

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. L. STOWHAS B.
Reformulación de un Modelo de Simulación Hidrológica para la Hoya del Río Aconcagua
IREN - U.T.F.S.M., 1979
2. F. MIMICA S., G. GALLEGUILLOS B.
Análisis e Implementación de un Modelo de Aguas Subterráneas
U.T.F.S.M., 1982
3. D. ORPHANOPOULUS S., G. CABRERA F.
Técnicas Isotópicas en Estudios Hidrogeológicos. Aplicación a la Cuenca Chacabuco-Polpaico
U.CH., 1982
4. P. FERRER A., E. BROWN F., L. AYALA R.
Simulación de gastos medios mensuales en una cuenca pluvial.
Segundo Coloquio Nacional de Ing. Hidráulica, 1973
5. IPLA
Proyecto Maipo. Estudio Hidrológico e Hidrogeológico. Estudio de Aguas Subterráneas.
Comisión Nacional de Riego, 1983
6. V. VERUMI, W. KARPLUS
Digital Computer Treatment Of Partial Differential Equations
Prentice - Hall, 1981
7. G. PINDER, J. BREDEHOEFT
Application of The Digital Computer for Aquifer Evaluation 1968.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA HIDRAULICA

VII CONGRESO NACIONAL

ANALISIS DE LAS CRECIDAS DEL RIO BIOBIO BAJO.

APLICACION A PROBLEMAS DE INUNDACION EN LA ZONA HUALQUI-CONCEPCION

Víctor Aros A. (1)

José Vargas B. (2)

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo determinar en un mapa topográfico, las zonas inundables por las crecidas del río Biobío, en un sector urbano-rural de la comuna de Concepción, a fin de orientar en parte las medidas que deben tomarse para proteger esas zonas. Para cumplir este objetivo, se realiza en primer lugar un análisis hidrológico que entrega como resultado un conjunto de hidrogramas de crecida, en una sección del río, para diferentes períodos de retorno. Con esta información y con las características geométricas e hidráulicas del río se efectúa posteriormente el rastreo de las crecidas entre Hualqui y Concepción; para ello, se ha implementado un programa computacional, en lenguaje Fortran 10, cuya ejecución entrega como resultado el comportamiento que experimentan las secciones del río frente a cada crecida, indicando los caudales y cotas excedibles que traen consigo los problemas de inundaciones. Luego de identificadas las secciones que presentan desbordes de las aguas, en una o ambas riberas, es posible delimitar en un mapa topográfico adecuado, las áreas inundadas para cada período de retorno de la crecida, quedando así demarcado el riesgo que implica cada avenida para las áreas agrícolas y/o poblacionales.

(1) Ingeniero Civil. Profesor Asociado U. de Concepción

(2) Ingeniero Civil. Instructor U. de Concepción.

1.- OBTENCION DE LOS HIDROGRAMAS DE CRECIDA

Se efectúa a partir del análisis de frecuencia de una serie de caudales máximos esperables y del análisis de las curvas de concentración y recesión de algunas crecidas seleccionadas.

1.1 Análisis de Frecuencia

Los datos que resultan más apropiados corresponden a la serie de caudales "peak" o serie de máximos anuales, y a la serie de excedencias anuales. Por esta razón en este estudio se consideran ambas series, más otras dos que corresponden a la serie de dos máximos anuales y a la serie de excedencias semestrales que es un caso especial de serie de excedencias anuales, en que el número de datos no es igual al número de años del período considerado.

Los datos que constituyen estas series corresponden a las crecidas más importantes que se obtienen de la estación "Desembocadura en Puente Viejo Concepción", desde Agosto 1963 hasta finales de 1983.

Se analiza el ajuste a las diferentes series de datos, de varias funciones de distribución acumulada (log normal 2, Gamma 2 y extrema tipo 1) aplicando los test estadísticos más conocidos (Chi-cuadrado y Kolmogorov - Smirnov). En esta sección se presenta la distribución de frecuencia ajustada a la serie de excedencias anuales, elegida de acuerdo a ambas pruebas de bondad y considerando que dichos resultados se acercan más a los registros de creces que se tienen. Dicho análisis determinó que la distribución extrema tipo 1 se ajusta mejor.

Cuadro N° 1 Caudales Peak para diferentes T (períodos de retorno)

T (años)	Q (m ³ /s)
5	9.750
10	11.050
20	12.311
50	13.944
100	15.167
500	17.944
1000	19.209

1.2 Curvas de recesión, concentración y forma de los hidrogramas para diferentes T.

La curva de recesión de una hoya se describe por la ecuación:

$$q_1 = q_0 K_R \quad (1)$$

o en su forma más general:

$$q_t = q_0 K_R^t \quad (2)$$

en que q_0 : caudal en cualquier momento
 q_1 : caudal en una unidad de tiempo después
 K_R : constante de recesión
 q_t : caudal t unidades de tiempo después de q_0 .

Para obtener una estimación de K_R correspondiente a la curva de recesión de escorrentía directa se puede hacer un gráfico de valores q_0 vs q_t , un intervalo de tiempo t más tarde, para varias crecidas registradas (Junio 1969, Mayo 1972, Agosto 1979, Mayo 1980, Julio 1980). Se considera un intervalo $t = 24$ horas, puesto que el tiempo de recesión de la crecida es aproximadamente 6 días, valor obtenido de relaciones empí-

ricas y avalado por las crecidas consideradas en el análisis cuyo tiempo de recesión corresponde aproximadamente al indicado. Se considera como flujo base, al caudal medio mensual de los meses de Junio, Julio y Agosto que corresponde más o menos a 1650 m³/s. Se consideran estos meses puesto que son los meses en que se producen generalmente las crecidas de interés para el estudio. Llevando a un gráfico toda esta información, se obtiene el gráfico de la figura N° 1, donde se tiene una nube de puntos. Es costumbre dibujar la curva de recesión de escorrentía directa, como la envolvente de los valores graficados sobre la izquierda como se indica en la figura N° 1. La curva así obtenida se caracteriza por ser asintótica a una línea de 450 cuando q tiende a cero.

Para determinar la curva de recesión de crecidas para los diferentes períodos "T" (5, 10, 20, 50 , etc.), se procede de la siguiente forma: Con el caudal peak obtenido mediante el análisis de frecuencia se entra al gráfico de la figura N° 1 como q₀ y se sale con q_t, que corresponde al caudal 24 horas después de producido q₀. Nuevamente se repite el procedimiento, considerando ahora el q_t obtenido en el paso anterior como q₀ y así obtener un nuevo q_t que al igual que el anterior sería el caudal producido 24 horas más tarde. De esta forma se procede hasta completar la curva de recesión con un tiempo de duración 6 días y llegar a un caudal base de alrededor de 1600 m³/s.

Referente a la curva de concentración se tiene que el tiempo de subida de las crecidas observadas y registradas es de aproximadamente dos días, por esta razón se considera este tiempo como tiempo de concentración de las diversas crecidas.

Los gráficos de la figura N° 2 indican los diferentes hidrogramas de crecidas que serán considerados.

2.- RASTREO DE CRECIDAS

2.1 Método de rastreo de crecidas

En este trabajo se utiliza un método hidráulico basado en el método de diferencias finitas en forma implícita.

Los métodos implícitos hacen uso directo de las ecuaciones de Saint Venant para flujo impermanente, resolviéndolas por métodos numéricos.

De las ecuaciones del flujo impermanente

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \quad (3)$$

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + q \frac{V}{A} = g \left(S_0 - S_f - \frac{\partial V}{\partial x} \right) \quad (4)$$

- en que
- A : Área de la sección transversal
 - Q : Caudal
 - V : Velocidad
 - S₀ : Pendiente del fondo del lecho
 - S_f : Pendiente de la línea de energía
 - g : Aceleración de gravedad
 - q : Tasa de flujo lateral por unidad de longitud
 - x : Distancia a lo largo del canal
 - y : Profundidad de agua sobre el fondo del lecho.

Para efectuar la simulación numérica de las ecuaciones de flujo impermanente es necesario considerar una malla rectangular en el plano x-t (Figura 3), la que puede ser no uniforme, en la cual las abscisas representan las distancias a lo largo del canal y las ordenadas, el tiempo.

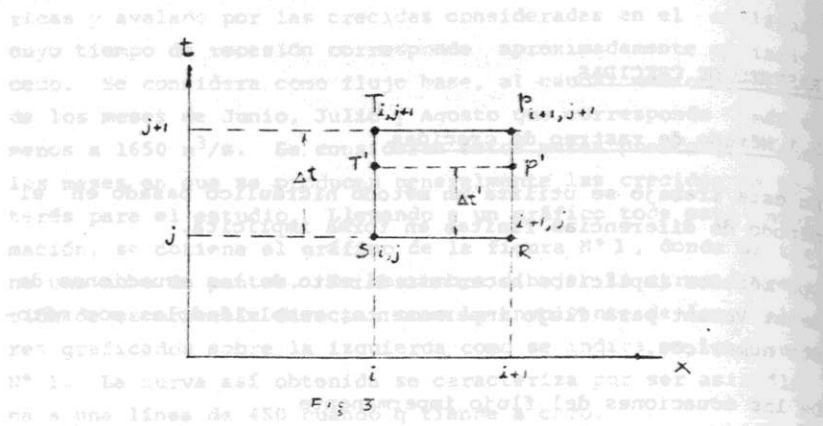


Fig. 3

Sea α una función continua y derivable que represente a las variables Q , A , y o V en todo punto del plano $x-t$, entonces las derivadas parciales de α con respecto a x y t en un punto M de la malla, pueden ser expresadas como:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t}(M) = \frac{1}{\Delta t} \frac{\alpha(p) + \alpha(T) - \alpha(R) + \alpha(S)}{2} \quad (5)$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial x}(M) = \frac{\alpha(p) - \alpha(T)}{\Delta x} \quad (6)$$

o también

$$\frac{\partial \alpha}{\partial x}(M) = \frac{1}{\Delta x} \left[\theta(\alpha(p) - \alpha(T)) + (1-\theta)(\alpha(R) - \alpha(S)) \right] \quad (7)$$

con, $\theta = \frac{\Delta t'}{\Delta t}$ Factor gravitante (Weighting Factor)

El factor gravitante θ , incide en la condición de estabilidad de los esquemas numéricos.

Se ha encontrado que el valor de θ (Ref. 3) varía entre 0 y 1 y dentro de este rango se distinguen esquemas numéricos.

- Para $\theta = 0$ el esquema numérico se reduce al método explícito presentado anteriormente.
- Para $\theta = 0,5$ es un esquema denominado de caja, que conduce a resultados bastante satisfactorios para flujos lentamente variados.
- Para $\theta = 1$, el método asegura un alto grado de estabilidad, exactitud y simplicidad en cualquier flujo impermanente desde rápidamente variado a gradualmente variado.

En este trabajo se utiliza el esquema para $\theta = 1$.

De las ecuaciones (5) y (7) la derivada parcial de una variable α en un punto M , con respecto a x , puede ser expresada como:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial x}(M) = \frac{\alpha(p) - \alpha(T)}{\Delta x} \quad (8)$$

Por lo tanto la ecuación de continuidad puede ser simulada por:

$$\frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta x} + \frac{\bar{A}_{i+1/2}^{j+1} - \bar{A}_{i+1/2}^j}{\Delta t} - Q_{i+1/2}^{j+1} = 0 \quad (9)$$

en que

$$\bar{A}_{i+1/2} = \frac{1}{x_{i+1} - x_i} \int_{x_i}^{x_{i+1}} A(x) dx \quad (10)$$

La ecuación de conservación de Momentum o dinámica puede ser escrita como:

$$\frac{1}{\bar{A}_{i+1/2}^{j-1}} \frac{Q_{i+1/2}^{j+1} - Q_{i+1/2}^j}{t^{j+1} - t^j} + \frac{1}{\bar{A}_{i+1/2}^{j+1}} \left[\frac{(Q_{i+1}^{j+1})^2}{A_{i+1}^{j+1}} - \frac{(Q_i^{j+1})^2}{A_i^{j+1}} \right] \frac{1}{X_{i+1} - X_i} + g \frac{(Y_{i+1}^{j+1} + Z_{i+1}) - (Y_i^{j+1} + Z_i)}{X_{i+1} - X_i} + g \bar{S}_{f_{i+1/2}}^{j+1} = 0 \quad (11)$$

en que:

$$Q_{i+1/2}^{j+1} = \frac{1}{X_{i+1} - X_i} \int_{X_i}^{X_{i+1}} Q(x,t) dx \quad (12)$$

$$\bar{S}_{f_{i+1/2}}^{j+1} = \frac{1}{X_{i+1} - X_i} \int_{X_i}^{X_{i+1}} S_f(x,t) dx$$

S_f : puede ser evaluado por Chezy, Manning, etc.

Suponiendo una variación lineal de Q , S_f , A e Y con la distancia X , las ecuaciones (1) y (2) pueden ser expresadas en diferencias finitas de la siguiente manera:

$$Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1} + \frac{1}{2} \frac{\Delta X_i}{\Delta t_j} \left[A_{i+1}^{j+1} + A_i^{j+1} - A_{i+1}^j + A_i^j \right] - g(x,t) \Delta X_i = 0 \quad (13)$$

$$\frac{1}{2} \left[(Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^j) + (Q_{i+1}^{j+1} - Q_{i+1}^j) \right] + \left[\frac{(Q_{i+1}^{j+1})^2}{A_{i+1}^{j+1}} - \frac{(Q_i^{j+1})^2}{A_i^{j+1}} \right] \frac{\Delta t_j}{\Delta X_i} +$$

$$\frac{g}{2} \frac{\Delta t_j}{\Delta X_i} (H_{i+1}^{j+1} - H_i^{j+1}) (A_{i+1}^{j+1} + A_i^{j+1}) + \frac{g}{4} (S_{f_i}^{j+1} + S_{f_{i+1}}^{j+1}) \Delta t_j (A_{i+1}^{j+1} + A_i^{j+1})$$

$$= 0 \quad (14)$$

En las ecuaciones (13) y (14), todas las variables con superíndice j son conocidas y todas las variables con superíndice $j+1$ son desconocidas. Sin embargo, todas las incógnitas no son independientes, porque el área y el ancho, son funciones de la altura. La pendiente de la línea de energía es una función de la profundidad (o altura), la velocidad y el coeficiente de fricción.

Las ecuaciones (13) y (14), contienen sólo 4 incógnitas independientes, a saber: el caudal Q y la altura H en la red de puntos $(i, j+1)$ y $(i+1, j+1)$. Es importante destacar, que el incremento de distancia ΔX_i y el incremento de tiempo Δt_j , no necesariamente son constantes. En efecto, ΔX_i puede variar en cualquier X_i y Δt_j puede variar en cualquier tiempo t_j . Estas ecuaciones, constituyen un sistema de 2 ecuaciones algebraicas no lineales con 4 incógnitas. Pero, por sí mismas no son suficientes para evaluar las incógnitas en los puntos $(i, j+1)$ y $(i+1, j+1)$, sin embargo, las incógnitas son comunes para cualquiera de dos celdas vecinas. Existen $(N-1)$ celdas entre filas j y $j+1$ y dos similares a (13) y (14) pueden ser escritas para cada celda.

La combinación de todas las celdas provee $2(N-1)$ ecuaciones para evaluar $2N$ incógnitas, por lo tanto dos ecuaciones adicionales son necesarias para determinar todas las incógnitas y éstas son proveídas por las condiciones de borde.

La condición de borde de aguas arriba puede ser descrita como:

- Una altura, como función del tiempo o
- Un caudal, como función del tiempo

Si la altura del borde aguas arriba es conocida como una función del tiempo, entonces:

$$H_1^{j+1} - H^*(t^{j+1}) = 0 \quad (15)$$

en la cual, $H'(t^{j+1})$ es la altura en el borde aguas arriba en el tiempo t^{j+1} .

Si el caudal en función del tiempo es conocido en el borde aguas arriba, entonces:

$$Q^{j+1} - Q'(t^{j+1}) = 0 \quad (16)$$

en que $Q'(t^{j+1})$ es el caudal en el borde de aguas arriba en el tiempo t^{j+1} .

Por su parte, la condición de borde aguas abajo puede ser descrita como:

- Una altura función del tiempo;
- Un caudal en función del tiempo; o
- Una relación Altura-Caudal, por ejemplo una curva de descarga.

Si la altura aguas abajo es conocida como una función del tiempo, entonces:

$$H_N^{j+1} - H''(t^{j+1}) = 0 \quad (17)$$

en que $H''(t^{j+1})$ es la altura aguas abajo en el tiempo t^{j+1} .

Si la relación altura caudal aguas abajo es conocida, entonces:

$$H_N^{j+1} - f_N(Q_N^{j+1}) = 0 \quad (18)$$

Las ecuaciones (15) a (18) se pueden escribir como:

$$F_0(H_1, Q_1) = 0 \quad (19)$$

$$F_N(H_N, Q_N) = 0 \quad (20)$$

y las ecuaciones (13) y (14) pueden expresarse como:

$$F_i(H_i, Q_i, H_{i+1}, Q_{i+1}) = 0 \quad (21)$$

$$G_i(H_i, Q_i, H_{i+1}, Q_{i+1}) = 0 \quad (22)$$

Estas ecuaciones, desde la (19) a la (22) simulan las condiciones de borde y las ecuaciones de movimiento, para el flujo a través de un cauce.

Cuando el cauce es simulado por N líneas ordenadas en el plano $x-t$, se obtiene un sistema de $2N$ ecuaciones algebraicas no lineales para la solución de $2N$ incógnitas. De este modo, el sistema de ecuaciones puede ser agrupado como:

$$F_0(H_1, Q_1)$$

$$F_1(H_1, Q_1, H_2, Q_2) = 0$$

$$G_1(H_1, Q_1, H_2, Q_2) = 0$$

$$F_i(H_i, Q_i, H_{i+1}, Q_{i+1}) = 0 \quad (23)$$

$$G_i(H_i, Q_i, H_{i+1}, Q_{i+1}) = 0$$

$$F_{N-1}(H_{N-1}, Q_{N-1}, H_N, Q_N) = 0$$

$$G_{N-1}(H_{N-1}, Q_{N-1}, H_N, Q_N) = 0$$

$$F_N(H_N, Q_N) = 0$$

La solución de este sistema de ecuaciones puede efectuarse por cualquiera de los métodos conocidos, tal como el método iterativo de Newton generalizado.

2.2 Aplicación del Rastreo de Crecidas

2.2.1 Zona de Aplicación

El rastreo de crecidas se efectuará en un tramo de 23 Km, que comprende desde Hualqui, sección N° 1 al Este de la población Nueva Hualqui, hasta Concepción, sección N°17 en puente carretero viejo, tal como se indica en Figura N° 4.

2.2.2 Consideraciones Generales

El método planteado en el punto anterior, considera lecho fijo, pero el río Bío-Bío presenta gran capacidad de gasto líquido y sólido, lo que implica que se produzca socavación del fondo del lecho a medida que el gasto aumenta. Este fenómeno trae como consecuencia, que el lecho esté en constante cambio de forma en cada sección transversal y por ende no es factible dar una forma definida a los perfiles de cada una de ellas. Incluso es posible observar a simple vista que, luego de cada crecida de las aguas, los bancos de sedimento que se forman a lo largo y ancho del río, cambian de posición, lo que hace más difícil la obtención de perfiles transversales que sean valederos siquiera por un corto período de tiempo.

El método de rastreo planteado exige la obtención de Áreas, Perímetros mojados y anchos en función de la altura de agua en cada sección, para ello se contó con una serie de antecedentes:

- Pendiente del eje hidráulico
- Aforos realizados por la D.G.A.
- Configuración topográfica de riberas, en cada sección de estudio
- Pendiente media del fondo del lecho ($i = 0,55/1000$)
- Coefficiente de rugosidad de Manning ($n = 0,036 \text{ seg/m}^{1/3}$)
- Curva de descarga en Puente Viejo:

$$Q = 430 H_L^{2,26} \quad (24)$$

Siendo H_L : altura limnimétrica.

Para hacer posible la aplicación del método implícito de rastreo de crecidas, se han considerado cotas superficiales de agua como variable en cada sección, en lugar de considerar la profundidad como tal, ya que no se puede fijar el nivel de fondo a lo largo del tramo.

A partir de la consideración anterior, se fija como nivel cero de referencia, el eje horizontal que pasa por la cota 0.00 m del limnómetro del puente viejo. Además, se obtienen las relaciones analíticas para todas las variables involucradas en el método, pendiente, ancho superficial, áreas y perímetros mojados.

Como condición de borde de aguas arriba (Hualqui), se usará el caudal en función del tiempo que corresponde al hidrograma de crecida correspondiente.

$$Q = Q(t) \quad (25)$$

De esta ecuación no se conoce su expresión matemática en función del tiempo, pero se conoce su evaluación en los tiempos deseados para cada período de retorno.

Como condición de borde de aguas (Puente Viejo), se usará la curva de descarga en la sección.

$$Q = 430 H^{2,26} \quad (26)$$

2.2.3 Resultados del Rastreo de Crecidas

El rastreo se ha ejecutado para las crecidas con período de retorno de 20, 50, 100 y 500 años.

Es de particular interés, conocer el comportamiento que experimenta cada sección del tramo en estudio en relación a los desbordes que se producen en sus riberas a medida que avanza la onda de crecida, y que naturalmente implican el anegamiento de zonas agrícolas y en muchos casos, la inundación de sectores poblados.

En el Cuadro N°2 se presenta en forma resumida las distintas situaciones de desborde y sus consiguientes riesgos. Las cotas se han referido al limnómetro del Puente Viejo.

Cuadro N° 2

Desbordes

Puente Carretero

Altura (m)	Caudal (m ³ /s)	Sección N°	Desborde	
			Ribera	Tipo
2,80	4400	1	Norte	Agrícola
2,91	4798	1	Norte	Habitacional
3,16	5791	3	Norte	Agrícola
3,16	5791	11	Norte	Agrícola
3,28	6316	2	Norte	Agrícola
3,28	6316	7	Sur	Agrícola
3,32	6494	6	Norte	Agrícola
3,32	6494	12	Norte	Agrícola
3,65	8014	2	Norte	Habitacional
3,65	8014	11	Norte	Habitacional
3,73	8444	8	Sur	Agrícola
3,91	9374	3	Norte	Habitacional
4,24	11259	12	Norte	Habitacional
5,09	17036	15	Norte	Habitacional
5,16	17502	7	Sur	Habitacional
5,16	17502	16	Norte	Habitacional
5,19	17745	15	Norte	Habitacional y Sur

El Cuadro N°3, presenta en forma ordenada, cómo se van produciendo los desbordes en la medida que aumenta el nivel de las aguas.

Si se comparan los valores del Cuadro N°2 con los caudales máximos esperados para cada período de retorno, se puede confeccionar otro Cuadro (Cuadro N°3), en el que se registren las secciones que son afectadas con cada crecida.

Cuadro N°3

Secciones afectadas por desborde para los distintos períodos de retorno.

Período de Retorno (Años)	Caudal Máximo (m ³ /seg)	Secciones Afectadas (N°)		
		Desborde		
		Ribera	Tipo	Piesgo
10	11050	1	Norte	Poblacional
		2	Norte	Poblacional
		3	Norte	Poblacional
		11	Norte	Poblacional
		7	Sur	Agrícola
		6	Norte	Agrícola
		8	Sur	Agrícola
		20	12300	Todas las anteriores, más
50	13950	12	Norte	Poblacional
		Todas las anteriores		
100	15200	Todas las anteriores		
500	17950	Todas las anteriores		
		7	Sur	Poblacional
		16	Norte	Poblacional
		15	Norte	Poblacional y Sur

En la Figura N°4 se esquematizan las zonas inundadas para un período de retorno T=100 años.

Es importante señalar, que las cotas de desborde, tanto agrícolas como poblacional que figuran en esta tabla se han obtenido considerando el nivel más bajo del terreno que pudiera ser afectado por un desborde de las aguas, de modo que la altura del agua de inundación, no necesariamente está afectando a todas las viviendas del sector, si no más bien, al menos una, presenta el problema de inundación.

3.- CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

En lo que se refiere al rastreo, el método implícito ha demostrado ser una herramienta muy poderosa y valiosa para su aplicación en cualquier río; lo que destaca es su rápida convergencia para cualquier paso de tiempo y distancia entre secciones. En este caso, la convergencia se ha logrado en la tercera iteración.

En la práctica, el mayor problema lo constituyó la condición de lecho móvil y la escasez de material topográfico de las áreas inundadas, que se han definido con sólo algunos puntos. La existencia de una adecuada topografía de riberas, permitiría en el futuro la realización de un "mapeo" de las crecidas, es decir la delimitación precisa de zonas afectadas por las inundaciones para cada período de retorno de las crecidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1- Pérez F. y Silva J. "Estudio de Crecidas del Río Bío-Bío Bajo. Aplicación a Problemas de Inundación, en la zona de Hualqui a Concepción". Informe para optar al Título de Ingeniero Civil. U. de Concepción, 1985.
- 2- Gana J. "Estudio de Crecidas del Río Mapocho". Informe para optar al título de Ingeniero Civil. U. de Concepción, 1984.
- 3- Amein M. and Fang C.S. "Implicit Flood in Routing in Natural Channels". Journal of the Hydraulics Division. A.S.C.E. Vol.96 N° HY12. Dec. 1970 pp. 2481 - 2500.

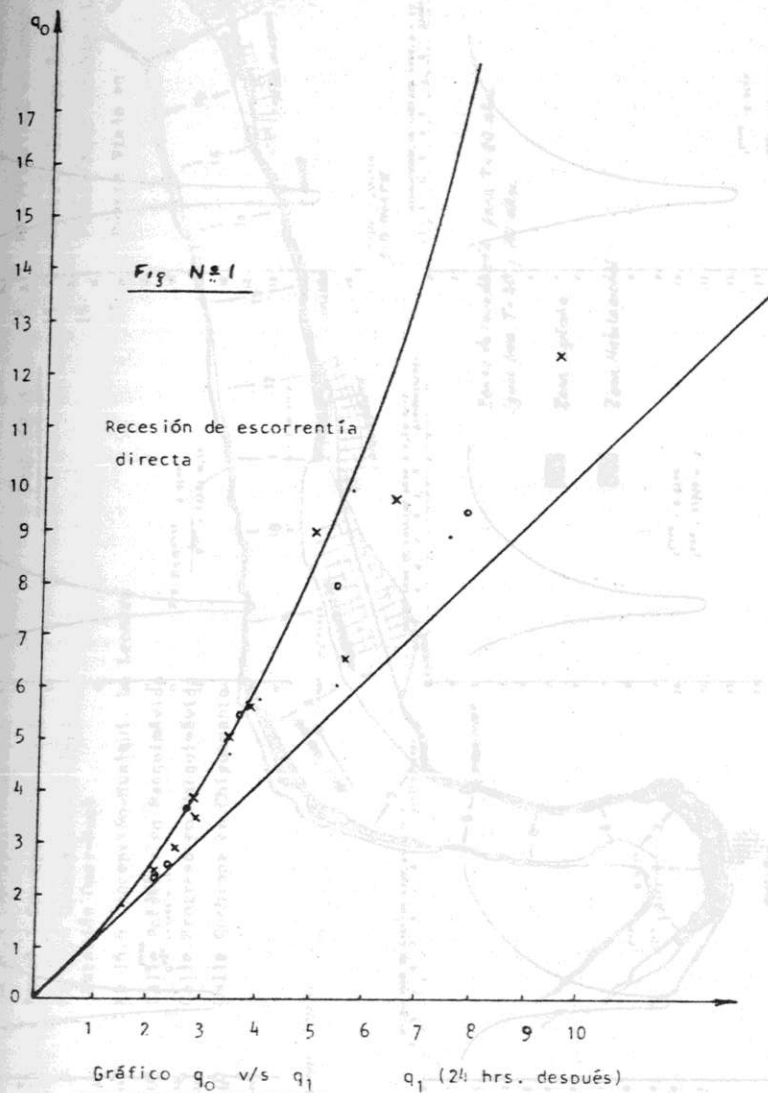
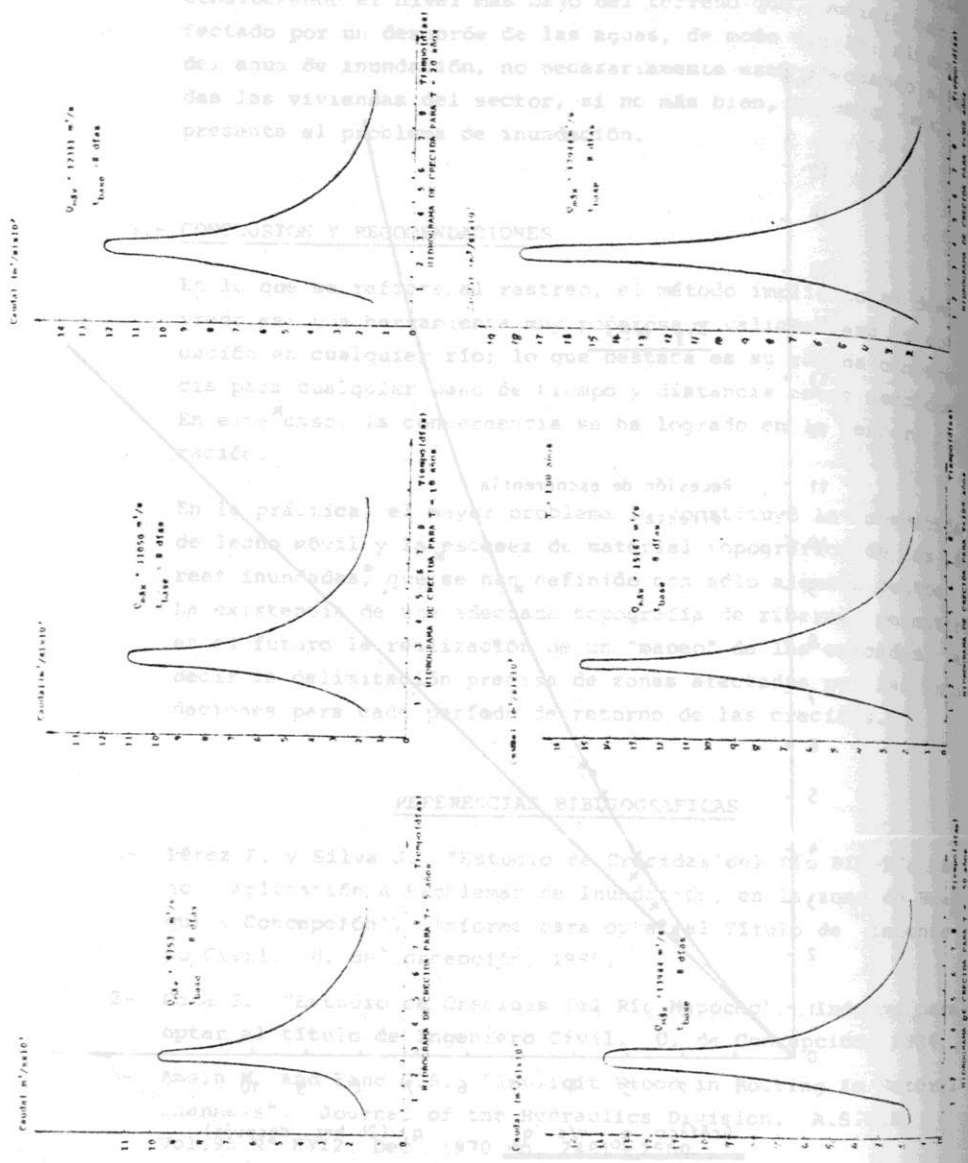


Fig. N° 2



Sección	Denominación
1	Población Nueva Hualqui
2	Estación FF.CC. Hualqui
3	Km 22.4 Concepción-Hualqui
4	Km 20.4 Concepción-Hualqui
5	Km 19.1 Concepción-Hualqui
6	Km 17.8 Concepción-Hualqui, Estación Omer-Iluet
7	Km 16.6 Concepción-Hualqui, La Leonera
8	Calle Porvenir en Manquimávida
9	Calle Progreso en Manquimávida
10	Calle Cochran en Chiguayante

Sección	Denominación
11	Calle Mac-Iver en Chiguayante
12	Calle Caulonlicán en Chiguayante
13	Calle Los Castaños en Villuco
14	Av. Principal en Lonco
15	Colegio Concepción en P. de Valdivia
16	Planta Agua Potable, La Mochita
17	Puente Viejo en Concepción

FIG. N° 4

