardados e impresiones.

### **Nuevo**

Permite crear un nuevo proyecto. El comando también puede ser activado desde la barra de herramientas Standard.

### **Abrir**

Viene abierto un proyecto existente ya elaborado y guardado en formato .IDR. El comando también puede ser activado desde la barra de herramientas Standard.

### **Guardar**

Guarda los datos inseridos en el proyecto actual. El comando también puede ser activado desde la barra de herramientas Standard.

### **Guardar como**

Guarda el proyecto con otro nombre.

### **Vista preliminar**

Ver enlace.

### **Proyectos recientes**

Permite seleccionar los últimos tres trabajos realizados.

### **Salir**

Salir del programa.

### 2.2.1 Vista preliminar

#### **Visualiza la Vista preliminar**

El comando también puede ser activado desde la barra de herramientas Standard.

En la ventana de Vista preliminar se encuentran las siguientes opciones:

**Orientación**

Se elige para orientar la hoja de la impresora de sistema.

**Escala**

Permite elegir la escala de impresión.

**Impostar**

Permite elegir la impresora para las operaciones de impresión. Lleva todo el diseño en el área de impresión definida por las dimensiones de la hoja.

**Imprimir**

Imprime la visión actual.

**Trasladar el diseño**

Para trasladar el diseño en la hoja mantener presionado el pulsante izquierdo del mouse mientras se trasladar el diseño a la nueva posición y soltar.

**Salir de vista preliminar**

Efectuar un click con el mouse sobre la cruz de cierre de la ventana.

## 2.3 Menú Modificar

El menú modificar comprende principalmente todas las funciones relativas al archivo de trabajo.

**Deshacer**

Deshace el último comando ejecutado en el input de datos. La función es activa sobre más niveles.

**Rehacer**

Recupera la última modifica deshecha en el input de datos. La función es activa sobre el mismo número de niveles del comando Deshacer.

**Copiar**

Copia en los apuntes el diseño contenido en el área de trabajo actual. Esta opción resulta bastante útil si se quiere pegar el bitmap copiado en cualquier archivo de editor (Word, Work, etc) para integrar la reacción de cálculo con imágenes de las diversas fases de cálculo del programa. El comando también puede ser activado desde la barra de herramientas Standard.

## 2.4 Menú Ver

En el Menú Ver son presentes las siguientes opciones:

### Rediseñar

Rediseña la talud eliminando posibles errores. El comando también puede ser activado desde la barra de herramientas Standard

### Mover

Para efectuar una panorámica interactiva, presionar el pulsante de selección del dispositivo de puntería y mover la imagen del diseño en una nueva posición. El comando también puede ser activado desde la barra de herramientas Standard.

### Zoom

El método más común para modificar la visión consiste en utilizar las numerosas opciones de zoom del programa, que aumentan y reducen las dimensiones de la imagen visualizada en el área de diseño.

### Zoom Ventana

Mediante Zoom ventana es posible agrandar rápidamente un acercamiento al área de trabajo especificando los ángulos que la definen. La región especificada por los ángulos seleccionados viene centrada en la nueva visualización en el caso en que no corresponda exactamente a la relación perspectiva de la ventana sometida al zoom. El comando también puede ser activado desde la barra de herramientas Standard.

### Zoom Dinámico

Realiza un zoom interactivo a través de una extensión del diseño. Durante la fase de zoom dinámico el cursor toma la forma de una lente de agrandamiento con los signos más (+) y menos (-). Manteniendo presionado el pulsante de selección en el punto central de la ventana, moviendo verticalmente hacia la parte superior de la ventana, se aplica un factor de zoom del 100%. Al contrario, manteniendo presionado el pulsante de selección en el punto central de la ventana, moviendo verticalmente hacia la parte inferior de la ventana, se aplica un factor de zoom en alejamiento del 100%. Al soltar el pulsante de selección, el zoom se interrumpe. El comando también puede ser activado desde la barra de herramientas Standard.

### Zoom Anterior

Activa la visualización precedente a la actual. El comando también puede ser activado desde la barra de herramientas Standard.

### Zoom Todo

Trae nuevamente la vista completa del proyecto de trabajo al interior del área de diseño.

Nota: El zoom no modifica las dimensiones absolutas del diseño, sino las dimensiones de la vista en el interior del área de diseño. El comando también puede ser activado desde la barra de herramientas Standard.

### Zoom ±

El comando también puede ser activado desde la barra de herramientas Standard con la barra de herramientas Factor de zoom.

## 2.5 Menú Herramientas

### Distancia

Comando que permite medir en video la distancia entre dos puntos; para medir, una vez seleccionado el comando, es necesario hacer un click con el mouse (pulsante izquierdo) en el primer punto y moverse con el pulsante presionado, hasta el segundo punto, para finalizar soltar el pulsante del mouse. La distancia medida es visualizada en la barra de estrado inferior (barra gris inferior del área de trabajo).

### Insertar texto

Permite insertar un texto en el área de trabajo; la selección del comando da la posibilidad de elegir el punto de inserción del box en el cual vendrá insertado el texto. El tamaño del box puede ser definido por el usuario, luego del click de inserción, deslizando el mouse y efectuando un click cuando el box sea de la medida deseada. La ventana que viene visualizada luego del click permite escribir el texto y también personalizarlo con la elección del colore y del ángulo de rotación.

Para **modificar** un texto ya insertado, elegir el comando de selección (**flecha**), hacer un click en proximidad del texto a modificar en manera tal de evidenciar el box texto y presionar el pulsante derecho del mouse, con el cual comparte el menú a cortina Propiedad de texto. Efectuar las modificaciones, para deseleccionar el texto hacer una click fuera del box.

## 2.6 Menú Input Datos

### **Datos Generales**

El comando lleva algunos datos ideológicos al iniciar con un nuevo proyecto, por lo tanto es importante dar la información que viene solicitada para poder continuar con el input.

### **Input Numérico (ver Input Numérico en el menú Input Datos)**

El comando visualiza la ventana de introducción numérica de las coordenadas que definen el embalse y las astas fluviales.

### **Importar imagen raster (ver Importar Imagen en el menú Input Datos)**

Comando para importar una base raster (escáner de una cartografía en papel) para la introducción gráfica de las coordenadas del embalse y de la red hidrográfica conectada al mismo.

### **Calibrar imagen raster**

Comando que permite llevar en escala real la imagen inserida con el comando anterior.

### **Seleccionar**

El comando es indispensable para otorgar al objeto seleccionado la propiedad enabled, que permite efectuar los cambios deseados sobre los vértices del embalse, del asta fluvial, etc.

### **Inserir vértice**

Permite inserir un punto en el objeto seleccionado (embalse, asta fluvial, puntos internos, etc). Para la convención a utilizar ver Input Gráfico en el menú Input Datos.

### **Modificar vértices**

Permite modificar un punto en el objeto seleccionado (embalse, asta fluvial, puntos internos, etc).

### **Borrar vértice**

Permite borrar un punto en el objeto seleccionado (embalse, asta fluvial, puntos internos, etc). Al seleccionar éste comando cambia la forma del cursor alrededor del punto que se desea borrar.

## Cortar

Corta el elemento de la rotura que define el objeto seleccionado, insertando un nuevo punto. Luego de haber seleccionado el comando llevar el mouse sobre el elemento a cortar y hacer un click con el mouse.

## Añadir vértices acotados embalse

La selección de éste comando permite añadir puntos de detalle en el interior del embalse necesarios para la creación del DTM. El modelo del terreno se mostrará más detallado añadiendo varios puntos. Para añadir un nuevo punto seleccionar el comando y hacer un click con el mouse en el área deseada del embalse.

## Modificar vértices acotados

Permite modificar un punto acotado en el interior del embalse. Al seleccionar este comando el cursor cambia la forma alrededor del área que se desea modificar. Hacer un click sobre el punto y llevarlo hasta la nueva posición con el pulsante del mouse presionado.

## Borrar vértices acotados

Permite borrar un punto acotado al interior del embalse. Al seleccionar este comando el cursor del mouse cambia forma alrededor al área que se desea borrar; distinguir el punto y hacer un clic con el mouse.

### Sección cierre

Permite la introducción de secciones de verificaciones. La posición y número de secciones a verificar a lo largo de un curso de agua son definidas con este comando en Input Numérico. A partir del bajo (cierre del embalse) se procede al trazado de las secciones hacia el punto más alto del asta fluvial (fuente). Cada sección tiene que ser definida a partir de la izquierda manteniendo presionado el pulsante se procede hacia la derecha hasta el punto final de la misma. La forma y dimensión de la sección se puede asignar gráficamente o numéricamente en la ventana de visualización de las secciones que se activa con un doble clic del mouse sobre la sección correspondiente(ver también Input Numérico).

Nota: Las secciones van inseridas luego de haber creado el modelo digital del terreno, por lo tanto luego de la introducción del embalse y de las astas fluviales. Además en Datos generales tienen que ser asignados los tiempos de regreso.

Borrar secciones de cierre

Permite borrar una sección de cierre haciendo un click sobre la sección que se desea borrar.

## 2.6.1 Datos generales

En los Datos generales se introducen algunos datos , también hidrológicos, indispensables para continuar con el input y la elaboración.

### Datos hidrológicos

#### **Descripción**

Inserir una breve descripción del embalse en examen.

#### **Nombre embalse**

Inserir el nombre del embalse.

#### **Ubicación embalse**

Elegir de entre las dos opciones ,si se trata de una embalse llano o montés.

#### **Porción permeable de un embalse**

Asignar, en %, La porción de superficie del embalse constituidas por terrenos permeables.

#### **Pluviosidad media anual**

Indicar, en mm, la altura media anual de lluvia. Generalmente para el cálculo de las alturas de lluvias medias anuales, se refiere a los datos relevados por 10 años consecutivos, calculando el promedio de las alturas medias anuales.

#### **Temperatura media anual**

Asignar en grados centígrados, la temperatura media anual. Al igual que el caso anterior el período a considerar tiene que ser por lo menos de 10 años.

#### **Temperaturas mín.-máx. mensual**

Inserir separados por comas, el promedio de las temperaturas mínimas registradas en el año ideológico medio (10 años) y el promedio de las temperaturas máximas , siempre con la misma duración.

#### **Permeabilidad media terrenos**

Inserir en la unidad de medida especificada de la ventana, la permeabilidad promedia de los terrenos del embalse hidrológico (proyección del embalse hidrológico inferior a la superficie del suelo).

**Permeabilidad media superficial**

Asignar en la unidad de medida especificada en la ventana la permeabilidad promedia de los terrenos, constituidos por el embalse hidrológico, que afloran en superficie.

**Lluvia crítica en 24 h**

Atribuir, en mm, la altura de lluvia obtenida por la ley de lluvia para una duración de 24 horas (altura de lluvia crítica, ver **Definiciones**).

**Opciones de cálculo****Tempo de confluencia**

El usuario tiene que seleccionar un autor, de entre aquellos disponibles, para el cálculo del tiempo de confluencia (tiempo de confluencia, ver **Definiciones**).

**Altitud media del embalse**

Para la evaluación de este dato, el usuario puede optar por dos tipologías de cálculo, es decir la determinación a través de la curva hipsográfica (ver **Definiciones**) o la media de las cotas.

**Caudales de crecida – Métodos**

La estima de los caudales de crecida (para cada tempo de regreso asignado) es efectuada por el programa según los métodos **Analítico** e **TCEV**. En la fase de input el usuario tiene que hacer una elección entre las dos opciones, con la facultad de cambiar en una fase sucesiva.

**Tiempos de regreso**

En la grilla van introducidos los tiempos de regreso para los cuales tienen que efectuarse la elaboración. Cada tempo de regreso puede ser distinto por una breve descripción y caracterizado por un color que es utilizado por el programa para trazar la línea de posible desborde entre las secciones a lo largo de un curso de agua.



## 2.7 Menú Cálculo

El Menú cálculo posee los comandos relacionados con la fase de determinación del balance hidrológico del embalse, de los caudales de mayor crecida para cada sección de verificación en condiciones de moto uniforme y permanente y la visualización de la sección del cauce (perfil longitudinal).

### **Análisis Hidrográfico y Morfométrico (ver Análisis Hidrográfico y morfométrico en el menú Output)**

Para cada embalse definido por una sección de cierre se realizan los cálculos que definen las propiedades morfométricas del embalse y el tiempo de confluencia. En esta fase el programa también realiza los cálculos correspondientes a cada subembalse generando en automático en función de la posición de cada sección de cierre.

Al seleccionar este comando es posible realizar modificaciones correspondientes a cada subembalse desde el panel de control ubicado a la derecha del área de trabajo. Para cada sección de cierre, con el comando Modificar vértices embalse, es posible dar la forma deseada a cada subembalse. En la fase sucesiva es necesario efectuar nuevamente el cálculo.

### **Triangulación**

La triangulación viene efectuada en automático por el programa para el análisis morfométrico e hidrográfico, pero seleccionando este comando es posible una vista tridimensional del embalse, eventualmente imprimirlo a través del preview, el cual se activa con el pulsante derecho del mouse.

### **Coefficientes de escorrentía Kennessey (ver Coeficientes de escorrentía Kennessey en el menú Output)**

Efectúa el cálculo del coeficiente de escorrentía con Kennessey. Para determinar el parámetro mencionado, el cual es indispensable para continuar con el paso siguiente del balance ideológico, son necesarios algunos datos como:

- pluviosidad: expresa en mm de lluvia, para la determinación de los caudales afluentes P;
- temperatura media: temperatura media para cada mes;
- temperatura máxima: temperatura máxima para cada mes;
- temperatura mínima: temperatura mínima.

Por datos inseridos, Hydrologic Risk, obtiene el índice de aridez  $I_a$  del cual, en función del cálculo de las porcentajes de superficie que definen

las distribuciones vegetales, de la pendiente y de la permeabilidad, se obtienen los coeficientes parciales de escorrentía y aquel total.

### **Balance hidrológico del embalse (ver Balance hidrológico en el menú Output)**

En esta ventana vienen solicitados los datos relativos a los caudales afluentes y a las escorrentías del embalse principal.

### **Ley de lluvia (ver Ley de lluvia en el menú Output)**

En esta ventana vienen elaborados los datos de las lluvias de duración 1 – 3 – 6 – 12 – 24 horas por diversos años, con el fin de llegar a definir la ley de lluvia del embalse en examen. El programa, por cada tiempo de regreso asignado por el usuario en Datos generales del menú Input Datos, efectúa el cálculo de las alturas de lluvia máxima y crítica en correspondencia a cada duración (1, 3, 6, 12, 24 horas y de cada Tr.

Los datos de lluvia relativos a una estación pluviométrica pueden ser digitados directamente en la grilla de las duración o bien pueden ser copiadas y pegadas desde un archivo.

El programa elabora los datos inseridos estadísticamente, adoptando la distribución de probabilidad de Gumbel, del cual se devuelven los parámetros media, desviación standard, k... y m.

En la ficha Graph se obtiene el gráfico de la Curva de Posibilidad Pluviométrica con escala semilogarítmica o logarítmica (x e y): con el pulsante derecho del mouse es posible copiar el gráfico en los apuntes y pegarlo como bitmap o exportar los valores a pegar en una hoja de cálculo para las sucesivas elaboraciones deseadas por el usuario.

La ficha Imprimir consiste en enviar a la impresora de sistema los datos de input y los resultados de las elaboraciones.

### **Caudal de mayor crecida Métodos empíricos (ver Caudal métodos Empíricos en el menú Output)**

En correspondencia con cada sección de cierre viene calculado el caudal de mayor crecida con i métodos empíricos. Es necesario seleccionar el autor deseado y el programa visualizará el valor del caudal en m<sup>3</sup>/seg aquel del caudal específico, por unidad de superficie del embalse, en m<sup>3</sup>/seg Km<sup>2</sup>.

### **Caudal de mayor crecida Método Analítico o Racional (ver Caudal método Analítico en el menú Output)**

Para los tiempos de regreso asignados, el programa efectúa el cálculo del caudal de Mayor crecida en correspondencia a la sección de cierre

especificada. Deslizando las varias secciones, correspondientes a los varios subembalses, Hydrologic Risk efectúa la valuación del caudal con el pulsante Análisis caudales... Los resultados obtenidos serán diferentes dependiendo si en Datos Generales ha sido seleccionada la opción Método Racional (o analítico) o TCEV.

### **Hidrograma de crecida (ver Hidrograma de crecida en el menú Output)**

Por cada tempo de regreso asignado por el usuario, el programa reconstruye el hidrograma de Crecida con el método de Nash. En la ventana se visualizan, relativamente a cada sección de cierre elegido, los parámetros de la función  $k$  y  $n$ , característicos del embalse calculados según Nash o Mc Sparran, y los parámetros  $a$  y  $n$  de la ley de lluvia (por cada  $Tr$ ). El paso de cálculo, en horas, y el tempo máximo[horas] son definidas por el usuario, teniendo en cuenta que por cada cambio realizado es necesario presionar el pulsante Recalcular.

El gráfico visualizado puede ser copiado en los apuntes para luego pegarlo como imagen bitmap , con el pulsante derecho del mouse , seleccionando el comando Copiar gráfico desde el menú a cortina visualizado. Para exportar los valores correspondientes a cada curva se puede elegir el comando Copiar formato dentro del mismo menú.

### **Verificación hidráulica moto uniforme (ver Moto uniforme en el menú Output)**

Para cada sección de cierre seleccionado, el programa efectúa la verificación en condiciones de moto uniforme. La definición de las secciones de verificación (secciones de cierre) es precedente a esta fase, por lo tanto luego de haber efectuado el análisis hidrográfico y Morfométrico es determinado el caudal de mayor crecida (métodos empíricos o analíticos), cada sección tiene que ser definida en la forma y parámetros de aspereza. Para generar la sección seleccionar el comando Sección de cierre del menú Input Datos (o barra de instrumentos) y efectuar un clic con el mouse sobre la línea de sección asignada anteriormente.

### **Condiciones moto permanente**

En la ventana visualizada al seleccionar este comando el usuario, por cada tempo de regreso asignado, impone las condiciones para el análisis en moto permanente. Relativamente a la ficha Condiciones cuesta abajo, se asigna la altura de la sección líquida en la sección extrema cuesta abajo (sección de cierre del embalse); en la ficha Condiciones cuesta arriba, se asigna la altura de la sección líquida en la sección extrema cuesta arriba (fuente). Las condiciones apenas definidas sirven

al programa, fijado el paso de escáner entre una sección y la sucesiva, para el cálculo de la carga total y de la cota de nivel libre en las secciones sucesivas.

Como puede ver son la geometría y el caudal de la sección de partida (condiciones cuesta abajo o cuesta arriba), que indicamos como sección  $i$ , el programa calcula la cadente  $J$  y la carga total, por lo tanto con el paso escáner asignado, se calculan por diferentes valores de  $h$  (alrededor de la  $h$  asignada) los mismos tamaños (cadente y carga).

Sucesivamente el programa evalúa la pérdida de carga entre las secciones de partida  $i$  y la sucesiva  $(i+1)$  y obtiene por interpolación de valores encontrados por diferentes alturas  $h$ , la altura de la sección líquida en la sección  $(i+1)$ . Por la altura obtenida  $h_{i+1}$ , el programa efectúa nuevamente el cálculo de la cadente  $J$  y obtiene el valor medio de la cadente (media entre la cadente en  $i$  y aquella en  $i+1$ ), da la cual se obtiene la pérdida de carga entre las dos secciones y la altura de la carga total. Llegado este punto el programa obtiene la altura  $h_{i+1}$  interpolando de entre los valores encontrados anteriormente en el paso escáner fijado.

### **Verificación hidráulica moto permanente (ver Moto permanente en el menú Output)**

En correspondencia a cada sección de cierre se calcula por un asignado caudal de verificación, la altura de la sección líquida como en la descripción del el paso anterior. El cálculo puede ser efectuado por caudales relativos a diversos tiempos de regreso. Condición necesaria a la convergencia del cálculo y el caudal de verificación por cada sección sea constante. Una vez efectuado el cálculo , el programa determinará, para cada sección la altura  $h$ , estableciendo para cada tronco , sea de un cauce con fuerte o débil pendencia, por lo tanto si la corriente que se mueve en ese tramo es lenta o veloz.

### **Mapa desborde**

El comando efectúa la visualización del área desbordada relativamente a cada período de regreso. El mapa de desborde viene visualizado únicamente una vez realizado el cálculo de verificación de las secciones en condiciones de moto permanente. Cuando se lleva a video puede ser imprimir, en escala, seleccionando el comando vista preliminar.

### **Vista sección cauce**

Visualiza la sección longitudinal del cauce con las alturas del perfil del agua determinando en condiciones de moto permanente tronco por tronco. Al deseleccionar el comando, la pantalla, vuelve a la visualización del embalse.

## **Bloquear/Desbloquear datos**

Comando que bloquea o desbloquea los datos de input y/o output.

## **2.8 Menú Exportar**

En el mismo son presentes los comandos de output del análisis efectuado.

### **Exportar en formato RTF**

El comando visualiza un editor de texto en el cual lleva la relación cálculo. La misma puede ser editada e impresa directamente desde este editor interno del programa o guardado como formato RTF para luego ser modificado y/o impreso por cualquier editor de texto.

### **Exportar DXF**

El comando permite exportar en formato DXF (formato para i CAD) por cuanto se visualiza sobre el área de trabajo (vista embalse, secciones, etc.). Se visualiza la ventana para la elección del recorrido a dar para guardar como.

### **Exportar Bitmap**

El comando permite la exportación en formato BMP (formato para los editores de imágenes) de la visualización del área de trabajo (vista embalse, secciones, etc.).

## **2.9 Menú Preferencias**

En éste menú son presentes los comandos para las preferencias sobre los gráficos elaborados y de textos.

### **Opciones elaborados de texto**

Visualiza la ficha Opciones impresión de texto en el cual es posible elegir los datos de input y los resultados de cálculo que son llevados en relación:

### **Datos generales**

Si es seleccionado, muestra los datos ideológicos del embalse insertados por el usuario en Datos generales del menú Input datos.

### **Coeficiente de escorrentía**

Una vez seleccionado, obtiene los datos insertados por el usuario en Coeficiente de escorrentía del menú Cálculo necesarios para la determinación del coeficiente Kennessey.

### **Balance hidrológico**

Al seleccionarlo, inserta en relación, los datos para el balance hidrológico del embalse insertados por el usuario con el comando Balance hidrológico embalse del menú Cálculo.

### **Elaboración serie pluviométrica método de Gumbel**

Una vez seleccionado obtiene los datos insertados por el usuario en Ley de lluvia del menú Cálculo y los resultados de la respectiva elaboración (parámetros a y n).

### **Coordenadas embalse**

Una vez seleccionado inserta las coordenadas digitadas por el usuario para la definición del embalse.

### **Coordenadas asta principal**

Una vez seleccionado, inserta las coordenadas digitadas por el usuario para el asta fluvial principal.

### **Coordenadas asta secundaria**

Una vez seleccionado, inserta las coordenadas de las varias astas secundarias presentes.

### **Hidrografía y Morfeometría**

Una vez seleccionado, devuelve las elaboraciones de características morfométricas e hidrográficas del embalse principal, y además a aquellas de cada subembalse. Al respecto, recordamos que en correspondencia de cada sección definida por el usuario el programa considera en automático la presencia de un subembalse de alimentación a la sección correspondiente.

### **Caudal de mayor crecida métodos empíricos**

Una vez seleccionado, obtiene en relación al resultado de cálculo del caudal de mayor crecida determinada por cada tiempo de regreso con los métodos empíricos.

### **Caudal de mayor crecida método racional**

Una vez seleccionado, obtiene en relación el caudal de crecida con los métodos racionales determinado para cada sección y cada tiempo de regreso.

### **Verificaciones hidráulicas secciones**

Una vez seleccionado, obtiene la verificación hidráulica de cada sección en condiciones de moto uniforme y/o permanente.

### **Opción gráfica**

Visualiza la ficha Opciones de diseño en el cual es posible elegir los colores de relleno y de las líneas, y además el estilo de representación de los varios componentes (asta principal, secundaria, etc.).

## **3 Input**

### **3.1 Input Datos**

La individualización de un embalse y su retículo hidrográfico al interior del programa puede efectuarse mediante: input numérico o input gráfico.

- Para activar **input numérico**<sup>[24]</sup> es necesario seleccionar el comando Input numérico del menú Input datos: en la ventana visualizada, en el primer nivel, es realizado por coordenadas (X, Y, Z), La emisión de puntos de la línea divisoria que define la extensión del embalse, de sus puntos internos del asta fluvial principal. Al segundo nivel, se introducen las coordenadas de las astas secundarias (ramificación con confluencia del asta principal); mientras que en el tercer nivel la coordenadas de la sección de cierre y al cuarto o aquellos de eventuales subembalse (áreas de alimentaciones de las astas secundarias).
- **input grafico**<sup>[27]</sup>, en cambio, permite la introducción de datos a partir de la línea divisoria, con el mouse. Este tipo de input, da la posibilidad al usuario de partir con una base raster (escáner de una cartografía de papel) para importar al interno del programa y ser digitalizada.

En ambos casos, el input numérico y gráfico, el programa convierte los datos inseridos en un **modelo digital del terreno**<sup>[22]</sup> (DEM, Digital Elevation

Model) a mallas triangulares. Cada punto viene conectado a otro con elementos triangulares y según el criterio de Deluney.

Queda claro que el retículo construido con tal técnica depende de las dimensiones de triángulos, y por lo tanto por el número de puntos inseridos por el usuario.

### 3.1.1 Propiedad morfométrica del embalse

Definir la morfología de un embalse es una operación necesaria para la correcta interpretación del sistema cinemático del agua en la red hidrográfica, por lo tanto el relieve de un embalse tiene que contener información sobre las propiedades lineales (longitud asta fluvial, número de ramificaciones, etc.), distribución de las áreas de alimentación de la red, y el relieve que sirve para caracterizar el embalse desde el punto de vista altimétrico. En particular, de las propiedades de relieve, son importantes las altitudes del embalse (media, mínima y máxima), el desnivel y la pendiente del cauce.

La delimitación del embalse hidrográfico tiene que ser efectuada sobre la cartografía oficial en función de la extensión. La misma se traduce en la individualización de la línea divisoria, que delimita la superficie del embalse, y algunos puntos significativos como: el punto de cota máxima o punto pico, los puntos de sella y cuenca, que coincide con la cota de la sección de cierre.

La definición de la red fluvial tiene que seguir un criterio de jerarquía que permite ordenar las diversas ramas de la red. Generalmente, se da un orden 1 a los canales de primera formación que inician a partir de los puntos de fuente; dos elementos de primer orden, en el confluir, definen un ramo de orden 2. Dos del segundo orden confluentes, generan un ramo de orden 3, y así en adelante.

Cada segmento de orden  $k$  es alimentada por un área cuya forma planimétrica condiciona los fenómenos ideológicos que en esta se verifican.

Para completar las informaciones del embalse, es necesario conocer la relación entre las informaciones de las áreas y las propiedades de relieve (altura media, pendiente media del asta fluvial, etc.)

La altura media es determinada subdividiendo el área  $A$  del embalse en sub-áreas  $A_i$  determinadas por dos curvas de nivel, a las cuales se asigna una altura media  $h_i$  dada por la media de las cotas de dos curvas de nivel delimitantes. La altura media del embalse es dada por el promedio



ponderado de las altitudes medias  $h_i$  con peso par a las áreas parciales  $A_i$ :

$$h_m = \frac{\sum_{i=1}^n h_i A_i}{A}$$

La altura media  $H_m$ , a diferencia de la altitud media  $h_m$  que se refiere al nivel del mare, se refiere a la cota de la sección de cierre y se define:

$$H_m = h_m - h_{\min}$$

Con  $h_{\min}$  cota de la sección de cierre.

La constitución de la curva hipsográfica permite obtener informaciones sobre distribución de las áreas sobre diferentes bandas altimétricas. La misma se obtiene diagramando en ordenadas las alturas medias  $h_i$  [m s.l.m.] y en abscisas el área  $A_i$  [Km<sup>2</sup>] puesta por encima de la altura  $h_i$ . A la cota máxima, por lo tanto, corresponderá una superficie nula, mientras a la cota mínima el área al interior del embalse. El área subtensa de la curva hipsográfica representa el volumen de relieve, mientras la relación de la misma y la superficie del embalse devuelve la altitud media  $h_m$ .

## 3.2 Convenciones

Para una correcta asignación del Input, el usuario tiene que respetar algunas convenciones:

### **Introducción embalse**

Los puntos que definen un embalse (línea divisoria) tienen que ser asignados en sentido horario. The coordinates must be define in the positivos quadrant.

### **Introducción retículo hidrográfico**

El retículo hidrográfico tiene que ser asignado definiendo un asta fluvial principal seguida por las astas tributarias (caudales afluentes).

### **Introducción asta**

Cada asta fluvial principal va inserida partiendo de arriba a bajo (cierre del embalse); el mismo criterio va aplicado para las astas tributarias: desde el punto cota más alto hacia la cota más baja.

### **Introducción secciones**

Las secciones de verificación van inseridas en secuencia, partiendo de la sección de cierre del embalse y procediendo hacia el punto más alto del mismo. Se señala que a cada sección introducida el programa asigna una porción de embalse (subembalse) de alimentación de la sección. Tal porción puede ser modificada por el usuario, luego de la introducción de todas las secciones, seleccionando el panel coordenadas sobre la derecha del área derecha de trabajo. En esta fase, eligiendo la sección de cierre del subembalse a modificarse desbloqueando la opción Generación automática embalse cierre, es posible con una previa selección del comando Modificar vértices del menú Input Datos, modificar con el mouse la posición de los puntos o o digitar las nuevas coordenadas numéricamente sobre la parte superior del panel.

N.B.: Las modificaciones van efectuadas antes del cálculo.

### **Forma de la sección**

Para definir la sección es necesario hacer un click con el mouse sobre la línea en plano, luego de haber activado el comando sección. Aparecerá una nueva área de trabajo en la cual sobre el lado derecho, es presente un panel que permite definir todas las propiedades de la misma (forma, aspereza, etc.).

### **Asignar tiempos de regreso**

Es necesario asignar los tiempos de regreso a examinar cada vez que se crea un nuevo archivo. La asignación se realiza en Input Datos Generales.

## **3.3 Input Numérico**

En el menú Input datos seleccionar el comando **Input numérico**.

Para cada embalse el input de datos se desarrolla a más niveles: en el primer nivel van inseridos los vértices del embalse , las coordenadas de los puntos internos y los del asta principal.

## Vértices Embalse

Para insertar la línea divisoria que define el área del embalse es necesario respetar la convención de introducción y numeración de los puntos en sentido horario. Seleccionando este comando aparece una grilla con:

- N** = número de orden del punto.
- X** = abscisa del punto.
- Y** = ordenada del punto.
- Z** = cota del punto.
- Nombre** = Identificación del punto.

Una vez confirmada la digitación de las coordenadas con el pulsante **OK**, se visualiza sobre el área de trabajo la línea divisoria del embalse; sobre la derecha del área de trabajo las coordenadas insertadas, por lo tanto cada modificación de los puntos insertados puede ser efectuada en esta fase.

## Añadir vértices acotados embalse

El usuario puede insertar las coordenadas X, Y, Z de los puntos internos del embalse. La introducción de tales puntos es para la creación del DEM (Digital Elevation Model) y por lo tanto a la determinación de las propiedades morfológicas del embalse (áreas, pendientes, etc.).

## Vértices asta principal

El asta principal representa el curso de agua que da origen en el punto de fuente y termina en la sección de cierre del embalse; todas las ramificaciones que confluyen en la misma son consideradas astas secundarias. Los vértices del asta principal van introducidos a partir del punto de fuente hasta el punto de cierre del embalse. Tales puntos son necesarios para la determinación del DEM y constituyen un vínculo a la triangulación, por lo tanto es imposible proceder a la elaboración si no han sido insertados.

En el segundo nivel del Input, van definidos los vértices de las astas secundarias que confluyen en el asta principal.

## Vértices astas secundarias

El número de astas secundarias a considerar va definido en esta fase: el software considera en automático la presencia de una sola asta secundaria, por lo tanto para añadir otras es necesario situarse con el mouse sobre **Asta 1**, con el pulsante derecho del mouse y seleccionar **Nueva asta secundaria**. Para eliminar el asta repetir las indicaciones que hemos dado arriba y seleccionar el comando **Eliminar**.

Los puntos que definen cada asta individual secundaria van insertados en la grilla (N, X, Y, Z, Nombre) con número de orden creciente y partiendo desde el punto fuente del asta hasta el punto de confluencia.

En el tercer nivel del input numérico son definidas las secciones de cierre.

### Línea sección

Cada sección de cierre (pueden ser presentes más de una) tiene que ser definida por puntos (X, Y, Z) partiendo desde el externo izquierdo y procediendo hacia la derecha. La introducción de más secciones tiene que ser efectuada desde abajo (cierre del embalse) hacia arriba. En correspondencia con cada línea de sección el programa efectuará las verificaciones hidráulicas.

Hydrologic Risk considera en correspondencia de cada sección de cierre un subembalse de alimentación de la misma cuyas coordenadas (línea divisoria) van definidas en el nivel sucesivo.

La línea de sección tiene que ser trazada con el mouse (**Input gráfico**) sobre el asta fluvial partiendo con un clic del mouse de la izquierda hacia la derecha con el pulsante presionado. Al soltar el pulsante del mouse queda definida la amplitud de la sección y abre la ventana de trabajo en el cual se visualiza la sección. Sobre la derecha de la pantalla son llevados los datos de la sección:

- **Tipología:** Esta ficha contiene las formas predefinidas para poder asignar a la sección (circular, rectangular, trapecio, parabólica); para cada forma elegida se solicitan las dimensiones que definen la exacta geometría de la sección (diámetro, para la forma circular; base y altura, para la rectangular; etc.)
- **Datos sección:** Los datos inseridos en la ficha anterior se visualizan nuevamente en esta ficha para que el usuario los pueda modificar. Siempre es definido el contorno mojado de la sección mediante las indicaciones de los puntos de la sección que son bañados por el agua. El pulsante **Generar sección** visualiza el nivel del agua en la misma y efectúa los primeros cálculos hidráulicos:
  1. **Área:** área de la sección líquida en m<sup>2</sup>.
  2. **Contorno mojado:** perímetro de la sección líquida constituido por paredes sólidas de la sección (corrientes a nivel libre) en m.
  3. **Radio hidráulico:** relación entre el área de la sección líquida y el contorno mojado en m.
  4. **Altura agua sección:** altura de la sección líquida en m.

### Caudales

Las fichas de los caudales visualiza los caudales de mayor crecida calculados según los métodos empíricos y analíticos, para los tiempo de

regreso asignados T (Datos generales); tales resultados vienen visualizados en la siguiente fase de cálculo (Menú Cálculo – Caudal de mayor crecida) según los métodos empíricos o racionales. El usuario puede efectuar la verificación de cada sección, para cada tiempo de regreso, asignando valores personalizados.

En el cuarto nivel se definen eventuales subembalses presentes dentro del embalse principal.

### 3.4 Input Gráfico

Como hemos anunciado (ver **Input Datos** en el **menú Input**), la introducción de puntos que definen el embalse y su retículo fluvial pueden ser efectuados gráficamente con el mouse.

El programa, por convención permite insertar datos para niveles de detalle crecientes, es decir como primer paso van insertados los vértices que definen el contorno del embalse, por lo tanto aquellos de los puntos internos del mismo y aquellos del asta fluvial principal.

#### Vértices embalse

Para insertar la línea divisoria, elegir el comando **Seleccionar Vértices embalse** en el **Menú Input Datos**: Seleccionando el comando **Insertar vértices**

el programa permite al usuario insertar los puntos con un click del mouse en el área de trabajo; los mismos tienen que ser insertados en sentido horario

hasta el cierre completo de la línea divisoria. A medida que el usuario introduce los puntos, en la parte derecha de la pantalla vienen visualizadas las coordenadas introducidas, las mismas pueden ser modificadas. El comando **Insertar vértices** también se puede seleccionar desde la barra de herramientas.

#### Modificar vértices

El comando permite modificar gráficamente la posición de un punto, simplemente posicionando el cursor sobre el punto y llevarlo a la nueva posición, manteniendo presionado el pulsante izquierdo del mouse. En esta operación el cursor del mouse viene modificado, así como también vienen evidenciados los puntos en la grilla en el área derecha de la

pantalla El comando **Modificar vértice** también puede ser seleccionado desde la barra de herramientas.

### **Borrar vértices**

Permite eliminar un punto. Una vez seleccionado este comando, posicionar el cursor sobre el punto a borrar y hacer un click. Para terminar la operación con este comando hacer un clic con el pulsante derecho. El comando **Borrar vértices** también puede ser seleccionado desde la barra de herramientas.

### **Cortar**

El comando se utiliza para insertar un punto en el medio de dos puntos ya existentes.

### **Añadir vértices acotados embalse**

Para insertar gráficamente puntos internos al embalse seleccionar este comando y hacer un doble clic en el área de trabajo definida por la línea divisoria. Para cada punto de detalle insertado, la grilla de las coordenadas visualizada a la derecha de la pantalla se actualiza automáticamente. Recordamos que los vértices insertados al interior del embalse son de importancia.

### **Borrar vértice acotado**

Borra un punto interior del embalse.

### **Sección cierre**

La posición y el número de secciones a verificar a través del curso de agua viene definidos a través de este comando Input Numérico. A partir del bajo (cierre del embalse) se procede al trazado de las secciones hacia el punto más alto del asta fluvial (fuente). Cada sección va definida a partir de izquierda con un click con el pulsante presionado se procede hacia la derecha hasta el punto final de la misma. La forma y dimensión de la sección, pueden ser asignados gráficamente o numéricamente en la ventana de visualización de las secciones viene activado con doble clic sobre la sección correspondiente (ver también **Input Numérico**).

### **Borrar sección de cierre**

Para eliminar una sección de cierre, hacer un click sobre sección que se desea borrar.

## 3.5 Importar Imagen

En el **menú Input datos** seleccionar el comando **Importar imagen raster**.

El Input del embalse y el retículo hídrico a este conectado puede ser gráficamente con la importación de un modelo raster obtenido con un escáner con una cartografía de papel.

Una vez seleccionado el comando aparece una ventana con la propiedad de la imagen a importar y la elección del recorrido desde donde importar el archivo. Recordamos que el archivo de imagen tiene que ser con extensión BMP o JPG (generalmente son las más adecuadas ): el archivo seleccionado es visualizado en la ventana de vista preliminar.

### Parámetros de calibración

Los parámetros de calibración permiten obtener la imagen en escala real, para poder digitar las coordenadas.

### Distancia medida

Inserir la distancia medida en video entre dos puntos de la imagen importada. A esta distancia el programa asigna 1 como valor, por lo tanto luego de la importación, el usuario tendrá que medir en video la distancia entre dos puntos e introducir tal valor en los parámetros de calibración.

### Distancia real

Inserir la distancia real en metros entre los dos puntos obtenidos en el caso anterior (distancia medida). Dando a conocer la distancia medida en video y la distancia real, junto a las dimensiones de la imagen, permitirá la relación de escala entre pixel y puntos.

### Ángulo inferior izquierdo (X)

Abscisa del ángulo inferior izquierdo de la imagen, con respecto a un sistema de referencia local a elección del usuario.

### Ángulo inferior izquierdo (Y)

Abscisa del ángulo inferior izquierdo de la imagen con respecto a una sistema de referencia local a elección del usuario.

### Amplitud original

Inserir la amplitud, en escala real, del escáner.

### Altura

Inserir la altura, en escala real, del escáner.

### **Amplitud calculada**

El programa visualiza, en función de la distancia inserida (medida y real) y de las dimensiones del área, la amplitud calculada de la imagen.

### **Altura calculada**

El programa visualiza, en función, de las distancias inseridas (medida y real) y de las dimensiones del área, la altura calculada de la imagen

### **Calibrar imagen**

Para llevar el modelo raster a un modelo en escala real, generalmente es necesario repetir la calibración más de una vez en distintas direcciones.

Para esta operación, seleccionar la imagen con el comando de **Seleccionar** y presionar el pulsante derecho del mouse: con tal secuencia se visualiza una venta con las propiedades de la imagen.

## **4 Output**

### **4.1 Análisis Hidrográfico y Morfométrico**

Para cada embalse definido con Input Gráfico o Numérico, el programa realiza con la triangulación efectuada , una serie de cálculos que caracterizan el embalse desde el punto de vista morfológico devolviendo las propiedades de relieve (área, perímetro, altitud media, pendiente media) y lineales (amplitud asta fluvial, pendiente media, etc.)

#### **Emblase**

Observando la lista de embalses definidos por cada sección de cierre, son visualizadas las siguientes propiedades:

##### **Superficie**

Devuelve la superficie del embalse en Km<sup>2</sup>; el embalse es definido por la línea divisoria y por la línea en correspondencia de la sección de cierre idealmente continuada, por ambos lados, hasta intersectar la línea divisoria.

##### **Coordenadas baricentro**



Devuelve las coordenadas X e Y del baricentro del embalse con respecto al sistema de ejes cartesianos visualizados.

### **Perímetro**

Perímetro del embalse en Km.

### **Altitud (Máx, Med, Mín)**

Visualiza la altitud máxima, media y mínima del embalse. La altitud media puede ser calculada con el promedio ponderado de las cotas o a través la curva ipsográfica, elegida por el usuario en Datos generales del menú Input datos.

### **Amplitud máxima**

Amplitud del embalse en correspondencia de la máxima amplitud planimétrica.

### **Pendencia media**

Pendencia media del embalse calculada.

### **Factor de forma**

### **Densidad del drenaje**

Orden máximo

## **Astas Fluviales**

En correspondencia del embalse visualizado viene llevados los cálculos relativos a las propiedades lineales mismas:

### **Longitud asta principal**

Lleva la longitud del asta fluvial relativa al embalse en exámenes decir aquella que ha origen en el punto fuente del embalse que termina en el punto de la sección de cierre.

### **Cota sobre sección de cierre**

Visualiza la cota del fondo del cauce de la sección de cierre.

### **Pendencia media asta principal**

Lleva la pendencia media del asta fluvial calculada con la media de las pendencias de cada tramo individual..

## Tiempo de confluencia

Visualizar el tiempo de confluencia del embalse en examen calculado según uno de los métodos elegidos por el usuario en Datos generales del menú Input datos.

## 4.2 Coeficiente de escorrentía Kennessey

Es claro que no todo el volumen de agua en un embalse contribuye a las formaciones de caudales en un río cualquier cuerpo hídrico. Solamente la parte que no va absorbida por el terreno determina el volumen del caudal afluente: lógicamente la cantidad de agua depende por factores inherentes a la morfología del embalse, su permeabilidad, la cobertura vegetal, etc.

Existen diferentes métodos que llevan a la determinación del **coeficiente de escorrentía**, es decir la relación entre la cantidad de escorrentía, referidos a una determinada sección de cierre.

El programa Hydrologic Risk, utiliza el método de **Kennessey**, sobre todo aplicable para pequeños embalses, para la determinación del parámetro. Su valor es determinado por la suma de tres índices vinculados respectivamente a la pendiente, topográfica media del embalse ( $C_a$ ), a la cobertura vegetal ( $C_v$ ) y la permeabilidad media del mismo ( $C_p$ ).

Por lo general, una mayor **pendencia media** contribuye al aumento de escorrentía, a la pérdida de la infiltración en el terreno y la evapotranspiración

La presencia de una cobertura vegetal densa impide la escorrentía superficial disminuyendo y favoreciendo la infiltración. A esto se agrega además, el agua dispersa por la transpiración de las plantas.

Una mayor **permeabilidad** aumenta caramente la cantidad de agua que se infiltra en el terreno, reduciendo la escorrentía superficial.

A los tres factores mencionados anteriormente, se le agrega el factor climático de la zona en examen: el coeficiente de escorrentía (o runoff) es fuertemente influenciado por la distribución por los eventos meteóricos en el transcurso del año, más bien que de los valores de las precipitaciones de la temperatura. Por lo general las precipitaciones mayores asociadas a temperaturas elevadas comportan una mayor

evapotranspiración, en consecuencia disminución de escorrentía superficial; diversamente, mayores precipitaciones asociadas a temperaturas bajas contribuyen a un mayor escorrentía.

Para tener presente el factor climático viene definido un **índice de aridez**  $I_a$ :

$$I_a = \frac{P}{T + 10} + \frac{12p}{t}$$

donde:

- P** = caudal afluente medio mensual;
- T** = temperatura media anual;
- p** = caudal afluente del mes más árido;
- t** = temperatura del mes más árido.

Con el **método de Kennessey** se individualizan intervalos de valores del coeficiente  $I_a$  relativamente a cada factor ( $C_a$ ,  $C_v$ ,  $C_p$ ):

Índice de aridez $I_a$	$I_a < 25$	$25 \leq I_a \leq 40$	$I_a > 40$
<b>Permeabilidad (<math>C_p</math>)</b>	<b>Coefficientes</b>		
Muy baja	0.21	0.26	0.30
Baja	0.17	0.21	0.25
Mediocre	0.12	0.16	0.20
Buena	0.06	0.08	0.10
Elevada	0.03	0.04	0.05
<b>Pendencia (<math>C_a</math>)</b>	<b>Coefficientes</b>		
> 35%	0.22	0.26	0.30
35% , 10%	0.12	0.16	0.20
10% , 3.5%	0.01	0.03	0.05
< 3.5%	0.00	0.01	0.03
<b>Vegetación (<math>C_v</math>)</b>	<b>Coefficientes</b>		
Roca descubierta	0.26	0.28	0.30
Pastizal	0.17	0.21	0.25
Tierra cultivada	0.07	0.11	0.15
Bosque	0.03	0.04	0.05

En función del índice de aridez del área, se visualiza la contribución de cada factor individual (pendencia, permeabilidad y vegetación) evaluando su distribución sobre el área del embalse. Es decir para cada porción de área del embalse (porcentaje del área total) se multiplica el coeficiente relativo a cada factor para el área (porcentaje): cada factor individual será dado a la suma de los productos como es indicado arriba.

Il coefficiente di deflusso medio annuo sarà ottenuto dalla somma dei coefficienti di deflusso parziali  $C_a$ ,  $C_v$ ,  $C_p$ .

A continuación se muestra el ejemplo de cálculo para el coeficiente de escorrentía parcial unido a la permeabilidad  $C_p$ :

Área embalse = 25 Km<sup>2</sup> con índice de aridez < 25

Distribuido de la siguiente manera:

- 5 Km<sup>2</sup> son constituidos por terreno con elevada permeabilidad (20% del área total);
- 10 Km<sup>2</sup> son constituidos por terreno con mediocre permeabilidad (40% del área total);
- 10 Km<sup>2</sup> son constituidos por terreno con permeabilidad muy baja (40% del área total);

Cálculo del coeficiente de escorrentía  $C_p$ :

- 0.03 (coeficiente para permeabilidad elevada)  $\times$  0.20 = 0.0060
- 0.12 (coeficiente para permeabilidad mediocre)  $\times$  0.40 = 0.0480
- 0.21 (coeficiente para permeabilidad muy baja)  $\times$  0.40 = 0.0840

$$C_p = 0.0060 + 0.0480 + 0.0840 = 0.570$$

Procedimiento análogo tiene que ser seguido por la determinación de los otros dos coeficientes de escorrentía  $C_a$  e  $C_v$ .

### 4.3 Balance hidrológico

El balance hidrológico de un embalse es la igualdad de las aguas en caudales afluentes y de aquellos de escorrentía.

Como se sabe el agua recorre un ciclo cerrado que comprende la fase de evaporación, precipitación (lluvia, nieve, etc.), infiltración en el terreno (en parte) y el fluir hacia el mar, desde el cual el ciclo reanuda.

La expresión genérica de balance hidrológico es representada de la siguiente manera:

$$P = EV + R + I$$

donde:

**P** = precipitaciones;

**EV** = evapotranspiración ;

**R** = flujos;

**I** = infiltración.

## Datos generales

### Ubicación embalse

Elegir de entre las dos opciones de embalse montés o embalse llano;

### Área embalse

El programa calcula la superficie del embalse en automático, luego del input del mismo, permitiendo introducir un valor a aquel calculado.

### Pluviosidad media anual

Este dato viene leído por el software en la ventana de **Datos generales** en **menú Input datos**.

### Temperatura media anual

Este dato viene leído por el software en la ventana de **Datos generales** en **menú Input datos**.

## Cálculo evapotranspiración real

Hydrologic Risk efectúa el cálculo de la ETR, según la fórmula de Keller o de Turc, como altura del agua en mm.

## Afluentes

Precipitaciones meteóricas

Inserir el porcentaje de (volumen de agua en m<sup>3</sup>) causada por las precipitaciones.

### Aportes por embalses adyacentes

Cuantificar en % los aportes hídricos provenientes por otros embalses.

### Introducciones

Inserir el volumen de agua (como porcentaje de los afluentes totales) que derivan de las descargas civiles, industriales, etc.

### Infiltraciones superficiales adyacentes

Aportes de niveles freáticos adyacentes

## **Escorrentías**

**Evapotranspiración real ETR**

**Toma de pozos**

**Escorrentías hacia otros embalses**

**Emergencias presentes (fuentes)**

**Fluir en superficie**

**Escorrentías hacia niveles freáticos adyacentes**

**Variaciones almacenamientos reservas hídricas**

## **4.4 Ley de Lluvia**

En el ambiente de los embalses de interés, el Servicio hidrográfico, las regiones y otros entes antepuestos, relevan los datos de los caudales afluentes meteóricos a través de las estaciones de medida dislocados sobre el territorio. Tales observaciones son llevadas en los registros hidrológicos.

Las elaboraciones de datos recogidos consiste en la determinación de la ley de lluvia para un tiempo de regreso considerado, es decir, se trata de encontrar la relación entre la altura de lluvia  $h$  y el tiempo  $t$  (duración). Por lo general, hasta que una elaboración sea segura tienen que ser disponibles los datos relativos a un período bastante largo (por lo menos 20 – 30 años).

Todas las leyes de lluvia tienen una forma del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

donde  $a$  y  $n$  son constantes que varían en función del tiempo de regreso y son determinadas caso por caso.

### **Distribución de Gumbel**

La elaboración estadística - probable más segura de los datos pluviométricos es sin duda la de **Gumbel**, con la cual se expresa la

posibilidad de no superación el valor de  $h$  por una duración preestablecida. Ésta viene llevada con la siguiente fórmula:

$$P(h) = e^{-e^{-k_1(h-k_2)}}$$

donde, para una duración preestablecida:

**P(h)** = probabilidad de no superar  $h$ ; el complemento a 1 de  $P$  ( $1-P$ ) representa la probabilidad de superación;

**k1** e **k2** = parametri della distribuzione.

Para la estimación de los parámetros  $k_1$  y  $k_2$  se utiliza el método de momentos y se obtienen los siguientes valores:

$$k_1 = 1.283/s$$

$$k_2 = M - 0.450 \cdot s$$

donde  $M$  es la media de los eventos y  $s$  la desviación standard media.

Ya que el tempo de regreso  $T_r$  representa lo contrario de la probabilidad de superación ( $1-P$ ), esto puede ser expresado como:

$$T_r = 1/(1-P)$$

Por lo tanto la probabilidad en función del tempo de regreso asume la siguiente expresión:

$$h = k_2 - \frac{1}{k_1} \ln \left[ -\ln \left( \frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right]$$

## 4.5 Caudal métodos Empíricos

Con los métodos empíricos la estima del caudal de mayor crecida prescinde de la adopción de una ley de distribución de las probabilidades de máximas anuales de los caudales al colmo y los diferentes autores, de vez en vez, dando formulaciones que definen el sentido que puede

ser un caudal no superable o que puede ser superada, pero solo raramente.

### **Fórmula de Forti**

Forti ha propuesto dos formulaciones para el cálculo de caudal específico, o **contribución unitaria de crecida** en  $\text{m}^3/\text{seg Km}^2$ , válidos para embalses con superficies inferiores a  $1000 \text{ Km}^2$ , pero con precipitación máxima en las 24 horas del orden, respectivamente de 400 mm y de 200-250 mm.

$$q_{\max} = 3.25 \frac{500}{A + 125} + 1$$

$$q_{\max} = 2.35 \frac{500}{A + 125} + 0.5$$

### **Fórmula de De Marchi (1939)**

Válida para los embalses con superficie inferior a  $150 \text{ Km}^2$ , con precipitación máxima en 24 horas del orden de 400 mm, el coeficiente udométrico es dado por:

$$q_{\max} = 2.35 \frac{500}{A + 125} + 1$$

### **Fórmula de Pagliaro (1936)**

Válida para los embalses con superficie comprendida entre 20 e  $1000 \text{ Km}^2$ , el caudal de mayor crecida específico es dado por:

$$q_{\max} = \frac{2900}{90 + A}$$

donde A es la superficie del embalse y el caudal es aquello específico, es decir por unidad de superficie del embalse, por lo tanto expresa en  $\text{m}^3/\text{seg Km}^2$ .

### **Fórmula de Scimeni (1928)**

Válida para los embalses con superficie inferior a  $1000 \text{ Km}^2$ , el caudal de mayor crecida específica es dada por:

$$q_{\max} = \frac{600}{A + 10} + 1$$



donde A es la superficie del embalse y el caudal es aquello específico, es decir por unidad de superficie del de embalse, por lo tanto expresa en  $\text{m}^3/\text{seg Km}^2$ .

### Fórmula de Giandotti (1940)

Válida para los embalses con superficie inferior a  $1000 \text{ Km}^2$ , el caudal específico es:

$$q_{\max} = \frac{532.50}{A + 16.20} + 5$$

## 4.6 Caudal método Analítico

En el **método Racional** la valuación del caudal de mayor crecida viene en correspondencia a un tiempo de regreso asignado  $T_r$ .

$$Q_T = c \cdot h \cdot A \cdot \frac{k}{t_c}$$

con  $Q_T$  caudal en  $\text{m}^3/\text{sec}$ , donde:

**A** = superficie goteada [ $\text{Km}^2$ ];

**h** = altura de lluvia que cae en un tiempo igual a aquel de confluencia [ $\text{mm}$ ];

**$t_c$**  = tiempo de confluencia [ore];

**c** = coeficiente de escorrentía;

**k** = factor que tiene cuenta de la no uniformidad de las unidades de medida.

## 4.7 Tcev

Valuación de los caudales de crecida correspondientes a diferentes valores de T (tiempo de regreso) puede ser conducida sobre la base experimental de datos hidrológicos (métodos directos) y sobre la base de estudios específicos efectuados (métodos indirectos semiempíricos).

Es claro que la determinación de un dato de tal importancia viene con un procedimiento uniforme sobre todo el territorio nacional, por lo tanto ya aparece una dirección común a todos los Planes de Embalse aquel de llegar a la definición probable de máximas anuales de los caudales de

crecida con distribución del valore extremo o doble componente (**TCEV – Two Component Extreme Value**).

Si se indica  $X$  el máximo anual de los caudales de crecida al colmo; puesta  $X_T$  el valor máximo de  $X$  correspondiente a un establecido tiempo de regreso  $T$  en años, se obtiene:

$$X_T = k_T \cdot m(X)$$

donde:

$K_T$  = Factor probable de crecimiento, constante sobre áreas homogéneas;

$m(X)$  = media de la distribución de los máximos anuales de la variable  $X$ .

El **TCEV** asuma la siguiente función de probabilidad acumulada por el máximo valor anual  $X$ :

$$F_X(X) = e^{\left[-\Lambda_1 \exp(-X/\theta_1) - \Lambda_1 \Lambda_*^{1/\theta_*} \exp(-X/\theta_* \theta_1)\right]}$$

donde  $X$  es la variable considerada (caudal mayor anual al colmo mayor duración de lluvia anual  $t$ ) e  $\Lambda_1, \Lambda_*, \theta_*, \theta_1$  Son los parámetros de la distribución.

Para bajas zonas pluviométricas homogéneas los parámetros  $\Lambda_1, \Lambda_*, \theta_*$  son constantes, y la variable  $X$  es sustituida por una variable dimensional  $X'$  obtenida de la siguiente manera:

$$X' = \frac{X}{\mu}$$

con  $\mu$  caudal índice, normalmente puesta a  $X$  media.

Con tal variable la función de probabilidad acumulada se expresa de la siguiente manera:

$$F_{X'}(X') = e^{\left[-\Lambda_1 \exp(-X'\eta) - \Lambda_1 \Lambda_*^{1/\theta_*} \exp((-X'\eta/\theta_*))\right]}$$

con  $\eta = \mu/\theta_1$

Por lo tanto para la suma de  $X_T$ , se fija un valor de  $T$  y se determina la  $F_{X'}(X')$  con la relación:

$$F_{X'}(X') = 1 - \frac{1}{T}$$

Por lo tanto se procede a la estima de  $X'_T$  (factor de crecimiento).

En las practicas aproximaciones para el factor de crecimiento se puede hacer referencia a expresiones simplificadas del tipo:

$$X'_T = a_0 + a_1 \ln T$$

Con  $a_0$  y  $a_1$  coeficientes variables de región a región.

Para la **estima del caudal índice m** se puede recurrir a la media aritmética de los valores observados de  $X$ , o bien por falta de datos, se recurre a la relación interpolar obtenida parra cada región o zona homogénea con la genérica expresión:

$$m(Q) = \bar{X} = c_1 \times A^{c_2}$$

con  $A$  área del embalse y  $c_1$  e  $c_2$  parámetros de las zonas varias de cada región.

Con los valores obtenidos se determina:

$$X_T = X'_T \cdot \bar{X}$$

## 4.8 Hidrograma de crecida

Además del valor del caudal al colmo, puede ser útil conocer el andar del caudal, en la sección de referencia, en función del tiempo (**Hidrograma de crecida**).

La construcción de este gráfico se obtiene con el método propuesto por **Nesh**:

$$Q(m \times \Delta t) = S_b \cdot \frac{\sum_{i=1}^m e^{-i\Delta t/k}}{k \cdot \Gamma(n)} \cdot (i \cdot \Delta t/k)^{n-1} \cdot h_{m-i+1} \Delta t$$

donde:

**Q(m·Δt)** = caudal al instante m·Δt, con m variable por 1 y N;

**N** = número máximo de intervalos d tempo considerados;

**Δt** = intervalo temporal de cálculo (1 hora);

$m$  = número de los intervalos;  
 $\Gamma(n)$  = función gamma;  
 $S_b$  = área del embalse [ $\text{Km}^2$ ];  
 $h_{m-i+1}$  = afluente eficaz [ $\text{mm}$ ] en el intervalo  $(m-i+1)$ ;  
 $k, n$  = Coeficientes característicos del embalse.

Para la estima de los coeficientes  $k$  y  $n$  son disponibles distintas correlaciones, de las cuales el programa utiliza:

### Nash (1960)

$n$  y  $k$  son obtenidos a través de la determinación de los parámetros  $m_1$  y  $m_2$  luego de haber puesto:

$$m_1 = n \cdot k$$

$$m_2 = \frac{n \cdot k^2}{m_1^2}$$

con:

$$m_1 = 27.6 \cdot A^{0.3} \cdot i_b - 0.3$$

$$m_2 = 0.41 \cdot L^{-0.1}$$

en los cuales:

$A$  = áreas del embalse expresa en milla cuadrada;  
 $L$  = Longitud del curso de agua prolongado hasta la divisoria en millas;  
 $i_b$  = pendencia media del embalse en partes por 10000.

### Mc Sparran (1968)

Mc Sparran pone:

$$n = 4.1 \cdot \frac{t_p}{k_1}$$

$$k = \frac{t_p}{n - 1}$$

con:

$$t_p = 5.52 \cdot A^{0.208} \cdot i^{-0.447}$$

$$k_1 = 3.34 \cdot A^{0.297} \cdot i^{-0.354}$$

en el cual:

$A$  = área del embalse expresada en millas cuadradas;

$i$  = pendiente media en el curso de agua en partes por millas.

## 4.9 Moto uniforme

La verificación hidráulica de la sección en condiciones de moto uniforme puede ser razonablemente conducida en los canales artificiales, en los cuales la forma de la sección es suficientemente regular y no son presentes perturbaciones tales de formar cuesta arriba y/o cuesta debajo los perfiles de oleaje.

En el caso de moto uniforme la pendiente del nivel libre y la cadente de la línea de las cargas específicas son iguales a la pendiente del cauce.

Las ecuaciones que describen el moto uniforme son por lo tanto:

$$Q = \text{const}$$
$$\frac{dH}{dx} = i_f$$

donde:

**Q** = caudal;

**H** = carga total de la corriente [m];

**$i_f$**  = pendiente fondo cauce.

En moto uniforme, la velocidad media de la corriente es unida a las características del cauce (pendencia, aspereza, forma) y por la corriente (profundidad, área sección líquida, radio hidráulico) y por norma se exprime mediante la **fórmula de Chézy**:

$$V_0 = C \cdot \sqrt{R_0 \cdot i_f}$$

en la cual la cadente  $i_h$  de las líneas de cargas viene puesta igual a la pendiente del cauce  $i_f$ ,  $R_0$  es el radio hidráulico y  $C$  el coeficiente de aspereza (Strickler, Bazin Kutter, etc.).

En particular, la expresión de Strickler para el coeficiente de aspereza es:

$$C = c \cdot R^{1/6}$$

en la cual:

**c** = índice de aspereza;

**R** = radio hidráulico.

El problema de la verificación de la sección es aquel de garantizar que el caudal de proyecto (caudal de mayor crecida) pasa al interior de la sección considerada.

El programa, luego de haber determinado el caudal en condiciones de moto uniforme, calcula la altura alcanzada por el nivel líquido en la sección por los caudales asignados (a cada tiempo de regreso).

Generando el gráfico de la energía, en correspondencia del caudal asignado por el usuario, el programa visualiza el gráfico con las características energéticas de la corriente en la sección y los valores de la velocidad y de las alturas críticas.

Al respecto, recordamos que la energía de la corriente en la sección es expresada de la siguiente forma:

$$E = h + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

con **E** medida a partir de la cota del fondo del cauce.

Su característico andar asintótico, para  $h$  con tendencia a cero y para  $h$  con tendencia al infinito, consiste definir en su punto de valor mínimo **k** de la altura crítica de la corriente de caudal asignado  $Q$ .

Vale la pena recordar que en correspondencia del estado crítico la corriente pasa de veloz, con altura  $h < h_{crit}$ , a lenta, con  $h > h_{crit}$ .

Por lo tanto la altura crítica de una corriente de nivel libre de caudal asignado  $Q$ , aquella altura  $k$  para la cual resulta mínima la energía especificada  $E$  con respecto al fondo del cauce.

## 4.10 Moto permanente

El moto permanente gradualmente variado es aquel que se verifica en una corriente de nivel libre con variaciones graduales de la sección. Naturalmente la condición de continuidad impone que el caudal quede constante, mientras que la velocidad y la sección varían gradualmente a lo largo de los ejes  $s$  de la corriente.

Si se considera una corriente en moto permanente con pequeña pendiente y caudal  $Q$  constante. Aislado un tronco del cauce de longitud  $ds$  (con  $s$  abscisa medida a partir de un origen arbitrario, en dirección

horizontal hasta coincidir con aquel del moto) El fondo disminuye de  $i_f ds$  y la línea de cargas totales de  $Jds$ , habiendo indicado con  $J$  la cadente.

De simples consideraciones geométricas se tiene:

$$i_f ds + E = E + \frac{dE}{ds} ds + Jds \quad a)$$

$$\frac{dE}{ds} = i - J \quad b)$$

La expresión b), en la cual por sencillez  $i_f$  ha sido igualado a  $i$ , indica claramente que la energía específica total con respecto al fondo, aumenta para la disminución del fondo mismo y disminuye por efecto de las resistencias.

Sustituyendo a los diferenciales los elementos finitos, la b) se vuelve:

$$\Delta S = \frac{\Delta E}{i - J}$$

Ya que  $E$  resulta función de  $s$  a través de la altura  $h$ , se tiene:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - J}{\frac{dE}{dh}} \quad c)$$

Del curso de  $E$  en función de  $h$ , sabemos que  $E$  decreciente a creciente de  $h$  ( $dE/dh < 0$ ) para las corrientes veloces ( $h < k$ ), y es creciente ( $dE/dh > 0$ ) para las corrientes lentas ( $h > k$ ); en correspondencia del estado crítico  $dE/dh = 0$ .

En fin, aceptando para la pérdida de carga  $J$  la siguiente expresión:

$$J = \frac{v^2}{C^2 \cdot R} = \frac{Q^2}{C^2 \cdot R \cdot A^2}$$

se deduce que  $J$  es tan menor como mayor es  $h$ , dado que todos los terminaciones del denominador crecen con  $h$ , y se puede concluir que el numerador de c) resulta positivo ( $i > J$ ) por alturas de agua superiores a aquellas de moto uniforme ( $h > h_0$ ), negativo por alturas de agua inferior a aquel de moto uniforme ( $h < h_0$ ).

Las consideraciones efectuadas son la base del recorrido probable a seguir de los perfiles de agua: observamos en general que cuando la altura del agua se acerca a aquella de moto uniforme, la  $dh/ds$  tiende a

ser cero, es decir que el perfil se dirige paralelo al fondo y por lo tanto a aquel de moto uniforme.

Al contrario, cuando la altura se acerca al valor crítico  $k$ , la  $dE/dh$  ha la tendencia a anularse y por lo tanto el perfil se dirige perpendicularmente al fondo.

Los perfiles de moto permanente son descriptos analíticamente de la expresión b), por lo tanto definidos amenos de una constante arbitraria a determinar fijando en una sección la altura  $h = h^*$ .

Tal condición se encuentra en correspondencia de una causa perturbadora que provoca, en una sección, un altura  $h$  distinta a aquella de moto uniforme; recordamos que a tal propósito la causa perturbadora puede ejercitar su influencia cuesta arriba solo si la corriente es lenta (o lo será), puede ejercitarse cuesta abajo solo si la corriente es veloz (o lo será por este motivo).

Todo esto lleva a establecer que las condiciones al contorno para revolver la ecuación del perfil, y por lo tanto el punto de partida del trazado, se encuentra cuesta abajo si la corriente es lenta, cuesta arriba si la corriente es veloz.

En tal sección tendrá la altura  $h^*$  determinada por la causa perturbadora y por lo tanto será notorio el desnivel  $h^* - h_0$  con respecto al moto uniforme.

## 4.11 Mapa desbordes

El Menú cálculo posee los comandos relacionados con la fase de determinación del balance hidrológico del embalse, de los caudales de mayor crecida para cada sección de verificación en condiciones de moto uniforme y permanente y la visualización de la sección del cauce (perfil longitudinal).

### **Análisis Hidrográfico y Morfométrico (ver Análisis Hidrográfico y morfométrico en el menú Output)**

Para cada embalse definido por una sección de cierre se realizan los cálculos que definen las propiedades morfométricas del embalse y el tiempo de confluencia. En esta fase el programa también realiza los



cálculos correspondientes a cada subembalse generando en automático en función de la posición de cada sección de cierre.

Al seleccionar este comando es posible realizar modificaciones correspondientes a cada subembalse desde el panel de control ubicado a la derecha del área de trabajo. Para cada sección de cierre, con el comando Modificar vértices embalse, es posible dar la forma deseada a cada subembalse. En la fase sucesiva es necesario efectuar nuevamente el cálculo.

### **Triangulación**

La triangulación viene efectuada en automático por el programa para el análisis morfométrico e hidrográfico, pero seleccionando este comando es posible una vista tridimensional del embalse, eventualmente imprimirlo a través del preview, el cual se activa con el pulsante derecho del mouse.

### **Coeficientes de escorrentía Kennessey (ver Coeficientes de escorrentía Kennessey en el menú Output)**

Efectúa el cálculo del coeficiente de escorrentía con Kennessey. Para determinar el parámetro mencionado, el cual es indispensable para continuar con el paso siguiente del balance ideológico, son necesarios algunos datos como:

- pluviosidad: expresa en mm de lluvia, para la determinación de los caudales afluentes P;
- temperatura media: temperatura media para cada mes;
- temperatura máxima: temperatura máxima para cada mes;
- temperatura mínima: temperatura mínima.

Por datos inseridos, Hydrologic Risk, obtiene el índice de aridez  $I_a$  del cual, en función del cálculo de las porcentajes de superficie que definen las distribuciones vegetales, de la pendiente y de la permeabilidad, se obtienen los coeficientes parciales de escorrentía y aquel total.

### **Balance hidrológico del embalse (ver Balance hidrológico en el menú Output)**

En esta ventana vienen solicitados los datos relativos a los caudales afluentes y a las escorrentías del embalse principal.

### **Ley de lluvia (ver Ley de lluvia en el menú Output)**

En esta ventana vienen elaborados los datos de las lluvias de duración 1 – 3 – 6 – 12 – 24 horas por diversos años, con el fin de llegar a definir la ley de lluvia del embalse en examen. El programa, por cada tiempo de regreso asignado por el usuario en Datos generales del menú Input

Datos, efectúa el cálculo de las alturas de lluvia máxima y crítica en correspondencia a cada duración (1, 3, 6, 12, 24 horas y de cada Tr.

Los datos de lluvia relativos a una estación pluviométrica pueden ser digitados directamente en la grilla de las duración o bien pueden ser copiadas y pegadas desde un archivo.

El programa elabora los datos inseridos estadísticamente, adoptando la distribución de probabilidad de Gumbel, del cual se devuelven los parámetros media, desviación standard, k... y m.

En la ficha Graph se obtiene el gráfico de la Curva de Posibilidad Pluviométrica con escala semilogaritmica o logaritmica (x e y): con el pulsante derecho del mouse es posible copiar el gráfico en los apuntes y pegarlo como bitmap o exportar los valores a pegar en una hoja de cálculo para las sucesivas elaboraciones deseadas por el usuario.

La ficha Imprimir consiste en enviar a la impresora de sistema los datos de input y los resultados de las elaboraciones.

### **Caudal de mayor crecida Métodos empíricos (ver Caudal métodos Empíricos en el menú Output)**

En correspondencia con cada sección de cierre viene calculado el caudal de mayor crecida con i métodos empíricos. Es necesario seleccionar el autor deseado y el programa visualizará el valor del caudal en  $m^3/seg$  aquel del caudal específico, por unidad de superficie del embalse, en  $m^3/seg Km^2$ .

### **Caudal de mayor crecida Método Analítico o Racional (ver Caudal método Analítico en el menú Output)**

Para los tiempos de regreso asignados, el programa efectúa el cálculo del caudal de Mayor crecida en correspondencia a la sección de cierre especificada. Deslizando las varias secciones, correspondientes a los varios subembalses, Hydrologic Risk efectúa la valuación del caudal con el pulsante Análisis caudales... Los resultados obtenidos serán diferentes dependiendo si en Datos Generales ha sido seleccionada la opción Método Racional (o analítico) o TCEV.

### **Hidrograma de crecida (ver Hidrograma de crecida en el menú Output)**

Por cada tempo de regreso asignado por el usuario, el programa reconstruye el hidrograma de Crecida con il método de Nash. En la ventana se visualizan, relativamente a cada sección de cierre elegido, los parámetros de la función k y n, característicos del embalse calculados según Nash o Mc Sparran, y los parámetros a y n de la ley de lluvia (por

cada Tr). El paso de cálculo, en horas, y el tiempo máximo[horas] son definidas por el usuario, teniendo en cuenta que por cada cambio realizado es necesario presionar el pulsante Recalcular.

El gráfico visualizado puede ser copiado en los apuntes para luego pegarlo como imagen bitmap , con el pulsante derecho del mouse , seleccionando el comando Copiar gráfico desde el menú a cortina visualizado. Para exportar los valores correspondientes a cada curva se puede elegir el comando Copiar formato dentro del mismo menú.

### **Verificación hidráulica moto uniforme (ver Moto uniforme en el menú Output)**

Para cada sección de cierre seleccionado, el programa efectúa la verificación en condiciones de moto uniforme. La definición de las secciones de verificación (secciones de cierre) es precedente a esta fase, por lo tanto luego de haber efectuado el análisis hidrográfico y Morfométrico es determinado el caudal de mayor crecida (métodos empíricos o analíticos), cada sección tiene que ser definida en la forma y parámetros de aspereza. Para generar la sección seleccionar el comando Sección de cierre del menú Input Datos (o barra de instrumentos) y efectuar un clic con el mouse sobre la línea de sección asignada anteriormente.

### **Condiciones moto permanente**

En la ventana visualizada al seleccionar este comando el usuario, por cada tiempo de regreso asignado, impone las condiciones para el análisis en moto permanente. Relativamente a la ficha Condiciones cuesta abajo, se asigna la altura de la sección líquida en la sección extrema cuesta abajo (sección de cierre del embalse); en la ficha Condiciones cuesta arriba, se asigna la altura de la sección líquida en la sección extrema cuesta arriba (fuente). Las condiciones apenas definidas sirven al programa, fijado el paso de escáner entre una sección y la sucesiva, para el cálculo de la carga total y de la cota de nivel libre en las secciones sucesivas.

Como puede ver son la geometría y el caudal de la sección de partida (condiciones cuesta abajo o cuesta arriba), que indicamos como sección  $i$ , el programa calcula la cadente  $J$  y la carga total, por lo tanto con el paso escáner asignado, se calculan por diferentes valores de  $h$  (alrededor de la  $h$  asignada) los mismos tamaños (cadente y carga).

Sucesivamente el programa evalúa la pérdida de carga entre las secciones de partida  $i$  y la sucesiva  $(i+1)$  y obtiene por interpolación de valores encontrados por diferentes alturas  $h$ , la altura de la sección líquida en la sección  $(i+1)$ . Por la altura obtenida  $h_{i+1}$ , el programa efectúa nuevamente el cálculo de la cadente  $J$  y obtiene el valor medio

de la cadente (media entre la cadente en  $i$  y aquella en  $i+1$ ), da la cual se obtiene la pérdida de carga entre las dos secciones y la altura de la carga total. Llegado este punto el programa obtiene la altura  $h_{i+1}$  interpolando de entre los valores encontrados anteriormente en el paso escáner fijado.

### **Verificación hidráulica moto permanente (ver Moto permanente en el menú Output)**

En correspondencia a cada sección de cierre se calcula por un asignado caudal de verificación, la altura de la sección líquida como en la descripción del el paso anterior. El cálculo puede ser efectuado por caudales relativos a diversos tiempos de regreso. Condición necesaria a la convergencia del cálculo y el caudal de verificación por cada sección sea constante. Una vez efectuado el cálculo , el programa determinará, para cada sección la altura  $h$ , estableciendo para cada tronco , sea de un cauce con fuerte o débil pendencia, por lo tanto si la corriente que se mueve en ese tramo es lenta o veloz.

### **Mapa desborde**

El comando efectúa la visualización del área desbordada relativamente a cada período de regreso. El mapa de desborde viene visualizado únicamente una vez realizado el cálculo de verificación de las secciones en condiciones de moto permanente. Cuando se lleva a video puede ser imprimir, en escala, seleccionando el comando vista preliminar.

### **Vista sección cauce**

Visualiza la sección longitudinal del cauce con las alturas del perfil del agua determinando en condiciones de moto permanente tronco por tronco. Al deseleccionar el comando, la pantalla, vuelve a la visualización del embalse.

### **Bloquear/Desbloquear datos**

Comando que bloque o desbloquea los datos de input y/o output.

## **5 Geoapp**

Las aplicaciones que componen [Geostru Geoapp](#) han sido diseñadas para brindar soporte profesional en la solución de múltiples casos técnicos. Geoapp comprende más de 40 [aplicaciones](#) para: Ingeniería, Geología, Geofísica, Hidrología e Hidráulica.

La mayoría de las aplicaciones son **gratuitas**, mientras algunas requieren **suscripción** mensual o anual.

Suscribirse en Geoapp significa:

- usar aplicaciones profesionales en cualquier momento, lugar y dispositivo;
- guardar los archivos en la nube y en el propio PC;
- abrir los archivos para elaboraciones sucesivas;
- servicios de impresión de los informes y las elaboraciones gráficas;
- información sobre nuevas aplicaciones e inclusiones automáticas en la propia cuenta de usuario;
- disponibilidad de versiones siempre actualizadas;
- servicios de asistencia técnica por medio de Tickets.

## 5.1 Sección Geoapp

### General e Ingeniería, Geotecnia y Geología

Entre las aplicaciones presentes, se puede utilizar una amplia gama para **GDW**. Para este propósito, se recomiendan las siguientes aplicaciones:

- [Georisk](#)
- [Invariancia hidráulica](#)
- [Protección del lecho del río, Riprap](#)
- [Comportamiento hidraulico](#)
- [Perdidas de carga](#)
- [Calculo uniforme de movimiento](#)

## 6 Bibliografía

Manuale di Ingegneria Civile  
Vol. 1 – Zanichelli/Esac.

Idrogeologia  
Principi e metodi, G. Castany.

Rischio idraulico ed idrogeologico  
A.M. Caivano – EPC Libri.

La sistemazione dei bacini idrografici  
V. Ferro – McGraw-Hill.

Idraulica  
D. Citrini G. Nosedà - Casa Editrice Ambrosiana.